



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN MEDICIÓN DE PÉRDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS EN UN SISTEMA DE FLUJO.

Propuesta Tecnológica previo a la obtención del título de Ingenieros Electromecánicos.

Autores:

Belaño Rubio Jefferson Vinicio

Lascano Fiallos Christian Omar

Tutor Académico:

Ph.D. Laurencio Alfonso Héctor Luis

LATACUNGA – ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Jefferson Vinicio Belaño Rubio y Christian Omar Lascano Fiallos, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: “DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN MEDICIÓN DE PÉRDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS EN UN SISTEMA DE FLUJO”, siendo el Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso tutor del presente Trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Marzo 2022

Jefferson Vinicio Belaño Rubio
C.C. 050376091-0

Christian Omar Lascano Fiallos
C.C. 180489738-5



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en medición de pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo”, de **Jefferson Vinicio Belaño Rubio** y **Christian Omar Lascano Fiallos**, de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo 2022

El Tutor

Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso

C.I: 1758367252



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** ; por cuanto, los postulantes: **Jefferson Vinicio Belaño Rubio, Christian Omar Lascano Fiallos** con el título de Proyecto de titulación: **“Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en medición de pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo 2022.

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Msc. Jimmy Toaza
CC: 1717621062

Lector 2
Nombre: Ing. Msc. Ángel Hidalgo
CC: 0503257404

Lector 3
Nombre: PhD. Enrique Torres
CC:1757121940



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de técnico del laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico la realización del proyecto : “Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en medición de pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo”, realizado por los señores estudiantes Belaño Rubio Jefferson Vinicio con C.I. 0503760910 y Lascano Fiallos Christian Omar con C.I. 1804897385, de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, como una implementación pedagógica para el Laboratorio de Fluidos y Sistemas Térmicos de la Universidad Técnica de Cotopaxi .

De acuerdo a lo anterior se hace constar que el proyecto de propuesta tecnológica se encuentra en condiciones adecuadas para uso.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Ing. Jorge Villarroel

C.I. 0502943491



AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por permitirme haber llegado al momento más importante de mi vida la formación profesional.

Un agradecimiento especial a mi madre por brindar siempre su apoyo incondicional y velar por mis estudios a lo largo de este proceso.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de estudiar y a todo el personal de docentes por los conocimientos impartidos.

A nuestro tutor Dr. Héctor Luis Laurencio Alfonso por habernos guiado en el desarrollo de esta investigación.

Jefferson Belaño



DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado principalmente a mis padres, en especial a mi madre Nancy por darme su gran apoyo incondicional y ser la inspiración desde un inicio en el trayecto de mis estudios académicos. A mi hermanos y familia por la confianza, consejos fueron un pilar muy importante para culminar mi carrera profesional. También quiero dedicar a mis amigos, compañeros y todas las personas que siempre me brindaron su apoyo en diversas ocasiones durante esta formación.

Jefferson Belaño



AGRADECIMIENTO

El cariño recibido, la dedicación y la paciencia con la que todos los días se preocupaban mis padres por mí y el progreso de esta tesis, es sencillamente exclusivo y se refleja en la vida de un hijo.

Gracias a mis padres por ser los primordiales promotores de mis sueños, gracias por todos los días confiar y creer en mí, y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar preparada para acompañarme cada extendida y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en las que ella con un café aliviaba mi cansancio y eso era para mí como agua en el desierto; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por todas sus enseñanzas que me guiaron a lo largo de mi vida.

Gracias a Dios por la vida de mis padres, porque todos los días bendice mi vida al estar y gozar al lado de la gente que me ama, y a las que yo más amo, gracias a Dios por el amor de mis padres, gracias a mis padres por permitirme conocer de Dios y de su infinito amor.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la ejecución de esta tesis.

Christian Lascano



DEDICATORIA

Este logro se la dedico a mis queridos padres: Edgar Lascano y Marcela Fiallos quienes son los pilares fundamentales en mí vida, quienes han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, a mi hermana Genesis Lascano por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles, por siempre apoyarme y preocuparse de mi te quiero mucho hermanita, a Tania Flores por su apoyo incondicional, paciencia y tolerancia.

En especial a mis abuelitos: Telmo, Cristobal y Herminia quienes, con sus consejos, enseñanzas y confianza hicieron de mí una mejor persona.

A LA MEMORIA

De mi hermana Jenny Lascano, quien me acompañó muchos años de mi vida a quien Dios la recogió un miércoles 20 de Abril del 2017.

Finalmente es para mí con gran orgullo y satisfacción decirles a todas las personas que me apoyaron durante este trayecto tanto amigos como familiares gracias por ser parte de mi vida y por todo el apoyo que me han brindado.

Christian Lascano

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
AVAL DE TRADUCCIÒN.....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN:	1
2.1 El problema:.....	2
2.1.1 Situación Problémica:	2
2.2.2 Formulación del problema:	3
2.3 Objeto y campo de acción.....	3
2.3.1 Objeto de estudio.....	3
2.3.2 Campo de acción	4
2.4 Beneficiarios:	4
2.4.1 Beneficiarios Directos	4
2.4.2 Beneficiarios Indirectos.....	4
2.5 Justificación:	4
2.6 Hipótesis	5
2.7Objetivos.....	5
2.7.1 General:	5
2.7.2 Específicos:	5
2.8 Sistema de tareas.....	6
3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
3.1 Análisis de los trabajos precedentes	6
3.2 Especificaciones de los fluidos	8

3.3 Propiedades de los fluidos	8
3.3.1 Densidad.....	9
3.3.2 Peso específico	9
3.3.3 Densidad relativa.....	9
3.3.4 Viscosidad	9
3.4 Condiciones de flujo	10
3.4.1 Velocidad de Flujo	10
3.4.2 Caudal del Flujo	11
3.4.3 Altura o carga de presión	11
3.4.4 Presión del sistema.....	11
3.4.5 Efecto de la Temperatura	11
3.5 Presión atmosférica.....	11
3.6 Presión manométrica:	11
3.7 Presión absoluta:	12
3.8 Presión de succión:	12
3.9 Presión de descarga:.....	12
3.10 Regímenes de flujo de fluidos en tuberías:	12
3.11 Flujo laminar.....	13
3.12 Flujo turbulento.....	13
3.13 Número de Reynolds	13
3.14 Pérdidas de carga por fricción en tuberías	14
3.15 Bombas periféricas	14
3.15.1 Ventajas de bombas periféricas.....	15
3.16 Cavitación	15
3.17 Tipos de válvulas	15
4. MATERIALES Y MÉTODOS:	15
4.1 Características del sistema hidráulico.....	16
4.1.1 Partes del sistema hidráulico	17
4.2 Selección del fluido	19
4.3 Condiciones del fluido en las que va a trabajar el equipo.....	19
4.4 Accesorios del sistema hidráulico.....	20
4.4.1 Válvula de bola.....	22
4.4.2 Válvula de bola tipo unión universal.....	23
4.4.3 Válvula de compuerta.....	23
4.5 Sistema de supervisión y adquisición de datos	24

4.5.1 Basic Controller SIMATIC S7-1200.....	24
4.5.2 Siemens pantalla táctil HMI SIMATIC KTP 400 6AV2123-2DB03-0AX0	25
4.5.3 Interruptor termomagnético.....	25
4.5.4 Contactor	26
4.5.5 Pulsador.....	26
4.5.6 Indicadores	26
4.6 Sensores	26
4.6.1 Rotámetro 10-70 LPM	26
4.6.2 Medidor de flujo GTLWGY	27
4.6.3 Transmisor de Presión 0-0.4Mpa	27
4.7 Pérdidas de carga primarias por fricción	29
4.7.1 Ecuación de Darcy para la pérdida de energía (ΔP)	29
4.7.2 Caudal.....	30
4.7.3 Velocidad	30
4.7.4 Número de Reynolds.....	30
4.7.5 Factor de fricción (λ).....	30
4.7.6 Error	31
4.7.7 Rugosidad de la tubería	32
4.8 Pérdidas de carga secundarias o menores	32
4.8.1 Caudal.....	32
4.8.2 La velocidad del fluido.....	32
4.8.3 Número de Reynolds.....	33
4.8.4 Coeficiente de Resistencia (ξ).....	33
4.8.5 Pérdidas de carga secundarias	34
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
5.1 Obtención correlacional del modelo densidad y viscosidad.....	36
5.2 Viscosidad dinámica	36
5.3 Acondicionamiento de sensores.....	37
5.3.1 Acondicionamiento Transmisor presión de entrada y salida de dos hilos.....	37
5.3.2 Acondicionamiento del medidor de flujo 3 hilos	39
5.4 Análisis experimental de tubería 1 (1/2")	43
5.5 Análisis experimental de tubería 2 (1/2")	44
5.6 Análisis experimental de tubería 3 (3/4")	45
5.7 Análisis experimental de tubería 4 (válvula check).....	47
5.8 Análisis experimental de tubería 5 (válvula de compuerta).....	49

5.9 Análisis experimental de tubería 6 (válvula de bola).....	50
5.10 Análisis experimental de tubería 7 (válvula de globo)	51
5.11 Impacto	53
5.12 Presupuesto	54
6. CONCLUSIONES.....	56
7. RECOMENDACIONES	56
8. BIBLIOGRAFÍA	57
9. ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Cuadro de Tareas a Realizar	6
Tabla 3.1. Coeficiente de viscosidad η de distintas sustancias [12]	10
Tabla 4.1. Variables Dependientes e Independientes	15
Tabla 4.2. Especificaciones de los diámetros de la tubería	17
Tabla 4.3. Propiedades del agua [27].	20
Tabla 4.4. Accesorios Tubería 1	20
Tabla 4.5. Accesorios Tubería 2	20
Tabla 4.6. Accesorios Tubería 3	21
Tabla 4.7. Accesorios Tubería 4	21
Tabla 4.8. Accesorios Tubería 5	21
Tabla 4.9. Accesorios Tubería 6	22
Tabla 4.10. Accesorios Tubería 7	22
Tabla 4.11. Coeficientes de resistencias locales	34
Tabla 5.1. Presupuesto	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de Causa y Efecto de error	3
Figura 3.2. Flujo Laminar [21].....	13
Figura 3.3 Flujo Turbulento [22].....	13
Figura 3.4. Bomba periférica [25]	14
Figura 4.1. Diseño del sistema hidráulico con sus accesorios y válvulas.	18
Figura 4.2. Diseño del sistema hidráulico con sus accesorios y válvulas.	18

Figura 4.3. Diagrama P&ID.	19
Figura 4.4. Válvula de bola y simbología P&ID [28].	23
Figura 4.5. Válvula de bola tipo unión universal y simbología P&ID [29].	23
Figura 4.6. Válvula de compuerta y simbología P&ID [23].	23
Figura 4.9. Basic Controller SIMATIC S7-1200 [30].	25
Figura 4.10. HMI SIMATIC KTP 400 [31].	25
Figura 4.11. Rotámetro 10-70 LPM [32].	26
Figura 4.12. Medidor de flujo GTLWGY [33].	27
Figura 4.13. Transmisor de Presión XDB305 [34].	28
Figura 4.14. Dirección del signo de pérdidas de carga.	29
Figura 4.15. Rugosidad de la tubería (valores diseño) [35].	32
Figura 4.16. Diagrama de flujo de recolección de Datos en pérdidas de líneas de flujo.	35
Figura 5.1. Curva de la densidad a diferentes temperaturas.	36
Figura 5.2. Curva de viscosidad dinámica a diferentes temperaturas.	37
Figura 5.3. Circuito de conexión de los transmisores de presión y el PLC.	38
Figura 5.4. Gráfico de Escalamiento para el PLC.	38
Figura 5.5. Escalamiento de los transmisores en el PLC.	39
Figura 5.6. Circuito de acondicionamiento y conexión del medidor de flujo con el PLC.	39
Figura 5.7. Escalamiento del medidor de flujo para el PLC.	40
Figura 5.8. Escalamiento del medidor de flujo en el PLC.	40
Figura 5.9. Declaración de variables del interfaz de comunicación del sistema y el PLC.	41
Figura 5.10. Selección de tubería e ingreso de temperatura seleccionada.	41
Figura 5.11. Adquisición de resultados calculados y experimentales.	42
Figura 5.12. Selección de almacenamiento de resultados de pérdidas Primarias y Secundarias.	42
Figura 5.13. Encendido del sistema de supervisión y adquisición de datos, lectura de sensores.	42
Figura 5.14. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 1.	43
Figura 5.15. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 1.	43
Figura 5.16. Curva en relación de Re y λ en la tubería 1.	44
Figura 5.17. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 2.	44
Figura 5.18. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 2.	45
Figura 5.19. Curva en relación de Re y λ en la tubería 2.	45
Figura 5.20. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 3.	46

Figura 5.21. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 3.	46
Figura 5.22. Curva en relación de Re y λ en la tubería 3.	47
Figura 5.23. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 4.....	47
Figura 5.24. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 4.	48
Figura 5.25. Curva en relación de Re y K en la tubería 4.	48
Figura 5.26. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 5.....	49
Figura 5.27. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 5.	49
Figura 5.28. Curva en relación de Re y K en la tubería 5.	50
Figura 5.29. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 6.....	50
Figura 5.30. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 6.	51
Figura 5.31. Curva en relación de Re y K en la tubería 6.	51
Figura 5.32. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 7.....	52
Figura 5.33. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 7.	52
Figura 5.34. Curva en relación de Re y K en la tubería 7.	53



TEMA: “DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN MEDICIÓN DE PÉRDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS EN UN SISTEMA DE FLUJO”.

Autores:

Belaño Rubio Jefferson Vinicio

Lascano Fiallos Christian Omar

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló el diseño del sistema de supervisión y adquisición de datos para la medición de pérdidas de carga primarias en tuberías y secundarias en accesorios, consta de tres sensores, dos puntuales que permitió medir la presión de entrada y de salida, un medidor de flujo que determina el caudal que se obtiene a la salida, podemos manipular el paso del caudal por uno de los siete diferentes tramos escogidos los cuales: tres constan de tuberías de diferente diámetro y cuatro de accesorios; las mediciones de los transmisores de pérdidas primarias que miden los puntos en cada una de las tres tuberías se obtuvo un error del 1% a máximo caudal, al disminuir el flujo el error aumenta hasta 10% entre los datos experimentales y los cálculos matemáticos, a medida que el flujo disminuye ($0,00038474 \text{ m}^3/\text{s}$ - $0,00009679 \text{ m}^3/\text{s}$), la velocidad de flujo ($3,0372 \text{ m/s}$ - $0,764 \text{ m/s}$), Re ($41894,2894$ - $11267,5599$) y Δ ($7108,4897 \text{ Pa}$ - $615,7413 \text{ Pa}$) también, λ ($0,022$ - $0,0302$) aumenta en cada reducción de flujo, los cálculos en las pérdidas secundarias por accesorios al variar el flujo disminuye ($0,00038594 \text{ m}^3/\text{s}$ - $0,00019799 \text{ m}^3/\text{s}$), la velocidad de flujo ($0,7617 \text{ m/s}$ - $0,3907 \text{ m/s}$), Re ($27582,1262$ - $14620,2526$) y Δ ($57,6131 \text{ Pa}$ - $15,1508 \text{ Pa}$) también, ϵ tiene normativa del fabricante la cual es fija, en los valores experimentales del ϵ ($0,1476$ - $-0,0637$) son variables pasan por el punto de normativa y no fijos como lo anuncian los fabricantes, se deduce que mientras menor sea el diámetro de la tubería mayores pérdidas se obtendrá y las mediciones de los sensores serían más exactos.

Palabras clave: Pérdidas, Tuberías, Accesorios, Datos, Cálculos, Mediciones, Presión, Fricción, ϵ , λ .



TOPIC: “DESIGN OF A SCADA SYSTEM FOR DATA ACQUISITION IN PRIMARY AND SECONDARY LOSS MEASUREMENT IN A FLOW SYSTEM”.

Authors:

Belaño Rubio Jefferson Vinicio

Lascano Fiallos Christian Omar

ABSTRACT

This work developed the design of the monitoring and data acquisition system for the measurement of primary head losses in pipes and secondary in fittings, consists of three sensors, two point sensors that allowed to measure the inlet and outlet pressure, a flow meter that determines the flow rate obtained at the outlet, we can manipulate the passage of flow through one of the seven different sections chosen which: three consist of pipes of different diameters and four of fittings; The measurements of the primary loss transmitters that measure the points in each of the three pipes obtained an error of 1% at maximum flow, as the flow decreases the error increases to 10% between the experimental data and the mathematical calculations, as the flow decreases ($0.00038474 \text{ m}^3/\text{s}$ - $0.00009679 \text{ m}^3/\text{s}$), the velocity of fluid (3.0372 m/s - 0.764 m/s), Re (41894.2894 - 11267.5599) and Δ (7108.4897 Pa - 615.7413 Pa) also, λ (0.022 - 0.0302) increases at each flow reduction, the calculations in the secondary losses by accessories with varying flow decreases ($0.00038594 \text{ m}^3/\text{s}$ - $0.00019799 \text{ m}^3/\text{s}$), velocity of fluid (0.7617 m/s - 0.3907 m/s), Re (27582.1262 - 14620.2526) and Δ (57.6131 Pa - 15.1508 Pa) also, ϵ has manufacturer's standard which is fixed, In the experimental values of ϵ (0.1476 - 0.0637) are variable pass through the point of regulation and not fixed as advertised by the manufacturers, it follows that the smaller the diameter of the pipe the higher losses will be obtained and the sensor measurements would be more accurate.

Keywords: Losses, Pipes, Fittings, Data, Calculations, Measurements, Pressure, Friction, Epsilon, Lambda.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de titulación cuyo título versa: **“DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA ADQUISICION DE DATOS EN MEDICION DE PERDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS EN UN SISTEMA DE FLUJO”** presentado por: **Belaño Rubio Jefferson Vinicio y Lascano Fiallos Christian Omar**, estudiantes de la Carrera de **Ingeniería en Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 17 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño de un sistema de supervisión y adquisición de datos para la medición de pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo.

Fecha de inicio: Octubre 2021

Fecha de finalización: Marzo 2022

Lugar de ejecución: Latacunga, parroquia San Felipe, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, zona 3 dentro de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: No vinculado

Equipo de Trabajo:

Laurencio Alfonso Héctor Luis

Belaño Rubio Jefferson Vinicio

Lascano Fiallos Christian Omar

Área de Conocimiento:

07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0715

Mecánica y metalurgia.

Línea de investigación:

Procesos Industriales

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

2. INTRODUCCIÓN:

Para realizar la apreciación de pérdidas de carga en tuberías, se utilizan métodos que se ven completamente basados tanto en estudios como en el correlacionar datos experimentales, por

lo cual se logra demostrar la existencia de algunas desviaciones entre los resultados de las simulaciones realizadas a través de un computador y los diversos valores experimentales.

De tal forma, al relacionar los modelos se obtendrá una estimación de pérdida de carga en tuberías, se experimentó y ejecutó una ecuación teórica - experimental, la misma que se dio en la realización de estudios friccionales en tuberías lisas y rugosas con soluciones diluidas de polímeros; a pesar de que la ecuación funciona de manera muy significativa con los resultados experimentales, la aplicación se encuentra condicionada, ya que se halla inmerso el factor de fricción de Darcy [1] .

Una clara ejemplificación, la podemos encontrar en la red de ductos visibles en ciudades, regiones y países, la misma que es muy extensa, por lo cual, el supervisar su comportamiento, se torna un tanto complicado en lo económico y lo tecnológico. Pero poniendo la debida atención a las necesidades de las empresas y gobiernos de realizar un óptimo transporte de sustancias, los distintos gobiernos se han visto en la necesidad de efectuar diversas estrategias, legislar e inspeccionar el debido proceso de utilización y operación de estos ductos.

A partir de estos puntos de vista, la mecánica de fluidos es una materia muy importante para el diseño de un sistema hidráulico, los mismos que se observan fuertemente utilizados en las distintas áreas de todo el mundo, ya que, existe una gran demanda, brota la necesidad y obligación de estudiar y experimentar un sistema de flujo, porque, al momento de realizar las distintas configuraciones de largas distancias, se halla la existencia de perdidas por fricción, ya sean significativas y si son tramos muy cortos, las pérdidas se tornaran mínimas.

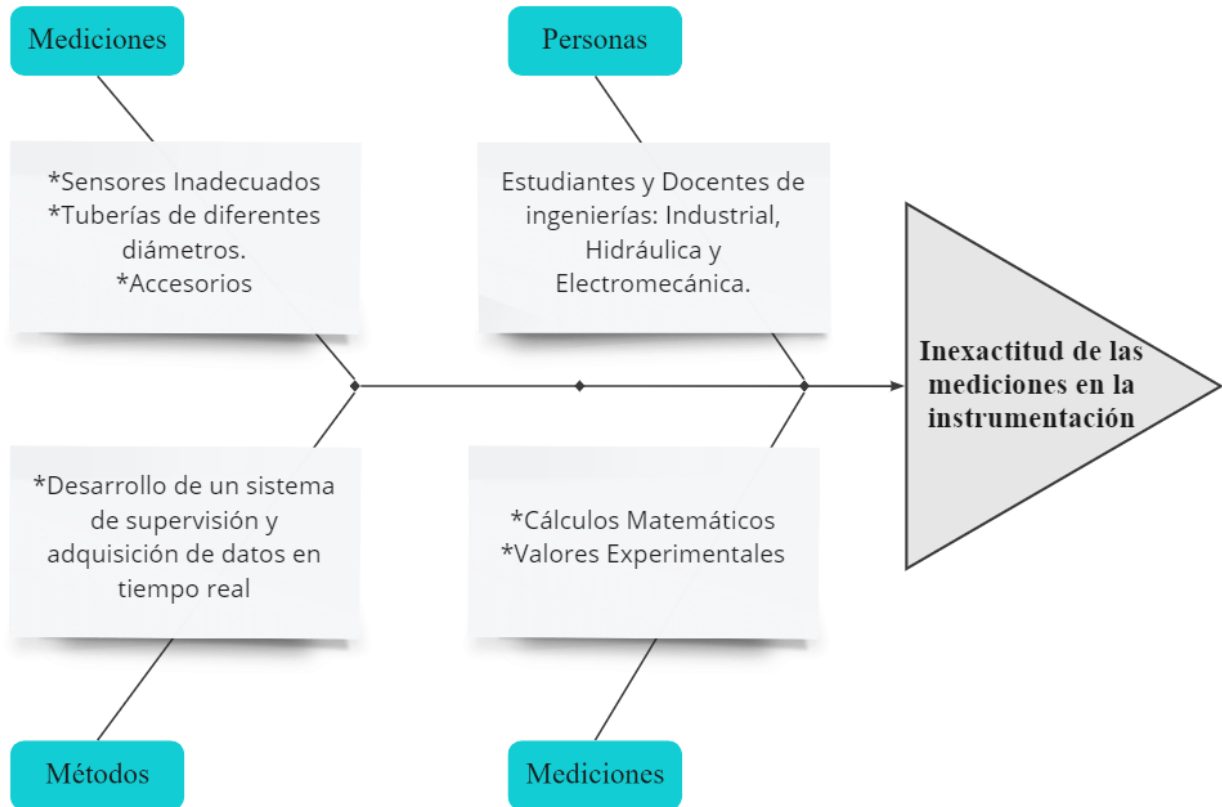
2.1 El problema:

2.1.1 Situación Problémica:

La inexactitud de las mediciones en la instrumentación por elementos electrónicos Arduinos no permite adquirir valores precisos en las pérdidas de carga por fricción primarias y secundarias, es la principal desventaja que limita desarrollar prácticas de laboratorio, hoy en día un sistema de flujo es de los más utilizados ya sea en domicilios, Industrias entre otros, por eso la importancia de conocer las pérdidas por fricción que existe en el mismo.

De esto nace la necesidad de desarrollar un sistema de supervisión y adquisición de datos para la medición de pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo con su respectiva instrumentación adecuada que será implementado en el Laboratorio de Ingeniería

Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, este proyecto beneficiaría al momento de realizar prácticas experimentales de diferentes características ya sea por el diámetro de la tubería o accesorios mediante los sensores se puede visualizar pérdidas tanto



primarias como secundarias, también se puede analizar y comparar los datos reales con los calculados.

Figura 2.1. Diagrama de Causa y Efecto de la inexactitud en las mediciones.

2.2.2 Formulación del problema:

Inexactitud en los valores experimentales en pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo por el uso instrumentación inadecuada, la cual no permite la comprobación de datos reales con los calculados.

2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1 Objeto de estudio

Sistema de supervisión y adquisición de datos para la medición de pérdidas primarias y secundarias que existe en un sistema de flujo.

2.3.2 Campo de acción

La aplicación de Ciencias Tecnológicas estudia la Física de fluidos, en la que intervienen la mecánica de fluidos, los líquidos, así como también está la Mecánica entorno a la fricción y dentro de la ciencia de los ordenadores se vincula con los sistemas automatizados de producción que se relaciona directamente a un sistema de flujo.

2.4 BENEFICIARIOS:

2.4.1 Beneficiarios Directos

Estudiantes de las carreras de Ingeniería; Electromecánica, Hidráulica e Industrial

2.4.2 Beneficiarios Indirectos

Universidad Técnica de Cotopaxi y Empresas de la región que emplean el transporte de fluidos como procesos.

2.5 JUSTIFICACIÓN:

Se dará a conocer en primer lugar la importancia de la asignatura de mecánica en fluidos, la misma que es un eje principal dentro de la formación de un ingeniero especializado en electromecánico. El estudio del área está orientada a explicar el movimiento de los fluidos, por ende, es de gran importancia utilizar sensores que permitan leer y visualizar las pérdidas existentes en tuberías para sistemas de bombeo y transporte.

Como segundo lugar se trata la conceptualización del Transporte de Fluidos, la misma que dentro de sus procesos se ve envuelta con el uso de bombas o compresores, válvulas, cambiadores de calor, filtros, cámaras de reacción, entre otras, de tal manera que se vuelve una intervención de gran importancia dentro de procesos tales como los industriales, por consiguiente la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA), ha considerado el diseño y construcción de un Sistema de supervisión y adquisición de datos para la medición de pérdidas primarias y secundarias que existe en un sistema de flujo empleando así, un fácil manejo y mantenimiento, además un bajo costo, el cual ayudará de una manera positiva a los estudiantes a estar relacionados con el respectivo análisis y manejo de sistemas de flujo de fluidos, realizar comprobaciones mediante el método práctico, y finalmente emplear los conocimientos teóricos obtenidos dentro de las aulas de clase, con el fin de formar profesionales capaces, competentes que puedan desenvolverse de manera adecuada en el

campo laboral relacionado con el sector industrial.

Actualmente, la operación y transporte de fluidos es apreciada como la alternativa más asequible, elemental y sencilla que facilita la transformación de la materia prima en un producto concluido o terminado.

El presente proyecto tiene como propósito el implementar un sistema de flujo, el cual consta de tablero de pruebas dotadas de siete bifurcaciones de tuberías, accesorios y tomas de presión en cada bifurcación. Estas bifurcaciones se hallan ubicadas de forma paralela las mismas que varían el diámetro de tubería y el tipo de rugosidad, en PVC (policloro de vinilo), con el fin de contrastar resultados que varias veces son dadas por el fabricante.

2.6 HIPÓTESIS

Mediante la implementación de un sistema de supervisión y adquisición de datos para la medición de pérdidas primarias y secundarias, se considera obtener los posibles errores que existen en las mediciones de las pérdidas ya sea primarias y secundarias con la comparación de datos que se demuestran en los cálculos y los valores que se adquieren de los sensores, visualizar el margen de error existente en pérdidas de carga y factor de fricción.

2.7 OBJETIVOS

2.7.1 General:

Diseñar un sistema de supervisión y adquisición de datos para la medición de pérdidas primarias y secundarias que existen en líneas de flujo.

2.7.2 Específicos:

- Fundamentar de forma teórica y científica a través de la recolección de datos sobre hidráulica en las pérdidas que producen las diferentes tuberías y accesorios.
- Implementar un módulo de pruebas para experimentar, visualizar y verificar las pérdidas por fricción encontradas en accesorios y tuberías mediante un Sistema de supervisión y adquisición de datos.
- Evaluar resultados adquiridos entre la parte experimental y los resultados calculados.

2.8 Sistema de tareas

Tabla 2.1. Cuadro de Tareas a Realizar

Objetivos Específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medios de verificación
Objetivo 1	<p>Recopilación de datos de características técnicas de las tuberías y accesorios.</p> <p>Determinar la función de la variable K en todos los puntos con accesorios.</p> <p>Adquirir información referente a pérdidas de carga por fricción en un sistema de flujo.</p>	<p>Características técnicas de tuberías y accesorios y función de la variable K en pérdidas por fricción.</p>	<p>Bibliografía técnica y científica.</p>
Objetivo 2	<p>Diseño de la estructura y dimensionamiento de las tuberías y accesorios.</p> <p>Construcción del módulo de pérdidas de carga con todos sus elementos.</p> <p>Desarrollo y comprobación, del sistema de supervisión y adquisición de datos ejecutado en el módulo.</p>	<p>Aplicación de ecuaciones matemáticas para el correcto diseño y funcionamiento del módulo.</p>	<p>Método para el diseño y selección de los accesorios y comprobación del funcionamiento.</p>
Objetivo 3	<p>Verificación de fugas en uniones, accesorios, y válvulas.</p> <p>Ejecución de prácticas experimentales de todo el sistema de flujo.</p> <p>Comprobación de los datos experimentales mediante cálculo matemático.</p>	<p>Datos similares entre la experimentación y el cálculo, dando un resultado eficaz al momento de realizar prácticas.</p>	<p>Análisis de resultados, prácticas y cálculos matemáticos.</p>

3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

3.1 Análisis de los trabajos precedentes

Una vez observado el estudio realizado en la (Espoch), en la facultad de Mecánica en el año 2016 con el tema: Desarrollar un modelo CFD para el análisis del comportamiento del fluido en tuberías del banco de pérdidas de turbo maquinaria hidráulica y laboratorio, elaborado por: Lluquay Duchi Klever Ángel, para la realización del presente proyecto de investigación se vio apoyada en las ecuaciones de Navier- Stoke, de un flujo indeterminado o incompresible, de igual

manera teniendo como base el principio de conservación tanto de masa y la cantidad de movimiento presente.

El problema del efecto viscoso de la disipación de energía ha comenzado a resolverse Para 1839, de manera experimental e independiente, usando flujo lento en tuberías Jean Léonard Margin, médico francés interesado en las características del flujo sanguíneo Blood, y por el ingeniero alemán Gotthif Hagen en 1840. Primer intento de incluir El efecto de la viscosidad en la ecuación gobernante de la mecánica de fluidos es En 1827, el ingeniero francés Claude Navier se independizó y se convirtió en matemático británico. George Stokes completó la ecuación básica del fluido viscoso en 1845 Incompresible [2].

Además, para el debido procesamiento de las ecuaciones se necesitó el uso de ANSYS CFX, el cual se basa en tres etapas las mismas que son: Pre- procesamiento; procesamiento y post-procesamiento, por lo tanto, se llega a la conclusión que en este trabajo se realizó un análisis y simulación en el banco de pérdidas a través del diseño de un modelo CFD. La CFD es una herramienta para la utilización de la ingeniería asistida por el ordenador, la misma que hace referencia a la simulación del flujo de fluidos, tomando en cuenta tanto de los fenómenos físicos y químicos involucrados [3].

A través del análisis internacional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Mérito de Puebla, se obtuvo el tema: Falla de tuberías a presión por flujo de fluido, realizó una investigación teóricamente exhaustivas, el propósito es de monitorear y documentar adecuadamente los estados de falla encontrados en diferentes sistemas de tuberías bajo Presión, surgió de poco material de investigación y, además, se llevó a cabo para cualquier tipo de capacitación, seguimiento o consulta [4].

La temática de estudio es de impacto, ya que, el mismo concluye que al evaluar el peor escenario de falla, esta evaluación se da mediante la simulación de la más alta presión hidrostática [4].

Se revisa y analiza el proyecto: Determinar las pérdidas de carga en tuberías de PVC y accesorios de diámetros de 1" y 1 1/2" mediante un banco de pruebas en flujo presurizado, de la Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO, difundido en el año 2018 por Asto Contreras Eduar, Serrano Hernandez José en el mismo que manifiestan que tienen como finalidad el hallar la existencia de variaciones de pérdidas de cargas que tienen inicio en tuberías con flujo. En contexto de la temática de tuberías, en las mismas que se presentan pérdidas de energía provocada por alteraciones o congestiones, dados en los distintos cambios locales de la sección o cambios repentinos de dirección en la trayectoria del flujo.

Los sistemas de riego contienen elementos que disminuyen la fuerza de descarga las cuales se las conocen como pérdidas en las tuberías como: filtros, válvulas, medidores, codos, accesorios los cuales obstruyen el paso de agua para así poder seguir circulando a través de las tuberías y cumplir su ciclo. Además, se diseñó un banco de pruebas mediante el uso del programa AutoCAD [5]. Por lo tanto, esta temática es de interés para la sustentación del presente proyecto.

En el proyecto realizado por Jessica Paola Páez Pedraza: Modelación de Flujo Turbulento Hidráulicamente Liso en Tuberías Largas de PVC, se llega a la deducción que existe la necesidad de realizar una depuración adecuada de las mangueras de los manómetros de esta manera el proceso se realizará sin la presencia de burbujas de aire [6].

El estudio realizado en la Universidad Central del Ecuador por Silva Milton, Yambombo Guanutaxi Javier Gustavo, elaborado en el año 2012 con el tema : Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de pérdidas de carga en tuberías y accesorios, se concluye que se construyó e instaló dicho equipo, en el laboratorio de hidráulica, el mismo que consta de dos partes, el primero, es un tablero de pruebas y el segundo un banco hidráulico, compuesto por un tanque de almacenamiento, el mismo que tiene como función determinar el caudal que circula por cualquiera de las bifurcaciones del tablero de pruebas [7].

3.2 Especificaciones de los fluidos

Son sustancias que se deforman constantemente cuando se someten a un esfuerzo, sin importar cuán bajo sea. La fuerza cortante es componente de la fuerza que es tangente a la superficie, y esta fuerza se divide por la superficie que es el rango promedio de la tensión abrasiva. El líquido es invisible del recipiente que los contiene, su volumen será constante, mientras que los gases carecen de forma y volumen, y tienden a ocupar todo el recipiente. Los gases son altamente compresibles porque reducen su volumen aplicando una fuerza, se consideran elásticos, los líquidos son incompresibles ya que su volumen y su temperatura siempre permanece igual.

3.3 Propiedades de los fluidos

Al pasar los años se ha desarrollado la Ingeniería de mecánica de fluidos mediante la comprensión de las propiedades de los fluidos, la aplicación básica de las leyes de la mecánica y termodinámica.

En reología, los líquidos se pueden describir mediante varios modelos reológicos, desde fluidos newtonianos hasta fluidos no newtonianos, según su composición y propiedades físicas. Al

graficar la relación del esfuerzo cortante en función del gradiente de velocidad, obtenemos una curva que representa el comportamiento reológico del fluido, llamada curva de flujo. La curva de flujo básicamente puede ser utilizada para el diseño de equipos y evaluación de equipos ya construidos, analizando la caída de presión requerida de fluido no newtoniano moviéndose a través de tuberías de diámetro conocido, equipos ya construidos, puede ser utilizada para determinar si lo es (para el propósito de transportar o procesar un material en particular), para transportar otros materiales con diferentes propiedades, o para clasificar el comportamiento reológico [8].

3.3.1 Densidad

La densidad es una propiedad intensiva de la materia definida como la relación de la masa de un objeto dividida por su volumen. [9]

3.3.2 Peso específico

La gravedad específica es la relación entre el peso y el volumen de una sustancia en el espacio. El cálculo de la gravedad específica requiere otras propiedades de la sustancia, como la densidad y la masa. [10]

3.3.3 Densidad relativa

Es un número adimensional dado por la relación de su peso con el peso de un volumen igual de agua en condiciones normales. También se puede expresar como la relación de su densidad o gravedad específica al agua. El agua en condiciones normales la temperatura (20°C), la densidad (1000 kg/m³) y una presión absoluta (760mm de Hg) [11].

Según [12], en el contexto de Mecánica de Fluidos, la densidad relativa no es nada menos, que una equiparación entre la densidad o peso de una sustancia con la densidad o peso de otra que se tiene propuesta como punto referencial. Estas dos densidades son representadas en las mismas unidades y en equivalentes propiedades de presión y temperatura. Además, la densidad relativa no presenta unidades en otras palabras es adimensional.

3.3.4 Viscosidad

La viscosidad del líquido se refiere a la ubicación de la fricción o el flujo interno del líquido, lo que da como resultado la adhesión y la conexión entre las moléculas del líquido. De la encuesta de reología Viscosidad aparente para gradientes de velocidad a diferentes temperaturas.

Debilitamiento de la estructura formada por las partículas con el aumento de la temperatura [13].

Similar a Orimulsion, investigó el efecto de la temperatura en las propiedades reológicas de las emulsiones de aceite API 150. Se encontró que las emulsiones probadas eran pseudoplásticas y los cambios de temperatura no causaron cambios significativos en el índice de flujo, pero la viscosidad aparente y el índice de consistencia cambiaron y disminuyeron a medida que aumentaban [14].

Por otra parte, [12] nos dice que la viscosidad es evidente en líquidos que se encuentran en movimiento, y en otras palabras el término viscosidad hace referencia a la relación que se halla presente entre el esfuerzo de la cortante y el gradiente o variación de la velocidad de movimiento de un fluido en comparación de otro.

Tabla 3.1. Coeficiente de viscosidad η de distintas sustancias [12] .

Fluido	Temperatura (°C)	Viscosidad η (Pa. s)
Agua	0	$1,79 \times 10^{-3}$
Agua	20	$1,00 \times 10^{-3}$
Agua	10	$0,28 \times 10^{-3}$
Aire	-31,6	$1,54 \times 10^{-5}$
Aire	20	$1,83 \times 10^{-5}$
Aire	230	$2,64 \times 10^{-5}$
Alcohol etílico	20	$1,2 \times 10^{-3}$
Glicerina	0	12.11
Glicerina	20	1,49
Helio	20	$1,94 \times 10^{-5}$

3.4 Condiciones de flujo

3.4.1 Velocidad de Flujo

En contexto de fluidos, el concepto de velocidad hace referencia a la rapidez promedio en la que una partícula o fracción de un fluido pasando por un eje determinado, en otras palabras, es la velocidad máxima que va a adquirir el cuerpo que se encuentra en movimiento.

3.4.2 Caudal del Flujo

Se determina a caudal como la cantidad de flujo que recorre a través de una parte o sección de cualquier tipo de ducto, tales como: cañerías, tubos, oleoductos, río, canal, entre otros.

En especial el caudal se observa delimitado por el flujo volumétrico, el mismo que atraviesa por un área dada en la unidad de tiempo. De tal manera, [15], establece que el Caudal (Q) se encuentra relacionado con la velocidad (v) mediante el área transversal de flujo (A).

3.4.3 Altura o carga de presión

Este término es utilizado para mostrar la energía interna de un fluido dada por la presión que influye en su contenedor [16].

3.4.4 Presión del sistema

Se entiende por presión a la fuerza que influye o desempeña sobre la superficie o partícula de un fluido. La presión se encuentra constante en las diferentes variaciones de presión, es decir que es igual en todas las direcciones. Hallando la diferencia existente de presión es la que se ve entre dos puntos de un conducto, ya sea, una tubería o canal, el causante de esto es el movimiento existente en un fluido.

3.4.5 Efecto de la Temperatura

Se ha observado que las viscosidades de la mayoría de los líquidos y suspensiones disminuyen al aumentar la temperatura. Resulta que la disminución de la viscosidad puede deberse a dos efectos [13].

- a) La viscosidad del medio de dispersión disminuye.
- b) Debilitamiento de la estructura formada por las partículas con el aumento de la temperatura.

3.5 Presión atmosférica

Como tenemos entendido el significado de presión, la misma que es la que se ejerce sobre algún tipo de superficie terrestre, al momento de calcular la presión atmosférica debemos entender que es aquel peso accionado por la atmósfera que se encuentra sobre la Tierra, su valor se ve observable en: su ubicación, altitud, presión atmosférica normal y temperatura ambiente [17].

3.6 Presión manométrica:

La presión manométrica se encuentra delimitada o determinada por algún tipo de herramienta o instrumento que ayude a realizar las mediciones, encontrando así la diferencia existente en

cualquier presión absoluta sobre la presión atmosférica, y esta presión atmosférica toma presencia en lugar que se realiza la medición.

3.7 Presión absoluta:

[18] define a la presión absoluta como los valores de presión referenciados al cero absoluto o al vacío. Este valor representa la presión total experimentada por el objeto o sistema, teniendo en cuenta la presión total que actúa sobre él.

3.8 Presión de succión:

Se conceptualiza a la presión de succión a aquella que se realiza la medición a través del puerto de entrada de la bomba en el sistema de bombeo que se encuentra inmiscuido entre la presión del sistema de bombeo, además de la intervención de la altura y las pérdidas realizadas por la fricción del sistema [19].

Para ello se determinaron las características físicas y reológicas de los lodos y se realizaron los parámetros de selección del tanque de depuración correspondientes a los requerimientos de la planta. Los resultados obtenidos indican que no existe garantía de depósito de lodos en el Tramo 1 ya que la velocidad de transporte es del orden de 0.339 m/s y la velocidad crítica estimada es de $1.664 * 10^4$ m/s. Se han seleccionado bombas centrífugas de la serie 8020 de 1,88 kW. El costo de inversión requerido para construir un colono se estima en 25.046,39 CUC y se considera una variante de compra del modelo marca YRQ-YON GOLDA. Además, se ha encontrado que la implementación del sistema de sedimentación propuesto permite una mayor disponibilidad de agua y reduce el impacto ambiental del proceso [20].

3.9 Presión de descarga:

[17], hace referencia a la presión de descarga, como a la presión promedio existente en la salida de la bomba al realizar la operación o cálculo.

3.10 Regímenes de flujo de fluidos en tuberías:

Al momento de realizar la operación de pérdidas de carga se debe poner mayor énfasis que el flujo dado de un fluido real sea más complejo que un flujo ideal. A partir de la viscosidad de los fluidos reales, al momento de sus movimientos se hallan o aparecen fuerzas cortantes alrededor o entre partículas fluidas y paredes del contorno, además, de poner atención en las distintas capas del fluido. Se halla la existencia de dos distintos tipos de flujos, que son

permanentes en el caso de los fluidos reales, los mismos que tiene el nombre de flujo laminar y el otro el nombre de flujo turbulento [18].

3.11 Flujo laminar

Es el movimiento del líquido cuando está ordenado. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclar y cada partícula de fluido sigue una trayectoria llamada línea de corriente. [21]

Re<2000 Flujo Laminar: Las fuerzas viscosas son proporcionalmente más fuertes que las fuerzas de inercia. Las partículas tienden a moverse de forma aerodinámica [21].



Figura 3.1. Flujo Laminar [21].

3.12 Flujo turbulento

La turbulencia o turbulencia es el movimiento desordenado de un fluido en el que las partículas se mueven de manera desordenada y las trayectorias de las partículas se fusionan para formar un pequeño vórtice periódico (desorden). Ahora, a medida que aumenta el gradiente de velocidad y las partículas ganan energía de rotación, la viscosidad pierde su efecto. Esto hace que las partículas sigan siempre caminos diferentes y choquen entre sí. Este tipo de flujo se llama turbulencia y es el número de Reynolds. Mayor que 3000. [22]

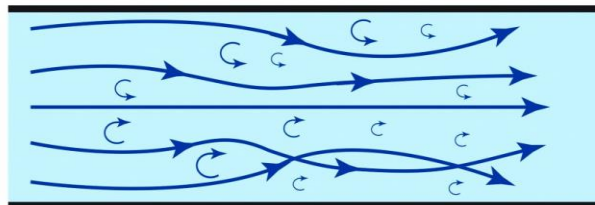


Figura 3.2 Flujo Turbulento [22].

3.13 Número de Reynolds

Osborne Reynolds realizó un estudio que demostró que el estado de flujo en una tubería, laminar o turbulento, depende del diámetro, la densidad, la viscosidad del líquido y la velocidad de la

tubería. La combinación adimensional de estas cuatro cantidades, el llamado número de Reynolds, puede considerarse como la relación entre la fuerza dinámica de la masa del fluido y la tensión de deformación causada por la viscosidad. [23]

3.14 Pérdidas de carga por fricción en tuberías

La pérdida de energía por fricción es debido al rozamiento del fluido al momento de circular por una tubería o conductor. La pérdida se desprecia en tramos cortos mientras que en los tramos largos puede resultar considerable, estas pérdidas son: pérdidas primarias y pérdidas secundarias.

Se realizó un análisis comparativo entre equipos con trazador de vapor y equipos con tubos colocados independientemente, el primero de los cuales redujo la pérdida de energía en 19,11W por metro de tubo, mejoró las condiciones de flujo y los gradientes de temperatura, mostrándose una reducción de combustible [24].

3.15 Bombas periféricas

Las bombas periféricas también se conocen como turbinas, vértices y bombas regenerativas. La bomba de agua tiene una paleta que crea un vórtice en el agua a altas velocidades. Pueden proporcionar una alta presión de cabeza en motores de baja potencia. [25]


Bombas periféricas	Ventajas de bombas periféricas
	<ul style="list-style-type: none"> • Para el mismo diámetro de impulsor, proporcionan una altura mayor que las bombas centrífugas, es decir, son de menor tamaño en las mismas condiciones. • Menor costo que las bombas centrífugas. • Tienen mejor rendimiento. Esto significa: menores costos operativos. • Mantienen un flujo suave y continuo hasta 170 m. • Son bombas de regeneración y pueden manejar líquidos a temperaturas de ebullición, justo por encima de la presión de vapor.

Figura 3.3. Bomba periférica [25] .

3.15.1 Ventajas de bombas periféricas

Las turbinas monofásicas o bombas periféricas ofrecen muchas ventajas sobre las bombas centrífugas en el rango de bajo caudal y media alta presión [25].

3.16 Cavitación

El fenómeno de la cavitación, la formación de burbujas de aire en un líquido, puede afectar negativamente a las bombas hidráulicas. Los sistemas hidráulicos mal diseñados pueden empujar el aire atrapado fuera del fluido, creando un vacío que puede crear pequeñas burbujas. Cuando el líquido ingresa a la bomba y se comprime, las pequeñas burbujas colapsan a nivel molecular. Cada una de estas implosiones es más poderosa de lo que sabemos y puede eliminar material interno de la bomba y evitar que funcione correctamente. [26]

3.17 Tipos de válvulas

Las necesidades de la industria varían y se han desarrollado innumerables estructuras a lo largo de los años. Todos son similares y cumplen las propiedades de retención, ajuste o producción de fluidos. Por lo tanto, las válvulas se dividen de la siguiente manera:

- Válvula de bola
- Válvula de diafragma
- Válvula de cierre
- control deslizante
- Válvula de mariposa
- Válvula de émbolo

4. MATERIALES Y MÉTODOS:

Tabla 4.1. Variables Dependientes e Independientes

Variables Dependientes	Variables Independientes
Presión (Pa)	Caudal (m ³ /s) Temperatura (°C)

La finalidad del proyecto es el diseño del sistema de supervisión y adquisición de datos para la medición de pérdidas por fricción de carga primarias y secundarias.

El sistema de flujo está formado de una estructura en acero galvanizado que abarca un sistema de siete ramales de tuberías, más un ramal total en el cual incluye distintos accesorios mediante una conexión en serie. La configuración física de las tuberías está en paralelo, el material y el diámetro difiere en las tuberías. Esta elección se ha dado de acuerdo a la demanda comercial y la necesidad de realizar diferentes prácticas de pérdidas de carga.

4.1 Características del sistema hidráulico

El sistema hidráulico puede utilizar las válvulas de retención al principio y al final de cada ramal para hacer circular el líquido (en este caso agua) de forma independiente por los distintos ramales.

1. Los sistemas de reducción de presión inducidos por fricción están disponibles con tuberías de PVC roscadas con un diámetro de $\frac{1}{2}$ ".
2. Los sistemas de presión de fricción reducida se obtienen con tuberías roscadas de PVC con un diámetro de $\frac{3}{4}$ ".
3. Los sistemas de pérdidas en cargas por fricción en tubería PVC de agua caliente de diámetro de $\frac{1}{2}$ ".
4. Los sistemas de pérdidas en cargas por fricción en tuberías lisas y transparentes de diámetro de $\frac{1}{2}$ ".
5. Pérdidas de carga en los accesorios:
 - Válvula de compuerta de $\frac{1}{2}$ ".
 - Válvula de compuerta de $\frac{3}{4}$ ".
 - Válvula de globo
 - Válvula de retención o check de $\frac{1}{2}$ ".
 - Ángulo estándar de 90°

Cada sistema se analiza individualmente según su propia trayectoria y se vuelve a tener en cuenta la pérdida por fricción especificada después de las tuberías y accesorios.

Tabla 4.2. Especificaciones de los diámetros de la tubería

Descripción	Diámetro Nominal (plg)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión de Trabajo (PSI)
PVC	1	31,21	26,2	4,25	460
PVC	1/2	21,34	17,77	3,73	420
PVC	3/4	26,74	20,93	3,94	400

4.1.1 Partes del sistema hidráulico

El módulo didáctico consta de las siguientes partes físicas:

1. Toma de medidores de presión
2. Válvulas de bola de ½ "
3. Válvulas de membrana de ¾ "
4. Válvula check de ½ "
5. Universal de ½ "
6. Reducción ampliación de ½ " a ¾ "
7. Uniones de ½ "
8. Válvula de membrana de ½ "
9. Codos y tees ½ "
10. Salida de fluido
11. Entrada de líquido para la alimentación del módulo.
12. Tablero del sistema Hidráulico



Figura 4.1. Diseño del sistema hidráulico con sus accesorios y válvulas.

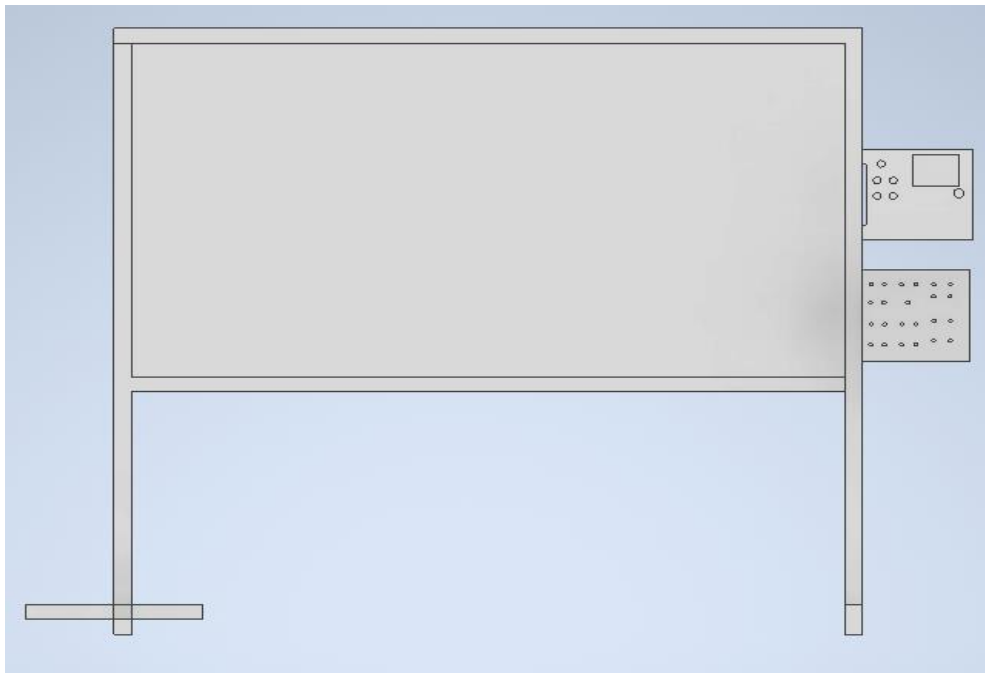


Figura 4.2. Diseño del sistema hidráulico con sus accesorios y válvulas.

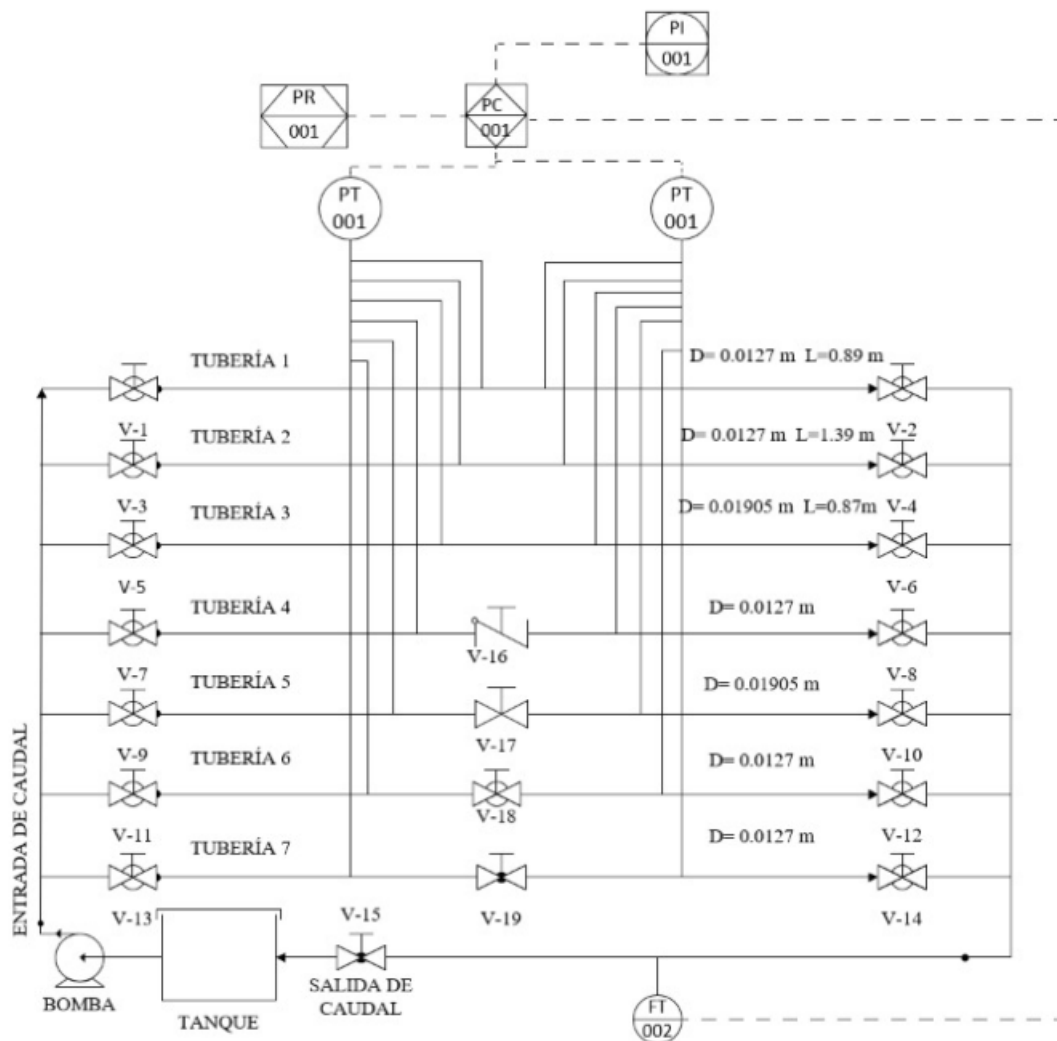


Figura 4.3. Diagrama P&ID.

4.2 Selección del fluido

El fluido para la experimentación del módulo didáctico es el agua por lo que la utilización de otro líquido puede causar daños internos en las tuberías y en los accesorios.

4.3 Condiciones del fluido en las que va a trabajar el equipo

En este caso el fluido a utilizar es el agua, dado que el módulo didáctico estará en Latacunga específicamente en el Laboratorio de Fluidos y sistemas térmicos se usa una temperatura de 15°C y una presión 0,40 PSI, pero estas condiciones pueden variar dependiendo la temperatura del agua. Las propiedades del agua son las siguientes:

Tabla 4.3. Propiedades del agua [27].

Propiedades	
Densidad (ρ)	999,10 kg/m ³
Viscosidad dinámica (μ)	1.139·10 ⁻³ N·s/m ³

En el **Anexo 1** se adjunta la tabla de propiedades del agua, en caso de utilizar otra temperatura se puede elegir los datos correspondientes para la práctica.

4.4 Accesorios del sistema hidráulico

Tubería 1

Está compuesta de una tubería PVC de ½ " en todo el recorrido

Tabla 4.4. Accesorios Tubería 1

Descripción	Cantidad
Uniones de 1/2"	2
Universales de 1/2"	2
Válvula de bola de 1/2"	2
codo de 90°	1
Tee de 1/2"	1
Neplo R/R	4

Tubería 2

Está compuesta de una tubería PVC de ½ " que va unida a otra tubería PVC de ½ " transparente.

Tabla 4.5. Accesorios Tubería 2

Descripción	Cantidad
Uniones de ½ "	2
Universales de 1/2"	2
Válvula de bola de 1/2"	2
Tee de 1/2"	2
Neplo R/R	4

Tubería 3

Está compuesta de una tubería PVC de ¾ ".

Tabla 4.6. Accesorios Tubería 3

Descripción	Cantidad
Uniones de 1/2"	2
Universales de 1/2"	2
Válvula de bola de 1/2"	2
Reductor de 1/2 "a 3/4"	2
Tee de 1/2"	2
Neplo R/R	4

Tubería 4

Está compuesta de una tubería PVC de ½ " de agua caliente.

Tabla 4.7. Accesorios Tubería 4

Descripción	Cantidad
Uniones de ½ "	2
Universales de 1/2"	2
Válvula de bola de 1/2"	2
válvula check de 1/2 "	1
Tee de 1/2"	2
Neplo R/R	4

Tubería 5

Está compuesta de una tubería PVC de ¾ ".

Tabla 4.8. Accesorios Tubería 5

Descripción	Cantidad
Uniones de 3/4"	2
Universales de 1/2"	2
Válvula de bola de 1/2"	2
válvula de compuerta de 1/2"	1
Tee de 1/2"	2
Neplo R/R	4
Reductor de 1/2 a 3/4	2

Tubería 6

Está compuesta de una tubería PVC de $\frac{3}{4}$ " en toda la trayectoria.

Tabla 4.9. Accesorios Tubería 6

Descripción	Cantidad
Uniones de $\frac{3}{4}$ "	2
Universales de $\frac{1}{2}$ "	2
Válvula de bola de $\frac{1}{2}$ "	2
Válvula de bola tipo universal de $\frac{1}{2}$ "	1
Tee de $\frac{1}{2}$ "	2
Neplo R/R	4

Tubería 7

Está compuesta de una tubería de $\frac{1}{2}$ ".

Tabla 4.10. Accesorios Tubería 7

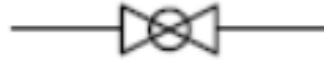
Descripción	Cantidad
Uniones de $\frac{3}{4}$ "	2
Universales de $\frac{1}{2}$ "	2
Válvula de bola de $\frac{1}{2}$ "	2
válvula de compuerta de $\frac{1}{2}$ "	1
Codo de 90°	2

4.4.1 Válvula de bola

Una válvula de bola es un mecanismo de llave para regular el flujo del fluido que está siendo guiado a través de un conducto. En la posición abierta, el flujo es directo, y se produce una caída mínima de la presión cuando el canal de paso que atraviesa la bola tiene el mismo tamaño que el diámetro interior del tubo. [28]



a) Válvula de bola



b) Simbología de válvula de bola.

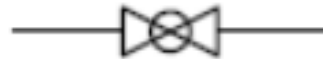
Figura 4.4. Válvula de bola y simbología P&ID [28].

4.4.2 Válvula de bola tipo unión universal

Tiene una conexión PVC que permite cerrar el paso del fluido de agua en sistemas de presión de agua fría, además tiene una rosca hembra que se une a otra rosca hembra de esta manera facilita la separación en dos partes que se puede unir en cualquier momento [29].



a) Válvula de bola



b) Simbología de válvula de bola.

Figura 4.5. Válvula de bola tipo unión universal y simbología P&ID [29].

4.4.3 Válvula de compuerta

Es una herramienta cuya función es levantar una compuerta para permitir el paso del fluido. Estas puertas pueden ser redondas o rectangulares. Las caras de éste pueden ser paralelas o tener forma de cuña. [23]



a) Válvula de compuerta



b) Simbología de válvula de compuerta.

Figura 4.6. Válvula de compuerta y simbología P&ID [23].

4.5 Sistema de supervisión y adquisición de datos

El sistema de supervisión y adquisición de datos, permitirá la visualización y monitoreo de las variables principales como son las siguientes: el caudal que ingresa, el caudal que sale de todo el sistema, la presión de entrada y la presión de salida en los distintos puntos específicos de cada línea o ramal. Los elementos utilizados para el desarrollo y visualización son:

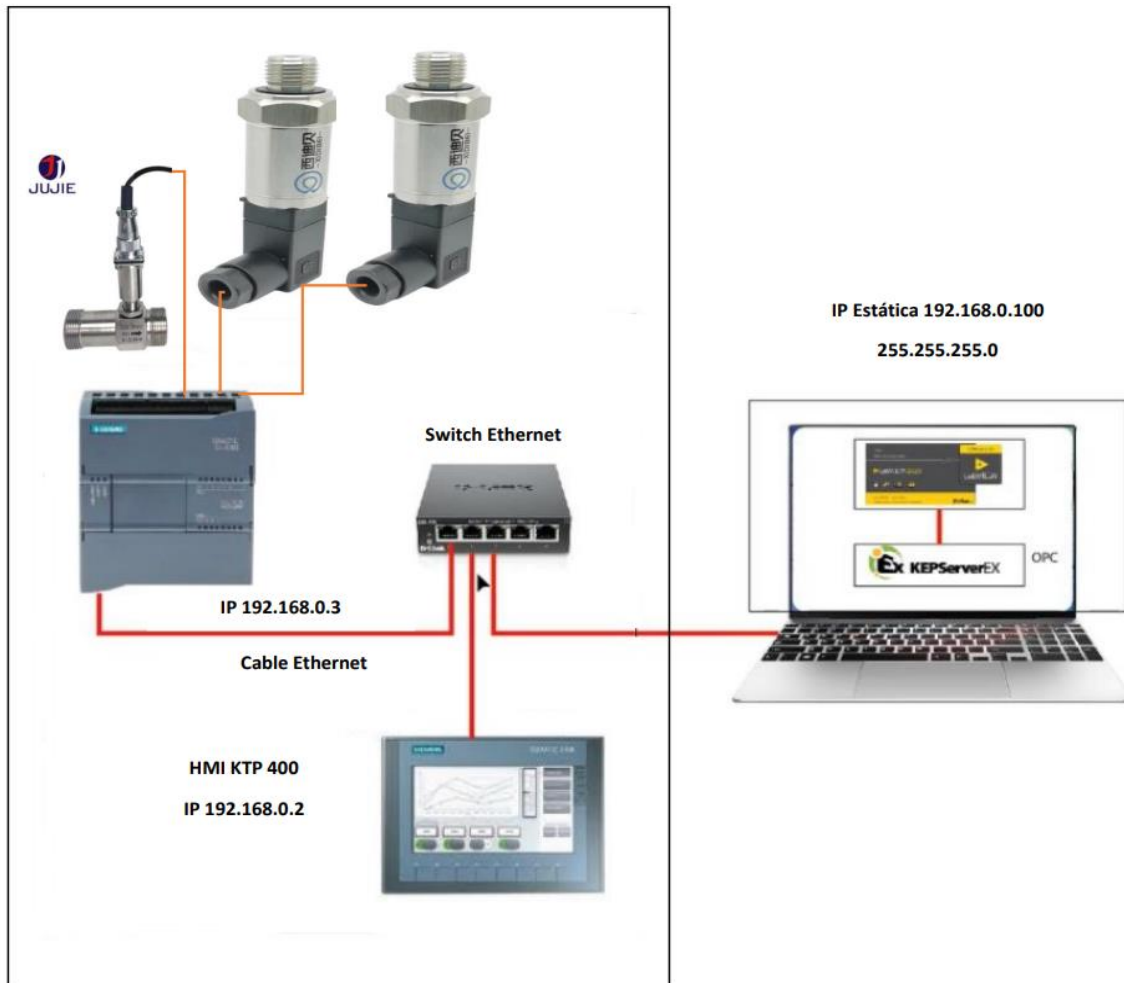


Figura 4.7. Estructura del sistema de supervisión y adquisición de datos.

4.5.1 Basic Controller SIMATIC S7-1200

El controlador básico SIMATIC S7-1200 es ideal para realizar tareas de automatización de bajo a medio rendimiento con la máxima flexibilidad y eficiencia. Una ventaja decisiva es la integración de todos los controladores SIMATIC en el Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal): todos los controladores tienen acceso a bases de datos, conceptos operativos estandarizados y servicios, como el protocolo de comunicación denominado PROFINET [30].


Basic Controller SIMATIC S7-1200 6ES7 214-1BG40-0XB0, CPU 1214C	Características técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión de alimentación: 24VDC • Consumo (valor nominal): 500mA, solo CPU 1214C, AC/DC/RLY, • Con memoria integrada:100 Kbyte • Número de entradas digitales:14 • Número de salidas digitales:10 • Número de entradas analógicas:2 • Interfaz PROFINET (estándar abierto de Ethernet)

Figura 4.8. Basic Controller SIMATIC S7-1200 [30].

4.5.2 Siemens pantalla táctil HMI SIMATIC KTP 400 6AV2123-2DB03-0AX0

El SIMATIC Basic Panel KTP400 que ofrece 65536 colores y se puede operar a través del teclado o la pantalla táctil. La comunicación con el examinador se realiza a través de la interfaz Profinet. Configuración del Basic El panel KTP400 es posible a partir de WinCC Basic V13 y / o STEP7 BASIC V13. [31]


Pantalla táctil HMI KTP 400	Características técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> • Serie del Fabricante: KTP 400 • Tipo de Display: TFT • Tamaño del Display: 4.3 in • Resolución del Display: 480 x 272pixels • Número de Puertos: 1 • Tipo de Puerto: Ethernet • Memoria Integrada: 10 MB • Retroiluminación : Sí • Tensión de Alimentación:24 V DC • Temperatura de Funcionamiento Mínima: 0°C • Índice de Protección IP: IP65 • Temperatura de Funcionamiento Máxima: +50°C

Figura 4.9. HMI SIMATIC KTP 400 [31].

4.5.3 Interruptor termomagnético

También se le denomina llave térmica o breaker es un dispositivo que tiene la capacidad de interrumpir el paso de la corriente eléctrica cuando detecta que sobrepasa los límites establecidos, de esta manera protege al circuito eléctrico de sobrecargas y cortocircuitos.

4.5.4 Contactor

Se trata de un componente eléctrico capaz de cortar la corriente al dispositivo y posibilitar su funcionamiento a distancia a muy bajas tensiones. Una de sus ventajas es que puede activar cargas de potencia de alto voltaje con señales de control muy pequeñas.

El principio de funcionamiento es electromagnético, lo que significa que cuando se alimenta la bobina, ésta crea un efecto magnético, que mueve sus contactos eléctricos, activando así dicha carga conectada. Estos dispositivos disponen de contactos de potencia y auxiliares para intervención.

4.5.5 Pulsador

Este es un interruptor que, a diferencia de un interruptor normal, tiene la capacidad de permitir o interrumpir temporalmente el paso de corriente, y el botón funciona solo mientras está presionado, es decir, sin enclavar.

4.5.6 Indicadores

Los indicadores LED aumentan la seguridad y protección de los procesos industriales que tienen lugar todos los días. Es por esto que estos indicadores necesitan ser utilizados en procesos industriales cuya función principal es alertar o avisar a los trabajadores de cualquier falla técnica o mecánica que se presente.

4.6 SENSORES

4.6.1 Rotámetro 10-70 LPM

El medidor de flujo para la entrada del caudal utilizado es el rotámetro 10-70 LPM, ya que posee las especificaciones deseadas y está en los rangos del caudal de la bomba de 5 – 60 LPM. Este sensor permite medir el caudal de forma mecánica, para observar la diferencia de medición entre el sensor digital y el mecánico.

Rotámetro 10-70 LPM	Características técnicas
 A cylindrical flow meter with a clear plastic body and black end caps. It has a scale on the side with numbers from 1 to 10. The text '10-70 LPM' is visible on the scale.	Medidor de flujo Color: negro Tamaño general: 4,3 x 27.7cm / 1.7 "x 10.9" (D * H) Rango: 10-70 LPM Entrada de rosca: 1 "PT Peso neto: 363g

Figura 4.10. Rotámetro 10-70 LPM [32].

4.6.2 Medidor de flujo GTLWGY

El medidor de flujo es un instrumento que inspecciona, mide o registra el caudal, el volumen o la masa de un gas o líquido. También puede llamarlos indicadores de flujo, medidores de líquido o sensores de flujo. Los medidores de flujo brindan una revisión y monitoreos precisos de los materiales que pasan a través de tuberías, incluidos agua, aire, vapor, aceite, gas y otros líquidos. En este caso se optó por la selección del sensor de flujo GTLWGY (DIN 15), ya que el valor de rango de este sensor en referencia al caudal de la bomba utilizada es la que más se acerca [33].


Medidor de flujo GTLWGY	Características técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> • Número de modelo: GTLWGY • Rango de medición: 0.6-20 m^3/h • Tipo de acoplamiento: ANSI brida • Diámetro interior de la tubería de unión: 1 pulgada • Ambiente: líquido limpio • Tensión de alimentación: 12 -24 VDC • Salida: Pulsos • Actúa: $\pm 0.5\%$ • Soportar la presión: 6.3 MPa • Temperatura: -100- 150 • Material: SS304 • Diámetro de salida: 50.5 mm

Figura 4.11. Medidor de flujo GTLWGY [33].

4.6.3 Transmisor de Presión 0-0.4Mpa

Los transmisores de presión de la serie XDB305 son producidos por la tecnología de detección piezoresistiva avanzada internacional, que se puede seleccionar de acuerdo con la aplicación de diferentes núcleos de detección, todo el paquete de acero inoxidable, adecuado para la mayoría de los medios, con buena estabilidad a largo plazo, múltiples salidas de señal para elegir, se puede utilizar en diversos entornos y climas, por lo que es ampliamente utilizado en diversos campos [34].


Transmisor de Presión 0-0.4Mpa	Características técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> • Conformidad CE • Estructura integrada de acero inoxidable • Tamaño pequeño, cómodo de instalar y operar • 4-20mA, 0,5-4,5 V, 0-5V, 0-10V, I2C, varios voltajes Salida • Función completa de protección contra sobretensiones • Para aplicaciones como aire, agua, aceite • Proporcionar OEM, personalización flexible

Figura 4.12. Transmisor de Presión XDB305 [34].

Parámetros

- Rango de medición: 0 ~ 600Bar
- Precisión: $\pm 1.0\%$ FS
- Señal de salida: 4-20mA (2 cables)
- Tensión de alimentación: 12 ~ 36(24) VDC
- Temperatura de funcionamiento: $-40 \sim 105$ °C
- Temperatura de compensación: $-20 \sim 80$ °C
- Corriente de funcionamiento: ≤ 3 mA
- Deriva de temperatura (cero y sensibilidad): $\leq \pm 0.03\%$ FS/°C
- Estabilidad a largo plazo: $\leq \pm 0.2\%$ FS/año
- Tiempo de respuesta: ≤ 3 ms
- Presión de sobrecarga: 150% FS
- Presión de rotura: 300% FS
- Vida útil del ciclo: 500.000 veces
- Medio de presión: líquido o gas no corrosivo
- Conexión de presión: G1/4, otra conexión de presión está bajo petición
- Material de la carcasa: acero inoxidable 304
- Clase de protección: IP65
- Clase a prueba de explosiones: ExiaII CT6
- Peso: ≈ 0.120 kg

4.7 Pérdidas de carga primarias por fricción

En el cálculo de las pérdidas de carga por fricción de un líquido que está en contacto con las paredes de la tubería, al generarse esta fricción se forman las pérdidas las cuales son muy importantes en las industrias. Las pérdidas se deben por la longitud de la tubería y muchas otras circunstancias que se acoplan a las tuberías.

Las pérdidas de energía por fricción se forman entre dos puntos de sección de la tubería, hay dos puntos a y b son valores de la dirección que tomará el flujo como se muestra en la siguiente figura.

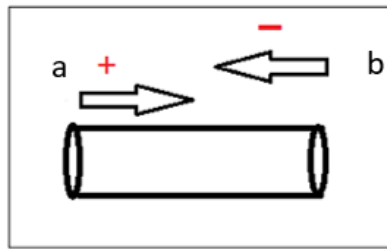


Figura 4.13. Dirección del signo de pérdidas de carga

4.7.1 Ecuación de Darcy para la pérdida de energía (Δ_p)

La ecuación de Darcy puede ser utilizada para calcular las pérdidas de energía debido a la fricción en las secciones rectas y largas de tubería redonda “la fricción es proporcional a la carga de la velocidad y a la relación de la longitud al diámetro de la corriente” [35]. La ecuación matemática se representa de la siguiente manera.

$$\Delta_p = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \rho \quad (4.1)$$

Dónde:

Δ_p = Pérdida de energía debido a la fricción (Pa)

L = Longitud de la corriente de flujo (m)

D = Diámetro de la tubería (m)

v = Velocidad de flujo promedio (m/s)

λ = Factor de fricción (adimensional)

ρ = Densidad (kg/m^3)

Esta fórmula sirve tanto para el flujo laminar como para el turbulento. Estas pérdidas son producidas por el contacto con las paredes internas al momento de la circulación de fluido.

4.7.2 Caudal

Para determinar el caudal existe una fórmula matemática, pero en este caso se utiliza los valores del medidor de flujo.

4.7.3 Velocidad

Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (4.2)$$

Donde:

v = Velocidad de flujo (m/s)

Q = Caudal (m³/s)

D = Diámetro (m)

4.7.4 Número de Reynolds

$$R_e = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (4.3)$$

Donde:

v = Velocidad de flujo (m/s)

D = Diámetro de la tubería (m)

ρ = Densidad (kg/m³)

μ = Viscosidad dinámica (N · s/m³)

4.7.5 Factor de fricción (λ)

Giles Schaum menciona que: el factor de fricción (λ) en régimen laminar es fácilmente deducible con factores matemáticos, ya que este tipo de flujo se caracteriza por circular en forma de láminas facilita el cálculo, de modo que el problema viene dado por el régimen turbulento que no se puede aplicar relaciones matemáticas por lo que no se puede obtener la variación del factor de fricción con el número de Reynolds. [36].

Por otro lado, para el presente estudio se han venido aportando con investigaciones para el cálculo del factor de fricción, como es el caso del ingeniero Nikuradse y otros investigadores, afirmando que el factor de fricción no solo tiene relación con el número de Reynolds. [36]

Ecuación factor de fricción para flujo laminar:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4.4)$$

En esta ecuación se calculará el valor del factor de fricción que presenta el flujo turbulento en el sistema.

Ecuación factor de fricción para el flujo turbulento:

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \frac{D}{\varepsilon}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (4.5)$$

Dónde:

λ = Factor de fricción

D = Diámetro de la tubería (m)

ε = Rugosidad de la tubería (m)

Re = Número de Reynolds

4.7.6 Error relativo porcentual

El cálculo del error relativo porcentual que existe se lo realiza entre la experimentación y la teoría, se expresa en la siguiente ecuación:

$$\% Er - \Delta_p 1 = \frac{\Delta_p \text{TEÓRICO} - \Delta_p \text{EXPERIMENTAL}}{\Delta_p \text{TEÓRICO}} \cdot 100\% \quad (4.6)$$

Donde:

$\Delta_p \text{TEÓRICO}$ = Pérdida de carga teórica

$\Delta_p \text{EXPERIMENTAL}$ = Pérdida de carga experimental

4.7.7 Rugosidad de la tubería

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo estirado; cobre, latón, acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil —revestido	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil —sin revestir	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien hecho	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Figura 4.14.Rugosidad de la tubería (valores diseño) [35].

4.8 Pérdidas de carga secundarias o menores

Estas pérdidas de carga o de energía son producidas en pequeñas áreas cercanas al lugar donde se presenta cambios de la geometría del conducto o si existe cambio de dirección del fluido (codos, tees, válvulas entre otros), que como resultado se convierte en una alteración de las condiciones del fluido.

A estas pérdidas también se les conoce como pérdidas de carga locales. Para estas pérdidas hay pocos resultados, debido a la complejidad del fluido en los accesorios ya que la forma de determinar los datos de la pérdida es experimental.

4.8.1 Caudal

Para determinar el caudal existe una fórmula, pero en este caso se utilizará el dato del Medidor de flujo GTLWGY.

4.8.2 La velocidad del fluido

Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (4.7)$$

Donde:

v = Velocidad de flujo (m/s)

Q = Caudal (m³/s)

D = Diámetro (m)

4.8.3 Número de Reynolds

$$R_e = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (4.8)$$

Donde:

v = Velocidad de flujo (m/s)

D = Diámetro del accesorio

ρ = Densidad (kg/m³)

μ = Viscosidad dinámica (N · s/m³)

4.8.4 Coeficiente de Resistencia (ξ)

El coeficiente de resistividad ξ son valores estándares para las válvulas y accesorios, pero en caso de no conocer estos datos se puede aplicar la siguiente fórmula y así comprobar que el coeficiente de resistividad no es un valor constante sino variable.

$$\xi = \frac{2 \cdot \Delta_P}{v^2 \cdot \rho} \quad (4.9)$$

Donde:

Δ_P = Pérdida de carga (Pa)

v = Velocidad de flujo (m/s)

ρ = Densidad (kg/m³)

El coeficiente ξ es adimensional, su valor depende del tipo de accesorio y diámetro, diseñados para la pérdida de altura o velocidad de la válvula o accesorio. Los valores del coeficiente de fricción dependen del tipo de accesorio. En la tabla N° 11 se muestran algunos datos según sea

el accesorio o a su vez también se puede calcular mediante las fórmulas planteadas anteriormente.

Tabla 4.11. Coeficientes de resistencias locales

Accesorio	ξ
Válvula check ½"	5.1
Válvula de compuerta ¾"	0.2
Válvula de bola universal ½"	1.25
Válvula de globo ½"	10

4.8.5 Pérdidas de carga secundarias

$$\Delta_p = \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \quad (3.10)$$

Donde:

ξ = Coeficiente de resistencia

v = Velocidad de flujo (m/s)

ρ = Densidad (kg/m³)

Cálculo del porcentaje de error que existe entre la experimentación y la teoría se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Er} - \Delta_p 2 = \frac{\Delta_p \text{TEÓRICO} - \Delta_p \text{EXPERIMENTAL}}{\Delta_p \text{TEÓRICO}} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

Donde:

$\Delta_p \text{TEÓRICO}$ = Pérdida de carga teórica

$\Delta_p \text{EXPERIMENTAL}$ = Pérdida de carga experimental

Las pérdidas secundarias existen en los accesorios que están en el sistema de flujo

- Válvula Check de ½" (Línea 4)
- Válvula de compuerta de ¾" (Línea 5)

- Válvula de bola tipo universal de ½" (Línea 6)
- Válvulas de globo de ½" (Línea 7)

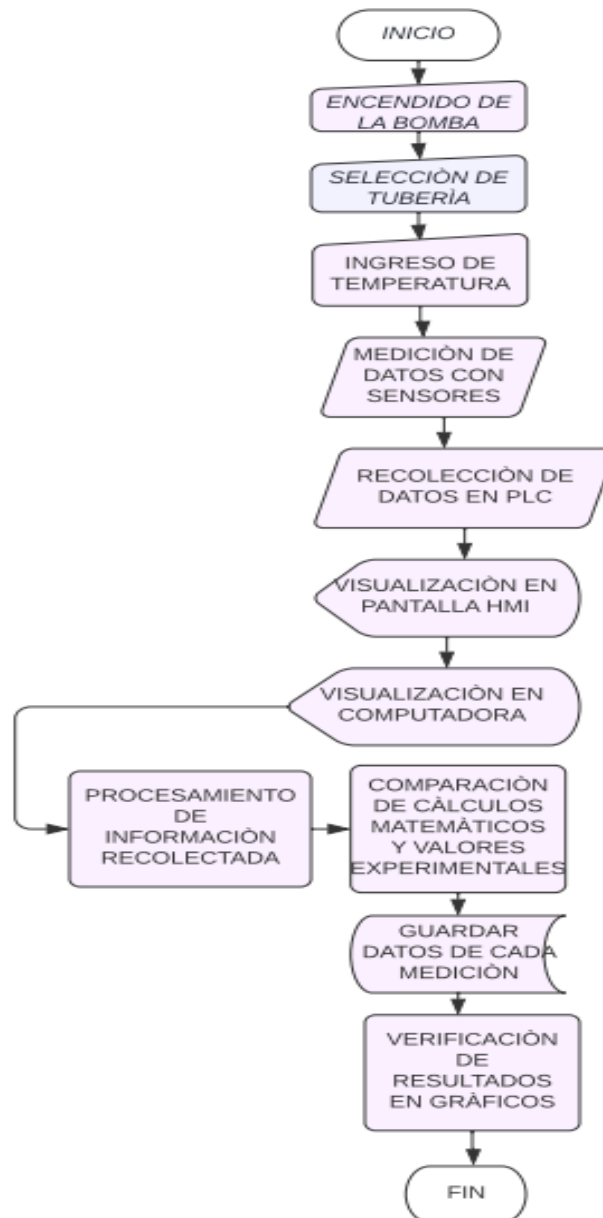


Figura 4.15. Diagrama de flujo de recolección de Datos en pérdidas de líneas de flujo.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como primer punto es necesario determinar dos fórmulas para realizar el cálculo de pérdidas primarias y secundarias en relación a la temperatura que desee ingresar el operador.

5.1 Obtención correlacional del modelo densidad y viscosidad

Para desarrollar la fórmula es importante elegir los valores de la densidad referente a la temperatura, luego se procede a graficar y de esta manera obtener la fórmula polinómica ya que tiene un valor de R más cercano al uno como se puede observar en la siguiente gráfica.

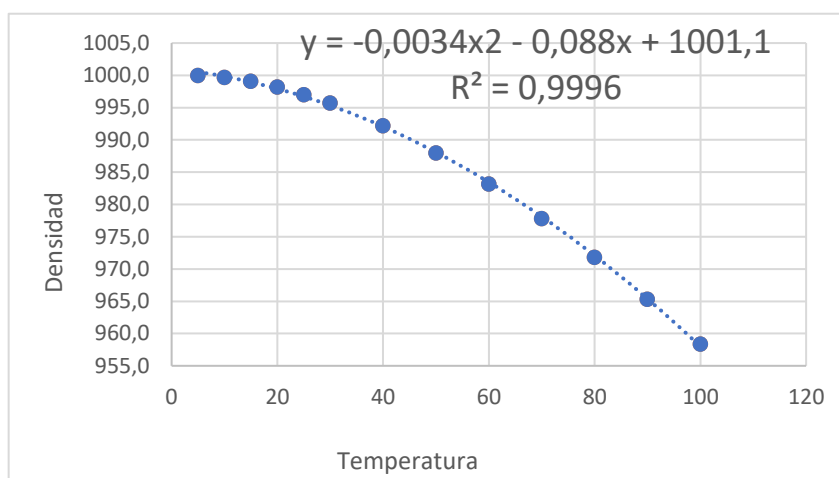


Figura 5.1. Curva de la densidad a diferentes temperaturas.

Al obtener la fórmula permite determinar los valores de la densidad que depende de la temperatura que se ingresa.

Fórmula de densidad a distintas temperaturas

$$\rho = -0.0034x^2 - 0.088x + 1001.1 \quad (5.12)$$

5.2 Viscosidad dinámica

En este caso para desarrollar la fórmula se elige los valores de la viscosidad dinámica referente a la temperatura, luego se procede a graficar y de esta manera verificar la fórmula más adecuada como es la logarítmica ya que el valor de R es el más cercano al uno, como se puede observar en la siguiente gráfica.

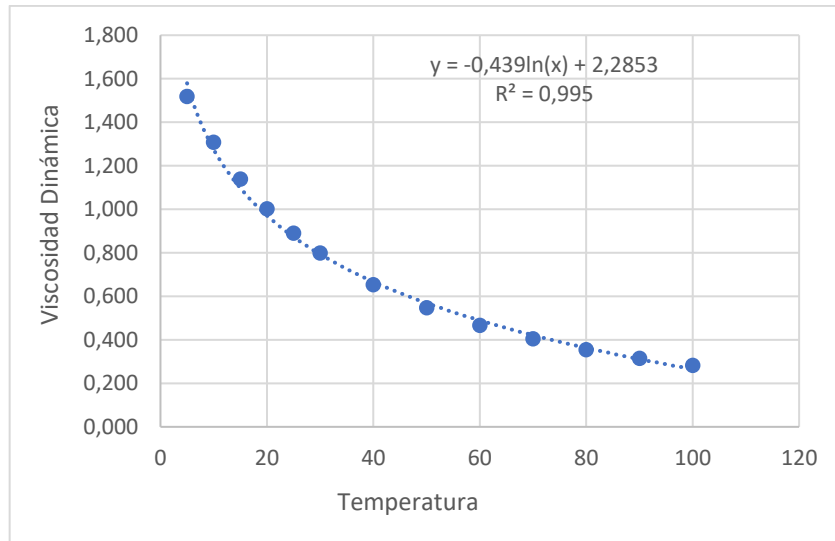


Figura 5.2. Curva de viscosidad dinámica a diferentes temperaturas.

Al obtener la fórmula permite determinar los valores de la viscosidad dinámica que depende de la temperatura que se ingresa.

Fórmula Viscosidad Dinámica a distintas temperaturas

$$\mu = -0.439 \ln(x) + 2.2853 \tag{5.13}$$

5.3 Acondicionamiento de sensores

5.3.1 Acondicionamiento Transmisor presión de entrada y salida de dos hilos

Los sensores emiten una señal de corriente de 4-20 mA por lo que es necesario aplicar la ley de Ohm y encontrar la resistencia, para obtener un voltaje estándar de 1-5 V y pueda ser leída por la entrada analógica del PLC S7-1200, para ello se aplica la siguiente ecuación

Aplicación de la Ley de Ohm

$$R1 = \frac{V}{I} \tag{5.14}$$

$$R1 = \frac{1 V}{0.004 A}$$

R1 = 250 Ω

Para obtener el rango superior se comprueba con la fórmula

$$R1 = \frac{V}{I}$$

$$R1 = \frac{5 V}{0.02 A}$$

$$R1 = 250 \Omega$$

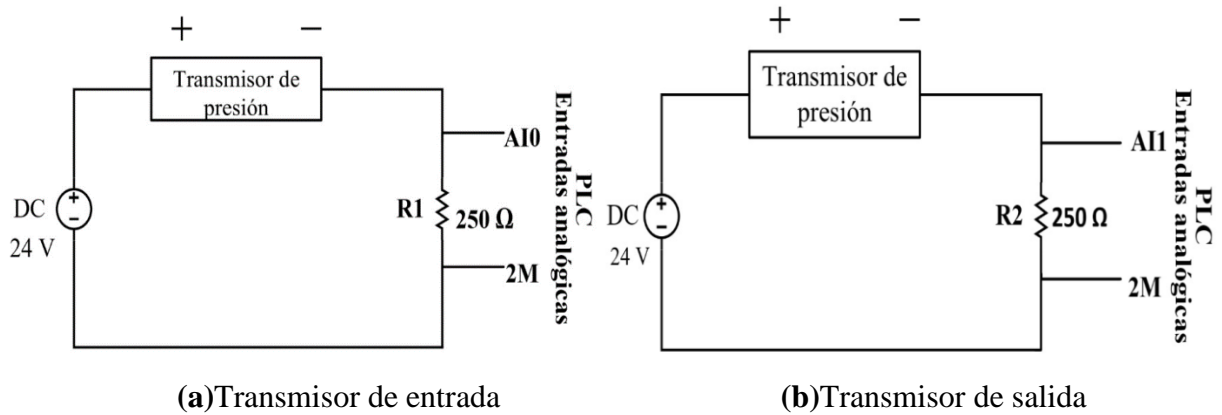


Figura 5.3. Circuito de conexión de los transmisores de presión y el PLC.

Escalamiento de los transmisores de presión para el PLC

El rango obtenido de los transmisores en voltaje es de 1-5V como se realizó anteriormente, mientras que los valores de rangos del sensor es 0 MPa - 0.4 MPa, por lo que es necesario realizar el escalamiento de las señales utilizando la ecuación de la recta mostrado en la Figura 5.4.

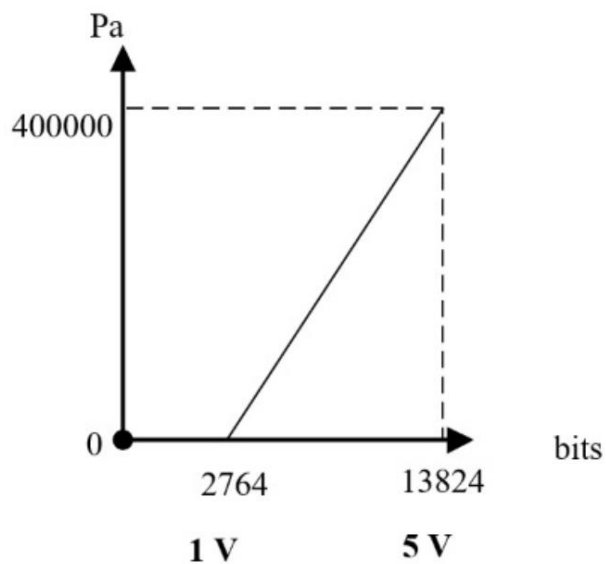


Figura 5.4. Gráfico de Escalamiento para el PLC.

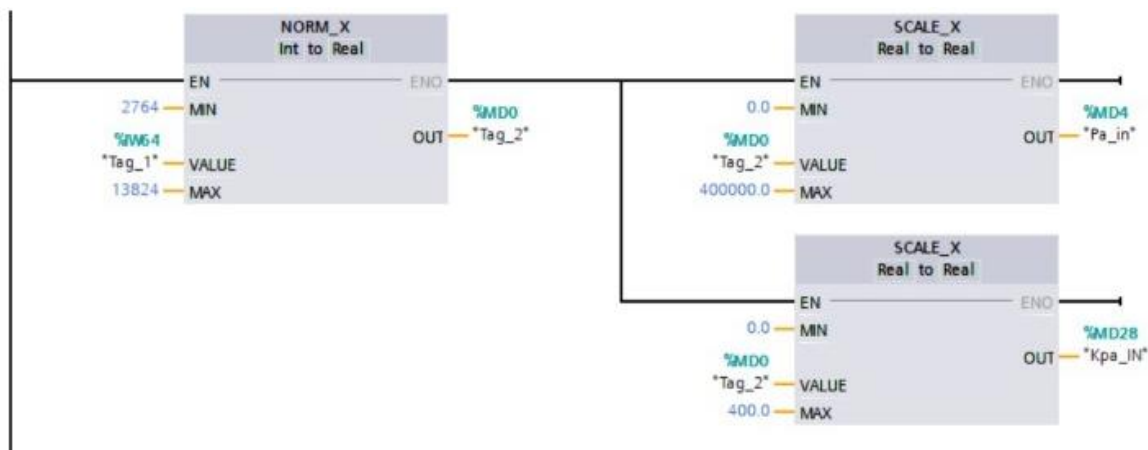


Figura 5.5. Escalamiento de los transmisores en el PLC.

5.3.2 Acondicionamiento del medidor de flujo 3 hilos

Para el acondicionamiento del medidor de flujo es necesario cambiar los niveles, ya que el sensor tiene una señal de 0 - 10V, para que funcione necesita un voltaje de 24V. Al acondicionar se utiliza un circuito digital de cambio de nivel mediante un optoacoplador y resistencias como se muestra en la figura 5.6.

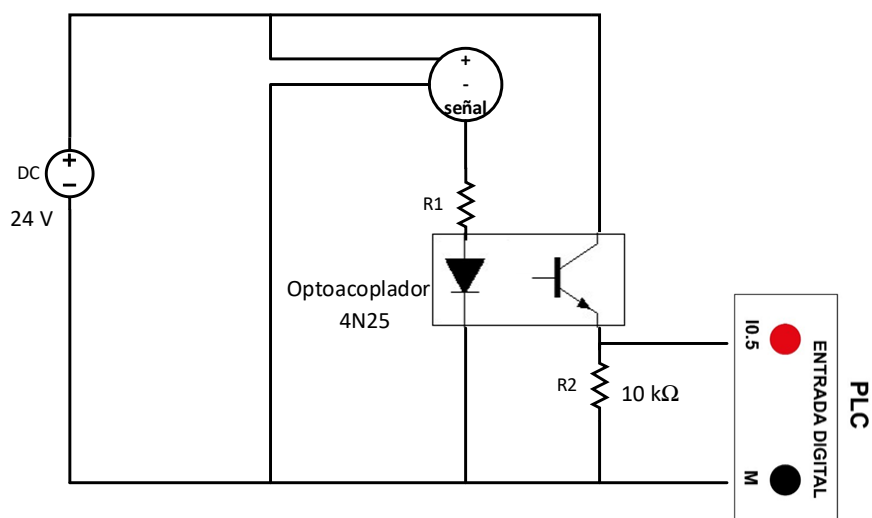


Figura 5.6. Circuito de acondicionamiento y conexión del medidor de flujo con el PLC.

Escalamiento

Especificaciones del medidor de flujo

Rango de flujo

$$0.6 - 6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$0.000166 - 0.00166 \text{ m}^3/\text{s}$$

Banda de frecuencia

138.3 – 1383 Hz

Estos valores son del fabricante, luego se aplica en la ecuación de la recta como se muestra en la figura 5.7

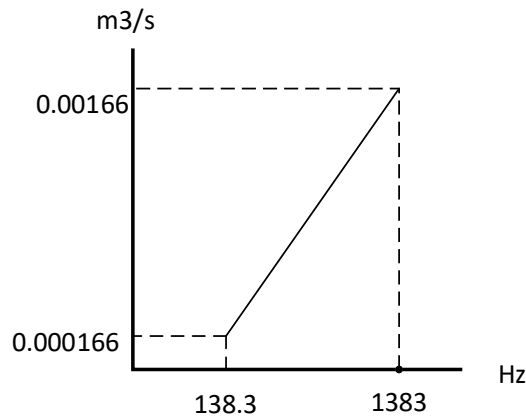


Figura 5.7. Escalamiento del medidor de flujo para el PLC.

Por último, se procede a aplicar estos valores en la programación del PLC, como se muestra en la figura 5.8.

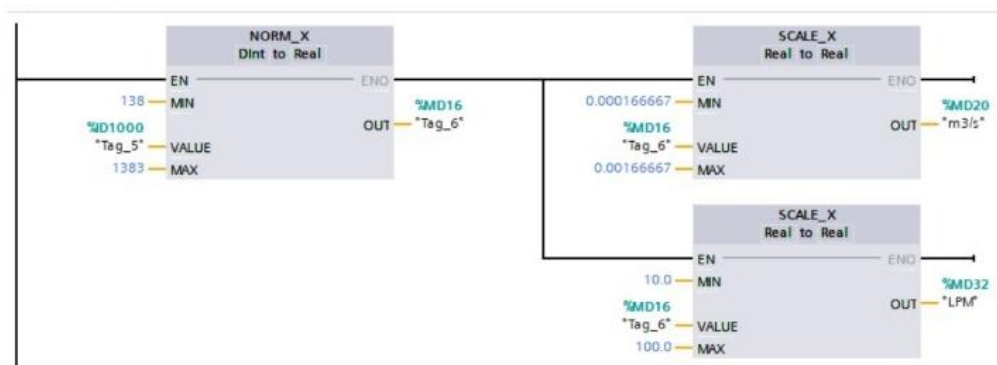


Figura 5.8. Escalamiento del medidor de flujo en el PLC.

KEPServer

El software KEPServer permite un intercambio de comunicación, adquirir información de distintos dispositivos industriales, se optó utilizar este medio para la interfaz entre el sistema y el PLC. Se declaran las variables de entrada y salida que se recibirá del PLC con sus respectivos tipos de datos detallados para una comunicación eficiente entre dispositivos.

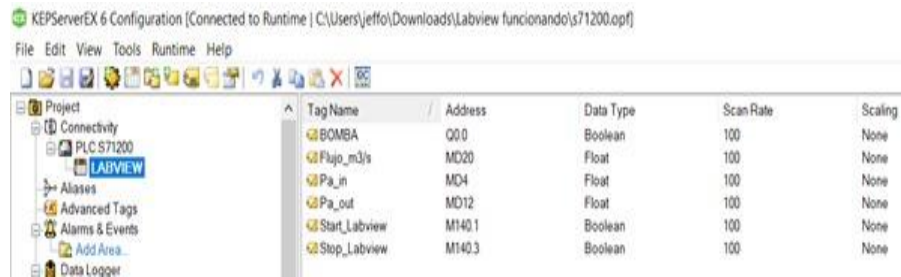


Figura 5.9. Declaración de variables del interfaz de comunicación del sistema y el PLC.

El Sistema de supervisión y adquisición de datos, consta de varias partes como: es el ingreso de datos y los resultados obtenidos (por cálculos matemáticos y valores experimentales).

En el ingreso de datos se debe seleccionar la tubería que se requiere hacer la práctica, para la cual hay siete tipos de tuberías las que tienen diferentes tuberías y accesorios, es necesario introducir la temperatura que se necesite. Los resultados se los obtiene de dos partes para que al final poder verificar los resultados y poder comparar, la primera parte de los resultados se los conseguiría por cálculos matemáticos en la que se utilizó varias fórmulas introducidas al sistema de supervisión y adquisición de datos que se necesitaron para estos cálculos son: el valor del caudal que ingresa directamente del sensor, la longitud y el diámetro de la tubería, Rugosidad estos datos son importantes en la aplicación de las diferentes fórmulas para las diferentes pérdidas ya sean primarias o secundarias.

Figura 5.10. Selección de tubería e ingreso de temperatura seleccionada.

En la Figura 5.11 se puede evidenciar los resultados de las diferentes mediciones del sistema según sean las tomas de datos de la misma tubería de los diferentes resultados de: la velocidad, los Reynolds, factor de fricción, delta teórico, delta experimental, Error y el factor de fricción experimental; en el cual cada dato obtenido será guardado y registrado.

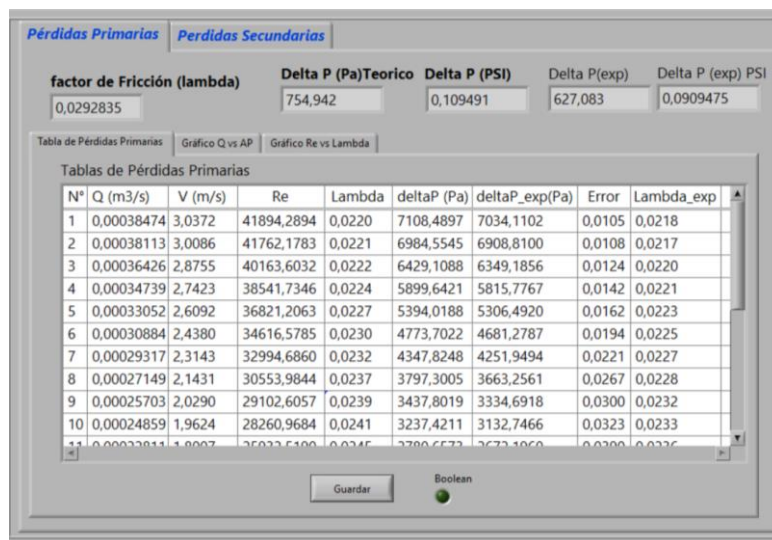


Figura 5.11. Adquisición de resultados calculados y experimentales.

Se puede seleccionar el lugar de almacenamiento de los datos a adquirir, los mismos que se pueden graficar en Excel las diferentes curvas de los resultados obtenidos.



Figura 5.12. Selección de almacenamiento de resultados de pérdidas Primarias y Secundarias.

En la segunda parte de la adquisición de datos se las realiza a través de las lecturas de los sensores de presión que se encuentran al inicio como al final de las diferentes tuberías y accesorios que se realiza la prueba con estos resultados se podrá hacer la correspondiente comparación de valores.

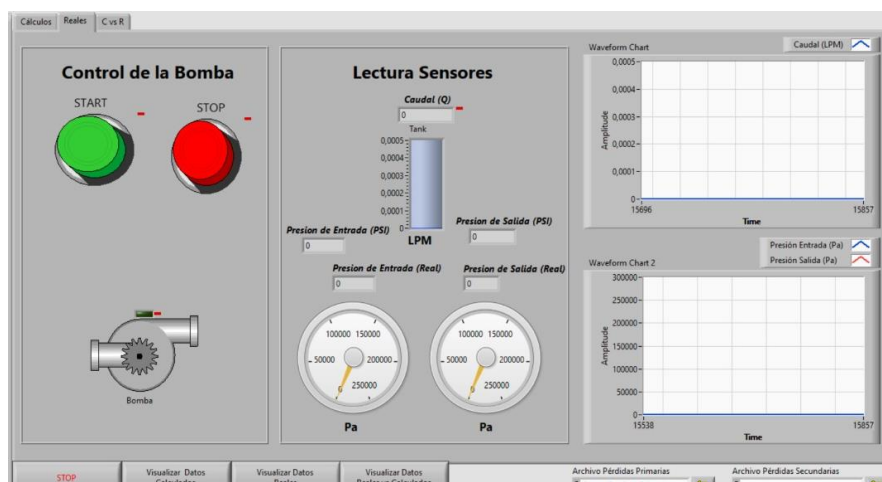


Figura 5.13. Encendido del sistema de supervisión y adquisición de datos, lectura de sensores.

5.4 Análisis experimental de tubería 1 (1/2")

En la tubería 1 es de 1/2" y mide 0,89 m de longitud, al realizar varias pruebas con diferentes temperaturas y caudal, se obtiene varios datos arrojados por los sensores los cuales ingresan en el sistema mediante las fórmulas que permiten obtener: la velocidad de fluido, el número de Reynolds, el factor de fricción y el delta teórico.

El resultado final del delta teórico se compara con el delta experimental y se calcula el error existente entre las mediciones dadas, este proceso se aplica varias veces a distintos caudales y se visualiza en la variación de los resultados como se aprecia en la Figura 5.14.

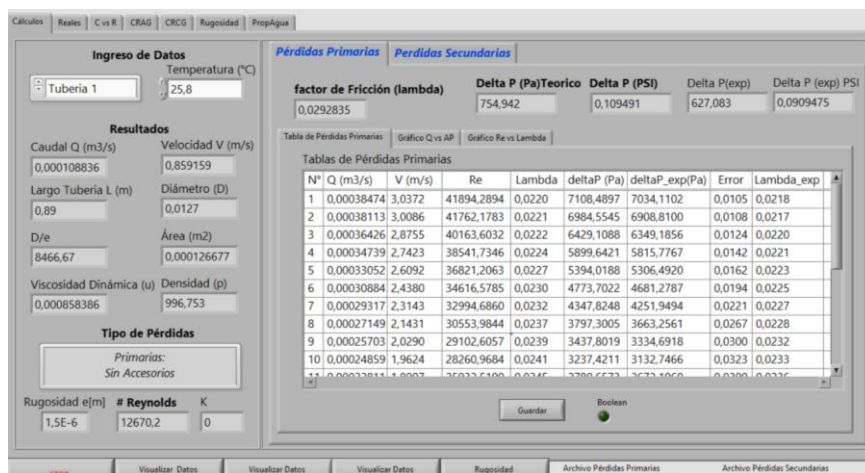


Figura 5.14. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 1.

Al adquirir varios resultados óptimos, se procede a verificar las curvas de la relación entre el caudal= $Q(m^3/s)$ y los Deltas = $\Delta (Pa)$ (Δ Teórico y el Δ Experimental) cómo se visualiza en la Figura 5.15. Se aprecia que existe una leve inexactitud entre los datos calculados y los datos experimentales que se reciben por los sensores.

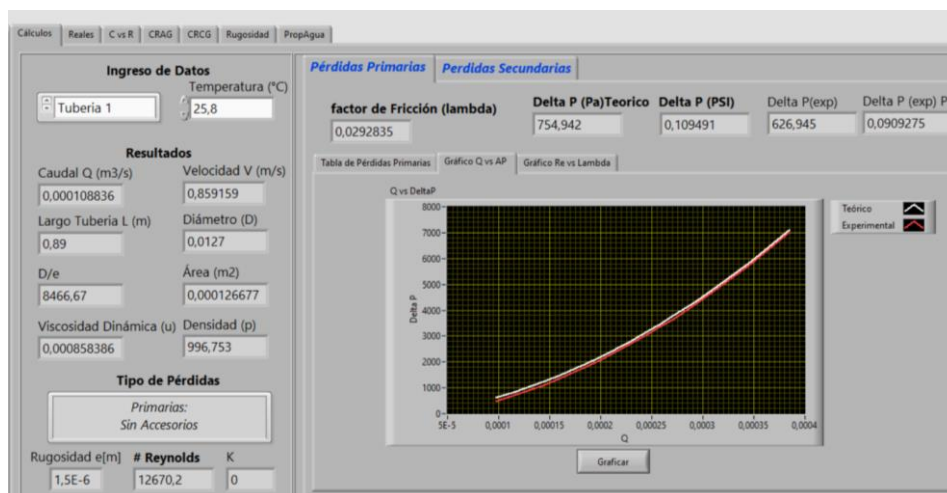


Figura 5.15. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 1.

En este caso la relación entre Re y los λ (Factor de Fricción Teórico y Factor de Fricción Experimental), se verifica que los cálculos tienen una precisión mientras se disminuye el flujo, pero en los resultados experimentales se incrementa ya que existen pérdidas como se visualiza en la Figura 5.16.

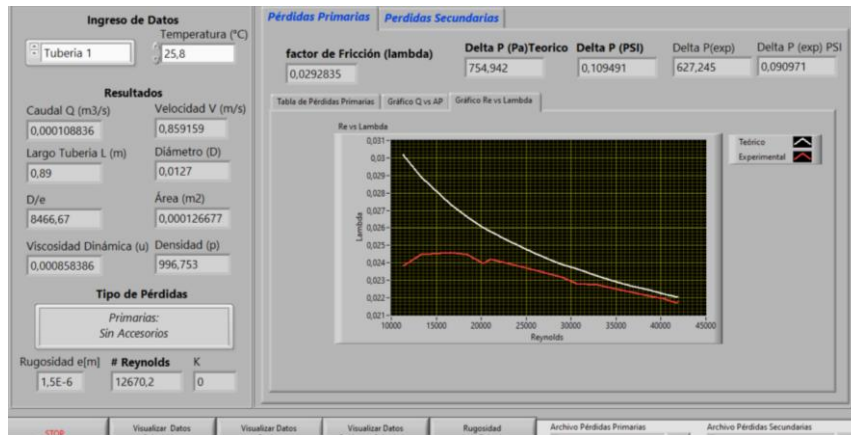


Figura 5.16. Curva en relación de Re y λ en la tubería 1.

5.5 Análisis experimental de tubería 2 (1/2")

En la tubería 2 es de 1/2" y mide 1,39 m de longitud, se realiza pruebas con diferentes temperaturas y caudales, para obtener datos los cuales ingresan en el sistema mediante las fórmulas que permiten obtener: la velocidad del flujo, el número de Reynolds, el factor de fricción y el delta teórico.

El resultado final del delta teórico se compara con el delta experimental y se calcula el error existente entre las mediciones dadas, este proceso se aplica varias veces manipulando la llave de salida del flujo (V-15) para visualizar la variación de los resultados como se aprecia en la Figura 5.17.

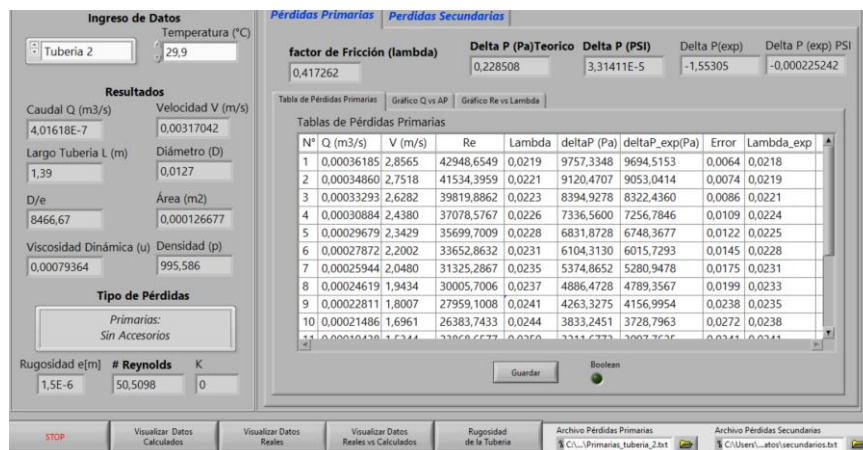


Figura 5.17. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 2

Al adquirir varios resultados precisos, se procede a verificar las curvas de la relación entre el caudal $Q(m^3/s)$ y los Deltas $=\Delta(Pa)$ (Δ Teórico y Δ Experimental), en el cual se visualiza una pequeña diferencia de la variación de los datos calculados con los experimentales como se visualiza en la Figura 5.18. Estas pérdidas son mínimas.

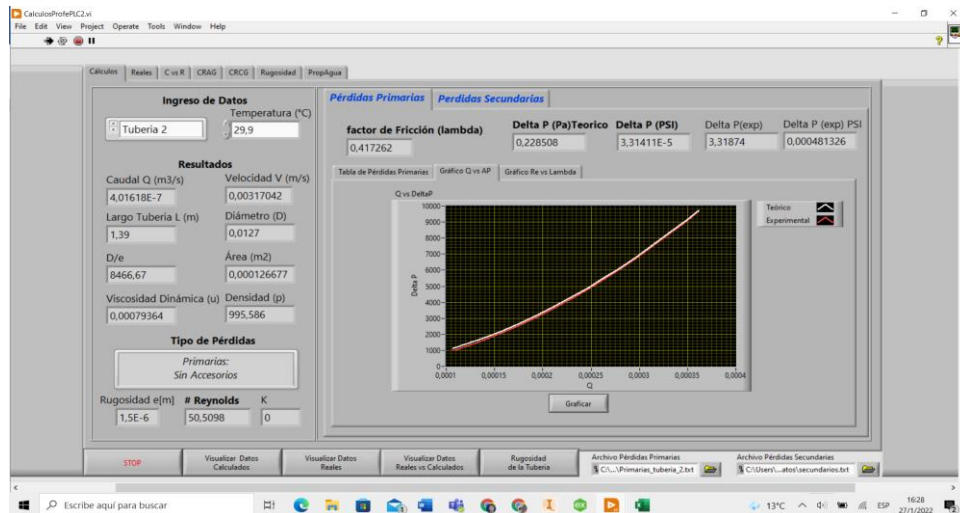


Figura 5.18. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 2.

En este caso la relación entre Re y los λ (Factor de Fricción Teórico y Factor de Fricción Experimental), se puede visualizar que tiene una gráfica muy uniforme por ser una tubería de 1/2" en la comparación del número de Reynolds y λ cómo se observa en la Figura 5.19.

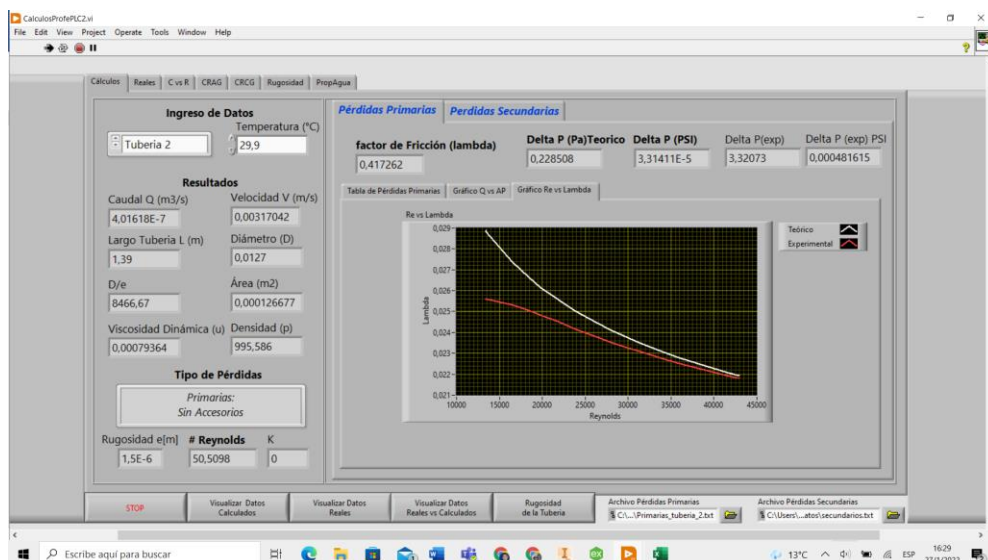


Figura 5.19. Curva en relación de Re y λ en la tubería 2.

5.6 Análisis experimental de tubería 3 (3/4")

En la tubería 3 es de 3/4" y mide 0,87 m de longitud, al realizar varias pruebas con diferentes temperaturas y caudales, se requiere obtener varios datos los cuales ingresan en el sistema

mediante las fórmulas que permiten obtener: la velocidad del flujo, el número de Reynolds, el factor de fricción y el delta teórico.

El resultado final del delta teórico se compara con el delta experimental y se calcula el error existente entre las mediciones dadas, este proceso se lo realiza al variar la válvula de la salida del fluido (V-15) varias veces a distintos caudales para visualizar la variación de los resultados como se aprecia en la Figura 5.20. Al ser una tubería de 3/4" presenta pérdidas menores que las tuberías de 1/2".

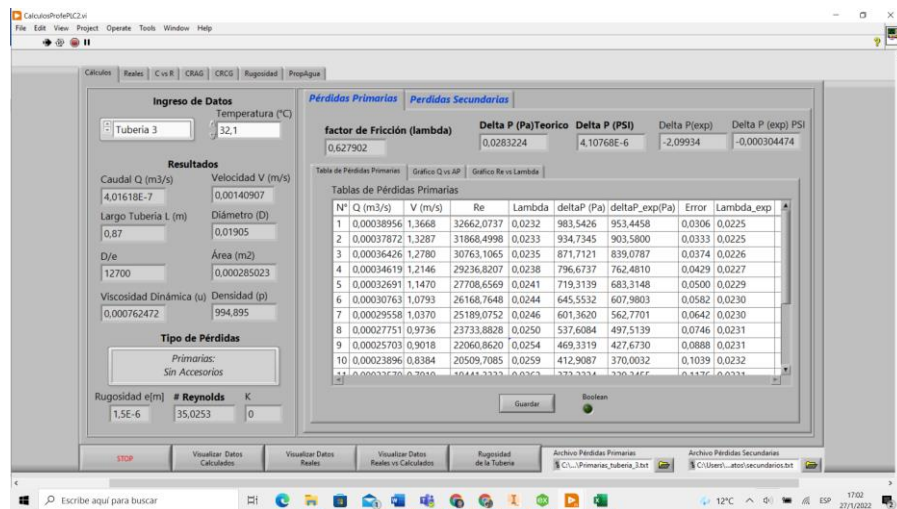


Figura 5.20. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 3.

Al adquirir varios resultados, se procede a verificar la relación entre el caudal= $Q(m^3/s)$ y los Deltas = $\Delta(Pa)$ (Δ Teórico y Δ Experimental), en esta curva las pérdidas son menores por ser una tubería más grande que las primeras como se visualiza en la Figura 5.21.

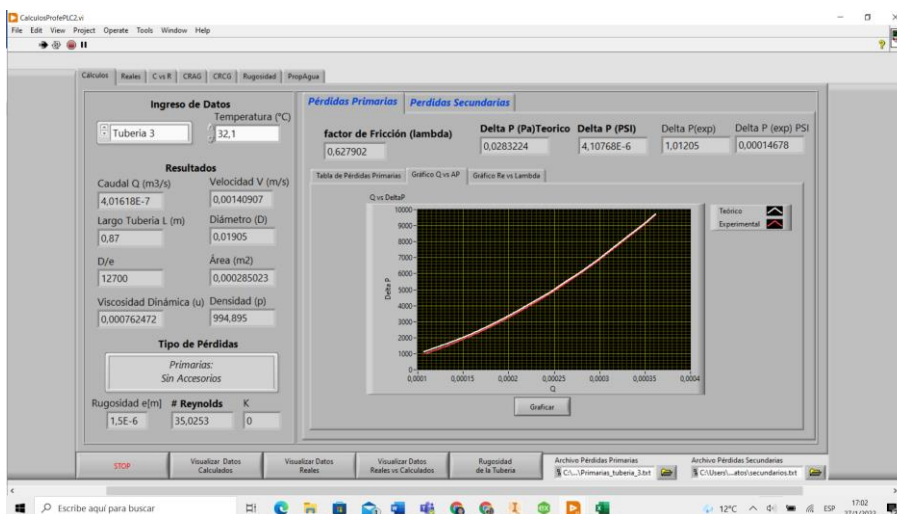


Figura 5.21. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 3.

En este caso la relación entre Re y los λ (Factor de Fricción Teórico y Factor de Fricción Experimental), la comparación de los resultados se observa en la Figura 5.22. Se puede apreciar que los resultados calculados y los experimentales son muy similares pero la variación se debe a las pérdidas que se da en el trayecto de la tubería que se mide.

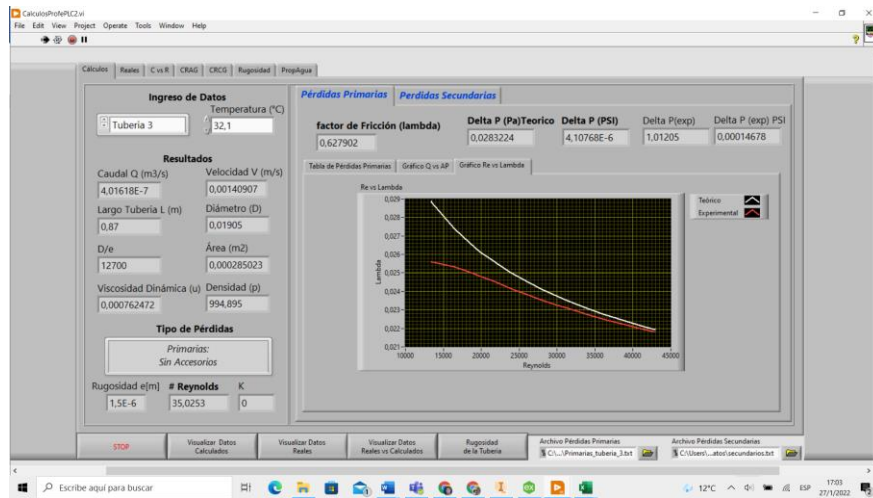


Figura 5.22. Curva en relación de Re y λ en la tubería 3.

5.7 Análisis experimental de tubería 4 (válvula check)

En la tubería 4 contiene una válvula check, al realizar varias pruebas con diferentes temperaturas y caudales, se obtiene varios datos los cuales ingresan en el sistema mediante las fórmulas que permiten obtener: la velocidad del fluido, el número de Reynolds, el Coeficiente de resistencia teórico y el delta teórico.

El resultado final del delta teórico se compara con el delta experimental y se calcula el error existente entre las mediciones dadas, este proceso se aplica varias veces a distintos caudales para visualizar la variación de los resultados como se aprecia en la Figura 5.23. Se visualiza la variación de datos por ser un accesorio.

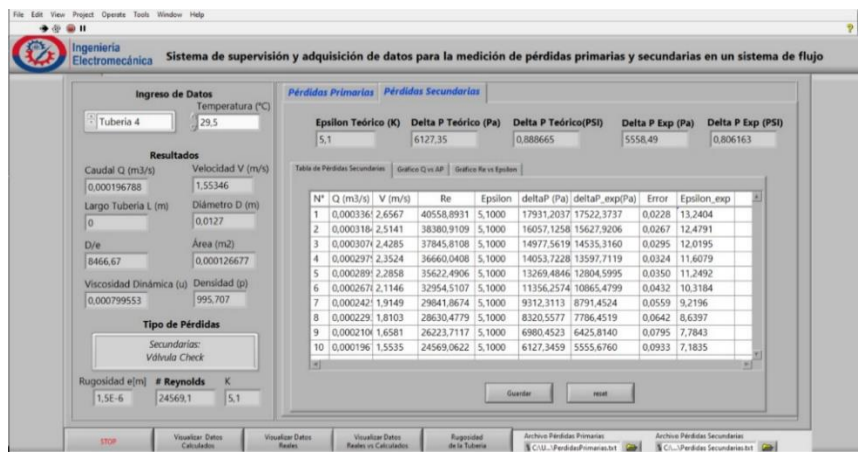


Figura 5.23. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 4.

Al adquirir varios resultados óptimos, se procede a verificar las curvas de la relación entre el caudal Q (m³/s) y los Deltas Δ (Pa) (Δ Teórico y Δ Experimental), como se visualiza en la Figura 5.24. Se evidencia que existen más pérdidas que en las anteriores tuberías anteriores por ser un accesorio (válvula check) son pérdidas secundarias.

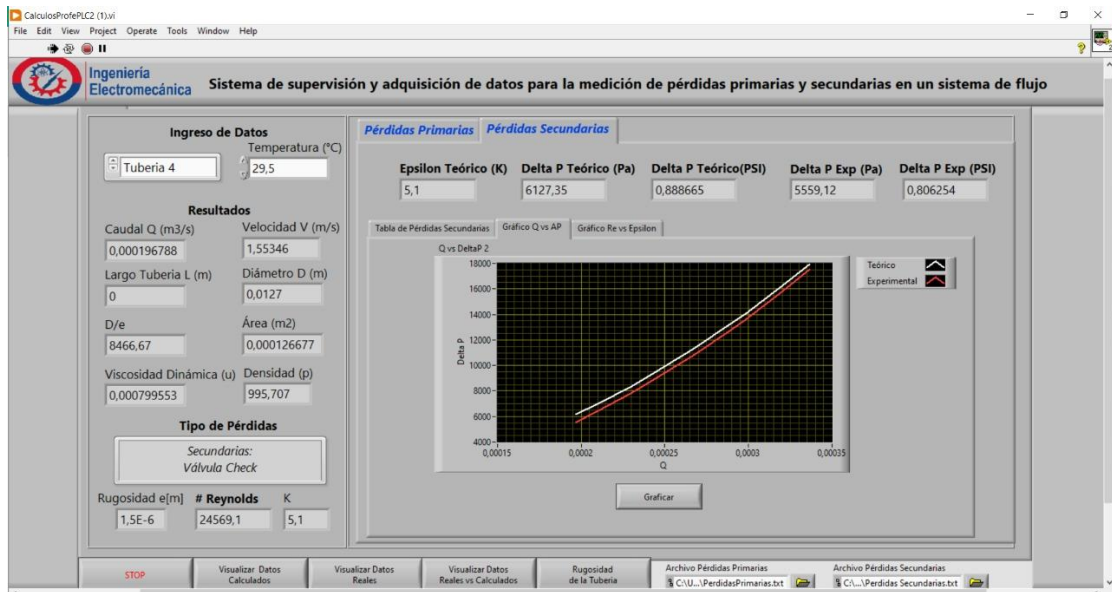


Figura 5.24. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 4.

En este caso la relación entre **Re** y los **K** (Coeficiente de resistencia Teórico y Coeficiente de resistencia Experimental), la diferencia en esta toma de datos se debe a que los fabricantes de los accesorios declaran un coeficiente de resistencia fijo, pero se diferencia que es variable como se observa en la Figura 5.25., existe un punto en el cual llega a lo estipulado por el fabricante.



Figura 5.25. Curva en relación de Re y K en la tubería 4.

5.8 Análisis experimental de tubería 5 (válvula de compuerta)

En la tubería 5 válvula de compuerta, al realizar varias pruebas con diferentes temperaturas y caudales, se obtiene varios datos los cuales ingresan en el sistema mediante las fórmulas que permiten obtener: la velocidad del fluido, el número de Reynolds, el Coeficiente de resistencia teórico y el delta teórico.

El resultado final del delta teórico se compara con el delta experimental y se calcula el error, la válvula de compuerta da como resultado pérdidas que casi no tan visibles por sus valores que no varían mucho para realizar la curva se aplica varias veces a distintos caudales como se aprecia en la Figura 5. 26.

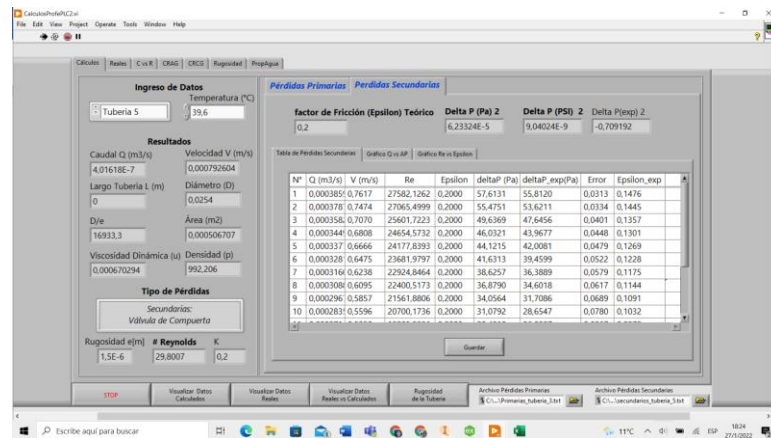


Figura 5.26. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 5.

Se toma varios resultados, se procede a verificar las curvas de la relación entre el caudal= $Q(m^3/s)$ y los Deltas = $\Delta(Pa)$ (Δ Teórico y Δ Experimental), en esta gráfica no podemos visualizar muy bien la diferencia del delta calculado y el delta experimental porque la válvula de compuerta tiene pérdidas muy pequeñas cómo se visualiza en la Figura 5.27.

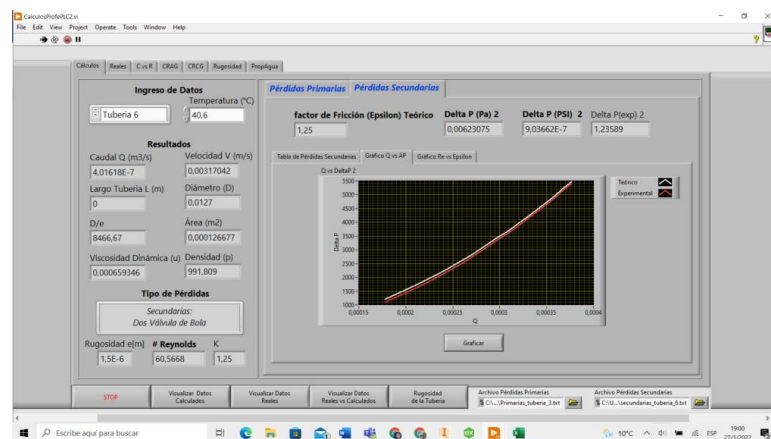


Figura 5.27. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 5.

En este caso la relación entre **Re** y los **K** (Coeficiente de resistencia Teórico y Coeficiente de resistencia Experimental), la disposición del coeficiente de resistencia no tiene mucha variación esto se debe al accesorio que es una válvula de compuerta y su variación se muestra en la Figura 5.28.

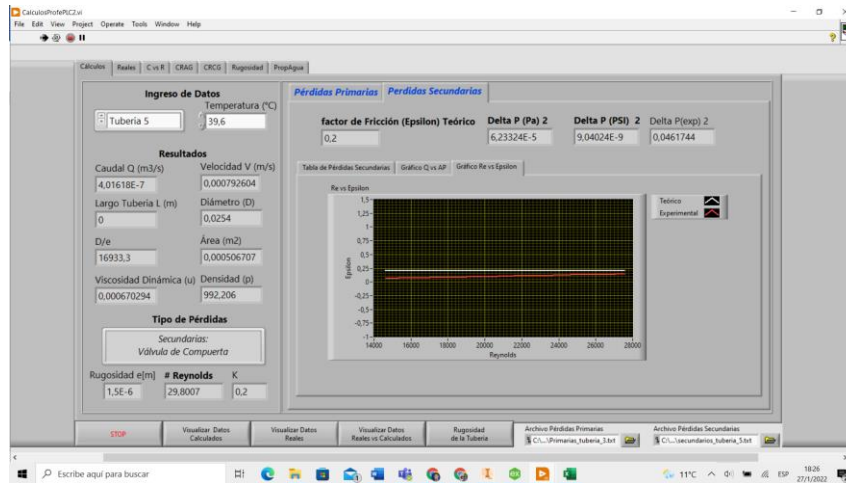


Figura 5.28. Curva en relación de Re y K en la tubería 5.

5.9 Análisis experimental de tubería 6 (válvula de bola)

En la tubería 6 válvula de bola, al realizar varias pruebas con diferentes temperaturas y caudales, se obtiene varios datos los cuales ingresan en el sistema mediante las fórmulas que permiten obtener: la velocidad del fluido, número de Reynolds, Coeficiente de resistencia teórico y el delta teórico.

El resultado final del delta teórico se compara con el delta experimental y se calcula el error existente entre las mediciones dadas, este proceso se aplica varias veces a distintos caudales para visualizar la variación de los resultados como se aprecia en la Figura 5.29.

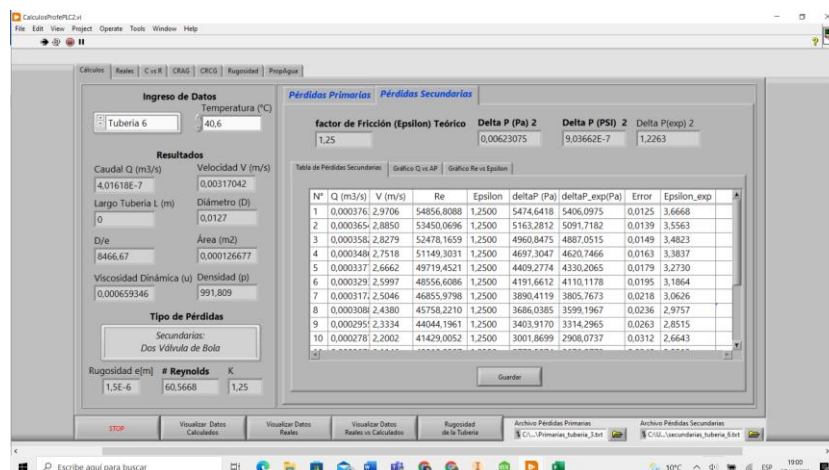


Figura 5.29. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 6.

Al adquirir varios resultados óptimos, se procede a verificar las curvas de la relación entre el caudal $Q(m^3/s)$ y los Deltas $=\Delta(Pa)$ (Δ Teórico y Δ Experimental), como se visualiza en la Figura 5.30.

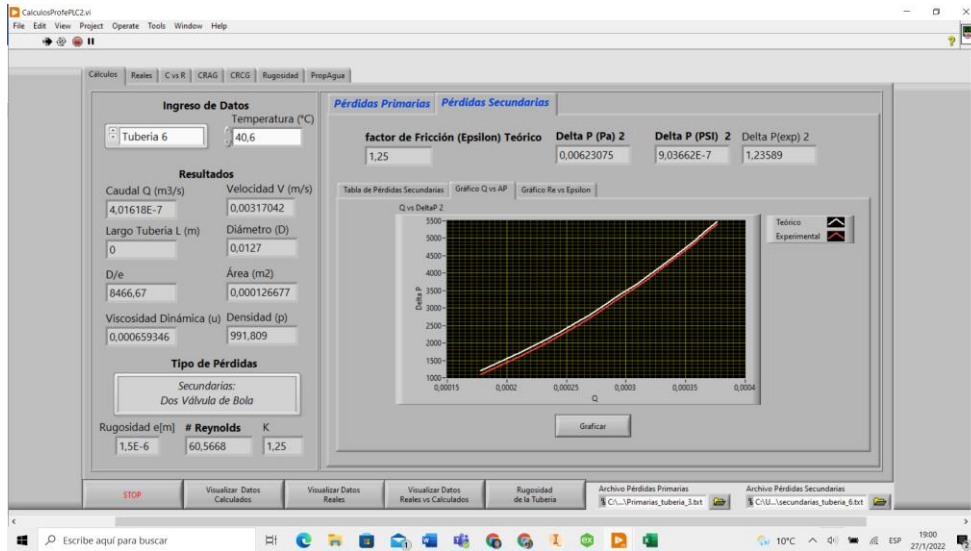


Figura 5.30. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 6.

En este caso la relación entre Re y los K (Coeficiente de resistencia Teórico y Coeficiente de resistencia Experimental), la curva en relación a los parámetros son muy variables en comparación a los fabricantes como se observa en la Figura 5.31.

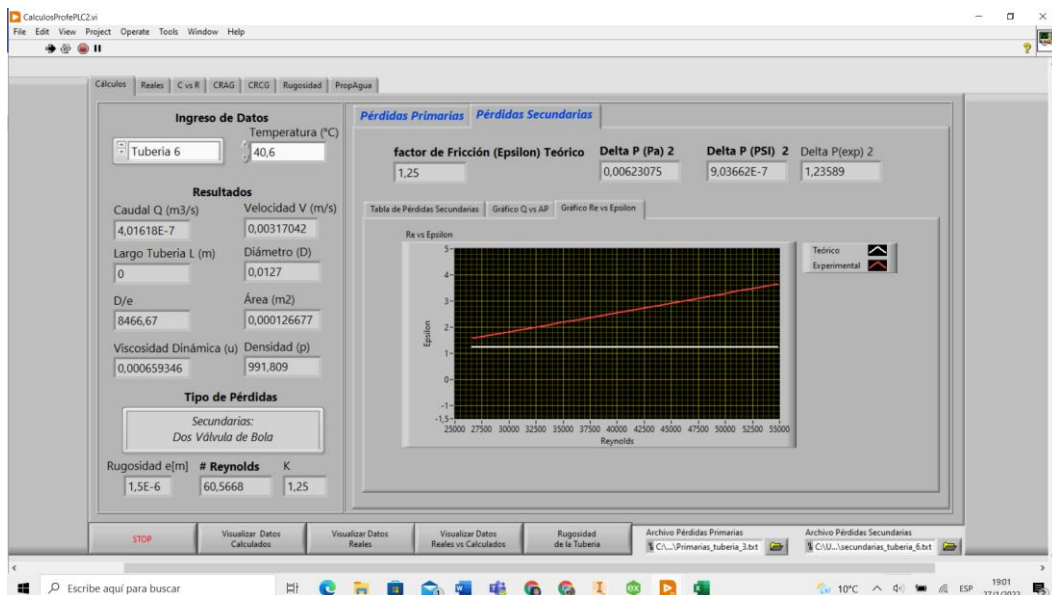


Figura 5.31. Curva en relación de Re y K en la tubería 6.

5.10 Análisis experimental de tubería 7 (válvula de globo)

En la tubería 7 tiene una válvula de globo, para determinar las prácticas de esta tubería debemos realizar varias pruebas con diferentes temperaturas y caudales, se obtiene varios datos los cuales

ingresan en el sistema mediante las fórmulas que permiten obtener: la velocidad del fluido, el número de Reynolds, Coeficiente de resistencia teórico y el delta teórico.

Al obtener como resultado final el delta teórico se compara con el delta experimental y se calcula el error existente entre el accesorio en este caso la válvula de globo, este proceso se aplica varias veces a distintos caudales para visualizar la variación de los resultados como se aprecia en la Figura 5.32.

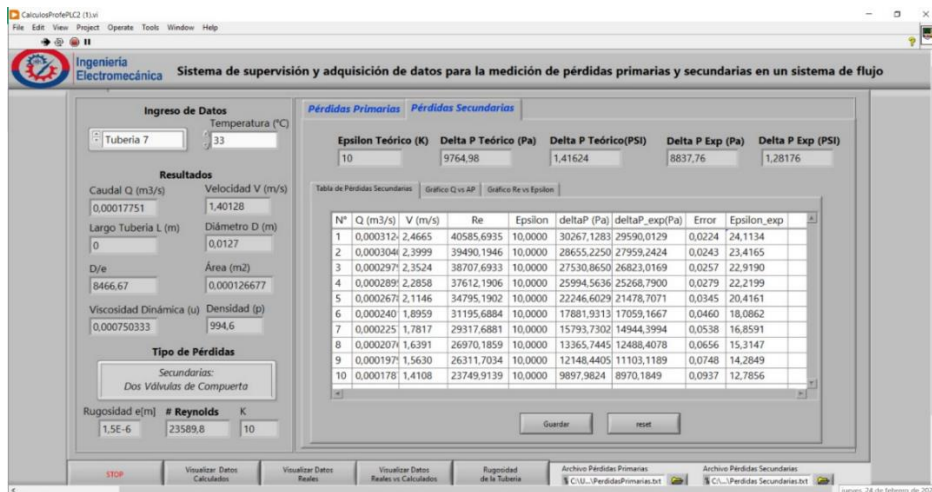


Figura 5.32. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 7.

Al adquirir varios resultados óptimos, se procede a verificar las curvas de la relación entre el caudal= $Q(m^3/s)$ y los Deltas = $\Delta(Pa)$ (Δ Teórico y Δ Experimental), este accesorio presenta pérdidas significativas por ser una válvula de bola como se visualiza en la Figura 5.33.



Figura 5.33. Curva en relación de Δ y Q en la tubería 7.

En este caso la relación entre **Re** y los **K** (Coeficiente de resistencia Teórico y Coeficiente de resistencia Experimental), presenta una variación alta que sobrepasa al dato de fabricante esto se debe que los fabricantes dan como rango una medida base para accesorios como se observa en la Figura 5.34.

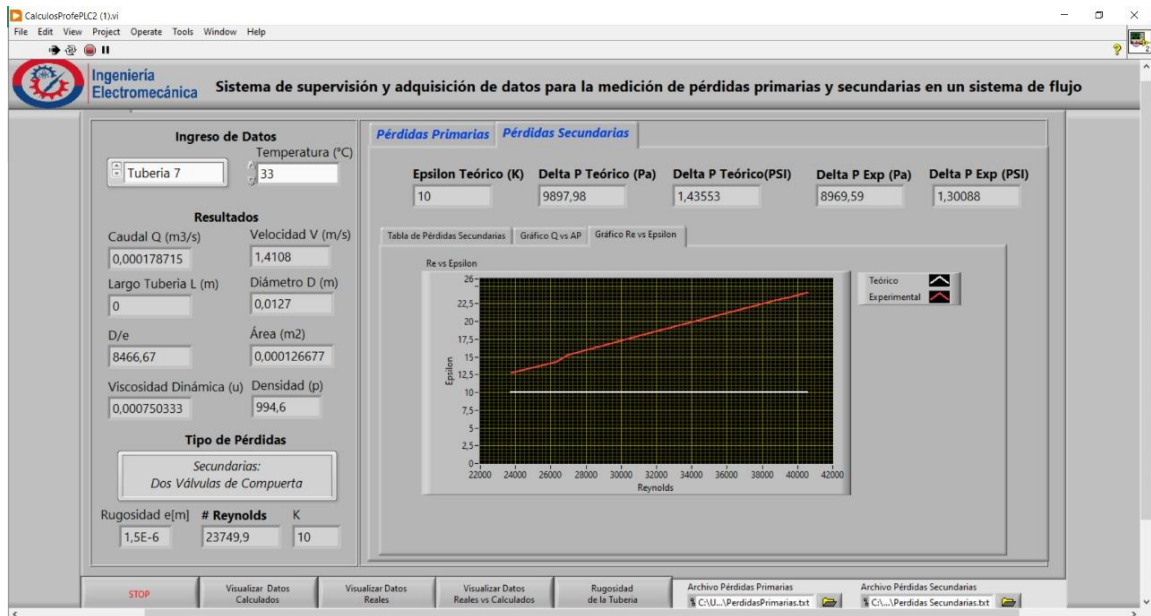


Figura 5.34. Curva en relación de Re y K en la tubería 7.

5.11 Impacto

El presente proyecto de investigación tiene un impacto de tipo social debido a que va dirigido a la comunidad de la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente a los estudiantes y docentes de ingenierías como: Hidráulica, Electromecánica e Industrial, ya que se pueden realizar prácticas, para calcular y verificar los resultados experimentado las pérdidas primarias en tuberías lisas y rugosas, y secundarias en accesorios.

5.12 Presupuesto

Tabla 5.1. Presupuesto

	RECURSOS	CANTIDAD	VALOR
Institucionales			
Entrega de PLC siemens 1200		1	-
Entrega de Caja metálica 30*30		1	-
Bomba 0.5 HP		1	-
Materiales			
Neplo perdido ½"		30	\$24,00
Neplo de 5cm de 1"		2	\$3,00
Unión de 1"		1	\$1,50
Unión ½"		8	\$6,00
Sellador		6	\$40,00
Teflón		10	\$10,00
Universales ½"		16	\$19,20
Tubo PVC ½"		1	\$12,00
Manguera Transparente ½"		3m	\$5,00
Tee ½"		11	\$13,20
Codos ½"		11	\$13,20
Pega tanque		6	\$48,00
Manguera de ¼"		20m	\$40,00
Válvula de compuerta ¾		1	\$4,00
Válvula de globo ½"		2	\$8,50
Válvula check ½"		1	\$4,00
Válvula de bola ½"		14	\$56,00
Acople rápido hembra de ¼"		32	\$96,00
Acople tubo a manguera de ½"		2	\$4,00
Abrazaderas 2"		2	\$1,60
Abrazaderas ½"		2	\$1,60
Rotámetro 10-70 LPM		1	\$50,00
Medidor de flujo GTLWGY		1	\$150,00
Transmisor de Presión XDB305		2	\$120,00
Manómetros		2	\$12,00
HMI SIMATIC KTP 400		1	\$350,00
Reducción de tubería de ¾" a ½"		6	\$18,00

Adaptador para tanque		1	\$4,00
Contactador de 12 Amperios		1	\$14,00
Pulsador tipo de Hongo		1	\$5,00
Pulsador Verde		1	\$3,50
Pulsador Rojo		1	\$3,50
Luz piloto verde		1	\$3,50
Luz piloto rojo		1	\$3,50
Termómetro		1	\$15,50
Balde plástico de 20 lt.		1	\$15,00
Tubo cuadrado galvanizado de 2"		2	\$80,00
Plancha de tol galvanizado de 1.20 mm		1	\$65,00
Abrazadera inoxidable para tubo de ¾"		19	\$114,00
Ruedas giratorias de 5" con freno		2	\$8,00
Ruedas giratorias de 5"		2	\$8,00
Cable flexible #14 negro		8m	\$6,00
Cable flexible #14 rojo		8m	\$6,00
Cable encauchado #14 x2		10m	\$25,00
Canaleta Eléctrica		3m	\$8,00
Terminales tipo U		30	\$7,50
Terminales tipo punta		30	\$7,50
Jack Banana Color Rojo		15	\$6,00
Jack Banana Color Negro		15	\$6,00
Pintura Automotriz Plomo		½ L	\$15,00
Pintura Automotriz Rojo		½ L	\$15,00
Aditivo plástico		1 L	\$10,00
Tiñer		2 L	\$3,00
Pintura Automotriz plateada		1 L	\$20,00
Aditivo Premier		1 L	\$10,00
Switch de internet		1	\$15,00
Cable De Red Utp RJ45		10m	\$20,00
Financiero			
Pasajes			\$100,00
Gasolina			\$150,00
Imprevistos			\$150,00
		Presupuesto Final:	\$1.963,30

6. CONCLUSIONES

- En el presente proyecto se cumplió el propósito de obtener los cálculos teóricos y experimentales en cada una de las tuberías de diferente diámetro encontrando los diferentes errores en las mediciones de las pérdidas primarias (tuberías) y pérdidas secundarias (accesorios), se dedujo que mientras menor sea el diámetro de la tubería mayores pérdidas se obtendrá y las mediciones de los sensores serían más exactos ya que las pérdidas serían más grandes.
- Para una mejor adquisición de datos se debe esperar 2 minutos máximo para que se estabilice el caudal y así poder visualizar en tiempo real la comparación de resultados de los valores experimentales con respecto a los resultados calculados.
- Los resultados calculados teóricamente y los resultados experimentales adquiridos deben dar un error del 10% entre el delta experimental con el delta calculado, en este margen de error se define que si los cálculos están correctos con los datos de los fabricantes en el caso de los accesorios y según sean los valores de las variables de medición.
- Al variar el caudal de salida en una tubería rugosa de pérdidas primarias que inicia en $0,00038474 \text{ m}^3/\text{s}$ comparando los resultados del delta experimental con el delta calculado da un error de 01%, se varía el caudal mientras más disminuye el fluido de salida el error va incrementando eso sucede hasta que el sensor no pueda medir más, porque queda en vacío y no circula más fluido.

7. RECOMENDACIONES

- Para tener mejores mediciones es recomendable utilizar sensores diferenciales dependiendo sea el caso de mediciones ya que estos sensores permiten la medición de las pérdidas entre la entrada y la salida con un solo sensor.
- Dejar que circule el agua por todas las tuberías unos 3 minutos para que salgan todas las burbujas que se forman en el sistema y mejorar la lectura de los valores en los sensores por ser un sistema turbulento.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. L. Laurencio-Alfonso, J. Falcón-Hernández, Y. Retirado-Mediaceja y Pérez-Maliuk, «Modelo para cálculo de pérdidas de presión en tuberías conductoras de petróleo pesado (11° API),» *Minería y Geología*, vol. 28, n° 3, pp. 70-86, 2012.
- [2] J. P. C. Fernández, «PROCEDIMIENTOS PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA MECÁNICA DE LOS FLUIDOS,» Library, Moa, 2015.
- [3] J. M. F. Oro, «Técnicas numéricas en ingeniería de fluidos: introducción a la dinámica de fluidos computacional (CFD) por el método de volúmenes finitos,» de *Técnicas numéricas en ingeniería de fluidos*, REVERTÉ, 2012.
- [4] G. F. Candía, «Falla en tuberías a presión por el flujo de fluidos,» Puebla, 2015.
- [5] C. E. Asto y C. A. Pereda, «Determinar las pérdidas de carga en tuberías de PVC y accesorios de diámetros de 1" y 1 1/2" mediante un banco de pruebas en flujo presurizado,» Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Perú, 2018.
- [6] P. J. P. Páez, «Modelación de Flujo Turbulento Hidráulicamente Liso en Tuberías Largas de PVC.,» Bogotá, 2013.
- [7] M. Silva y G. J. G. Yambombo, «Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de pérdidas de carga en tuberías y accesorios,» Quito, 2012.
- [8] B. Leyva-de-la-cruz, Y. Guillen-Campo y H. L. Laurencio-Alfonso, «Caracterización reológica de un lodo que se genera en el lavado de árido,» *Revista de Ingeniería Mecánica*, 2016.
- [9] A. Carpi, «Visionlearning,» 2002. [En línea]. Available: <https://www.visionlearning.com/es/library/Ciencias-Generales/3/Densidad/37>.
- [10] E. Coluccio, «Concepto,» Editorial Etecé, 15 07 2021. [En línea]. Available: <https://concepto.de/peso-especifico/>.
- [11] Y. Yambombo, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS,» de *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS*, Quito, 2012, p. 137.

- [12] C. C. A. JIMÉNEZ, «MECÁNICA DE FLUIDOS: HIDROSTÁTICA 1,» de MECÁNICA DE FLUIDOS: HIDROSTÁTICA 1, Costa Rica, 2017.
- [13] Y. D. D. Héctor Laurencio Alfonso, «PROPIEDADES REOLÓGICAS DE EMULSIONES DE PETRÓLEO PESADO EN AGUA,» Revista chilena de ingeniería, vol. 16, n° 1, pp. 244-249, 2008.
- [14] Y. D.-D. Héctor Laurencio-Alfonso, «Influencia de la temperatura en las propiedades reológicas de la emulsión de petróleo pesado,» Minería y geología. Revista digital científica tecnológica, vol. 24, n° 2 , 2008.
- [15] J. M. B. GRAÑO, «Mecánica de fluidos.,» Catalunya, 2011.
- [16] A. MARTÍN DOMINGO, « Apuntes de mecánica de fluidos.,» 2018.
- [17] I. R. MOTT, «Mecánica de Fluidos Aplicada. Obtenido de slideshare,» 2013. [En línea]. Available: <https://es..net/cabobunbury10/mecnica-de-fluidos-aplicadas-6-ed-robert-lmott>.
- [18] C. A. DUARTE y J. R. NIÑO, «Introducción a la mecánica de fluidos.,» de Introducción a la mecánica de fluidos., Colombia, 2004.
- [19] L. E. M. Y. DÍAZ y L. G. RÍOS, «Construcción y puesta en marcha de un banco de cavitación para bombas centrífugas pequeñas.,» de Construcción y puesta en marcha de un banco de cavitación para bombas centrífugas pequeñas., 2006.
- [20] E. A. García-Rodríguez, «Sistema de sedimentación para la recuperación de aguas residuales del proceso de lavado de áridos en la UEB del Jobo,» Ciencia y Futuro La revista científica Estudiantil del ISMM, vol. 4, n° 4, 2014.
- [21] P. Bergamelli, «Ingelyt,» 16 12 2015. [En línea]. Available: <https://ingelyt.com/blog/autor/consuelo-sanchez/>.
- [22] S. Robles, «Slideshare,» 10 05 2018. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/SusanRoblesMendoza/flujo-laminar-y-flujo-turbulento>.
- [23] E. Analuisa, «Implementación de un módulo de fluido hidráulico,» Latacunga, 2017.

- [24] H. L. L.-A. R.-G. R.-M. T.-T. Amauris Gilbert-Hernández, «Selección del espesor de aislamiento,» *Minería y Geología*, vol. 30, n° 1, pp. 62-79, 2014.
- [25] Sodimac, «Homecenter,» 09 06 2020. [En línea]. Available: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/guias-de-compra/potencia-para-sistemas-hidraulicos-con-bombas-perifericas/>.
- [26] R. Solorzano, «Hydraulics & Pneumatics,» 13 06 2016. [En línea]. Available: <https://www.hydraulicspneumatics.com/hp-en-espanol/article/21886592/cavitacin-en-un-sistema-hidrulico>.
- [27] A. F. PALMSTROM, «Enabling flexible all-perovskite tandem solar cells,» *Joule*, 2019.
- [28] Quima, «Quima,» 16 01 2019. [En línea]. Available: <https://quima.com/blogs/blog/conoce-mas-acerca-de-las-valvulas-de-bola>.
- [29] Plastigama, «Plastigama,» [En línea]. Available: <https://plastigamawavin.com/producto/linea-de-complementos/valvula-de-bola-pvc-cunion-universal-ec-20-a-110-mm-2/>. [Último acceso: 16 1 2022].
- [30] Siemens, «Siemens,» [En línea]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-basic-modules.html#BasicModuleswithdisplay>. [Último acceso: 10 12 2021].
- [31] «Masvoltaje,» [En línea]. Available: <https://masvoltaje.com/siemens-sitop-fuentes-de-alimentacion-logo/1089-mini-logo-power-24v-entrada-120-230-v-ac-salida-24-v-dc-25-a-led-de-senalizacion-4025515152774.html>. [Último acceso: 11 12 2021].
- [32] Siemens, «Siemens,» [En línea]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>. [Último acceso: 10 12 2021].
- [33] Automation24, «Panel Siemens KTP400 Basic,» [En línea]. Available: <https://www.automation24.biz/simatic-basic-panel-siemens-ktp400-basic-pn-6av2123-2db03-0ax0>. [Último acceso: 15 11 2021].

- [34] «AliExpress,» [En línea]. Available: <https://es.aliexpress.com/i/4000458750048.html>. [Último acceso: 18 12 2021].
- [35] «AliExpress,» [En línea]. Available: https://es.aliexpress.com/item/1005001905067337.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.2d8e5c98rFPSFy&algo_pvid=e49acf07-f40c-44c9-b56f-6babdbc06da6&aem_p4p_detail=202201180712438651796763076940008750390&algo_exp_id=e49acf07-f40c-44c9-b56f-6babdbc06da6-0&pdp_ext_. [Último acceso: 19 12 2021].
- [36] «AliExpress,» [En línea]. Available: https://es.aliexpress.com/item/4000707170180.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.49c25137QzX4Eq&algo_pvid=ae9daea6-53e2-4692-889e-5531defdb5cb&algo_exp_id=ae9daea6-53e2-4692-889e-5531defdb5cb-0&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000006213127955%22%7D. [Último acceso: 20 12 2021].
- [37] R. Mott, *Mecánica de Fluidos*, Dayton, 1996.
- [38] Schaum, *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*, Schaum Publishing Company, 2015, p. 280.
- [39] R. SALCEDO y I. MARTÍN, «Mecánica de Fluidos: Flujo Interno de fluidos,» de *Mecánica de Fluidos: Flujo Interno de fluidos*, Alicante, España, 2011.
- [40] M. Fernández, «Aerodinámica,» 07 10 2019. [En línea]. Available: <https://www.aerodinamicaf1.com/2019/10/flujo-laminar-y-turbulento/>.
- [41] «AliExpress,» [En línea]. Available: https://es.aliexpress.com/item/4000128019142.html?spm=a2g0o.search0307.0.0.17677a9fXsceM0&algo_pvid=2a58de30-f92f-47b1-a193-4e4c4a9c604d&algo_exp_id=2a58de30-f92f-47b1-a193-4e4c4a9c604d-0. [Último acceso: 2021 12 2021].
- [42] E. Analuisa, «IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE FLUIDO,» Latacunga, 2017, p. 90.

- [43] J. F.-H. Y. R.-M. O. P.-M. Héctor Luis Laurencio-Alfonso, «Modelo para cálculo de pérdidas de presión en tuberías conductoras de petróleo pesado (11° API),» Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, vol. 28, n° 3, pp. 70-86, 2012.
- [44] D. A. Zapata, «DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA,» Piura, 2013.
- [45] H. L. L.-A. R.-G. R.-M. Amauris Gilbert-Hernández.

9. ANEXOS

Anexo A: Tabla de especificaciones del agua según su temperatura.

Temperatura T (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Módulo elasticidad K·10 ⁻⁹ (N/m ²)	Viscosidad dinámica μ ·10 ³ (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática ν ·10 ⁶ (m ² /s)	Tensión superficial σ (N/m)	Presión de vapor P _v kPa
0	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0756	0,61
5	1000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	999,1	2,15	1,139	1,140	0,0735	1,70
20	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	997,0	2,22	0,890	0,893	0,0720	3,17
30	995,7	2,25	0,798	0,800	0,0712	4,24
40	992,2	2,28	0,653	0,658	0,0696	7,38
50	988,0	2,29	0,547	0,553	0,0679	12,33
60	983,2	2,28	0,466	0,474	0,0662	19,92
70	977,8	2,25	0,404	0,413	0,0644	31,16
80	971,8	2,20	0,354	0,364	0,0626	47,34
90	965,3	2,14	0,315	0,326	0,0608	70,10
100	958,4	2,07	0,282	0,294	0,0589	101,33

Anexo B: Gráficas de resultados teóricos y experimentales en las diferentes tuberías.

Tubería 1

Tabla 4.14. Cálculos teóricos y experimentales en la Tubería 1.

N-	Q[m ³ /s]	V[m/s]	Re	(λ)	ΔP [Pa]	ΔP_{exp} [Pa]	Error	(λ) _{exp}
1	0,00038474	3,0372	41894,2894	0,022	7108,4897	7034,1102	0,0105	0,0218
2	0,00038113	3,0086	41762,1783	0,0221	6984,5545	6908,81	0,0108	0,0217
3	0,00036426	2,8755	40163,6032	0,0222	6429,1088	6349,1856	0,0124	0,022
4	0,00034739	2,7423	38541,7346	0,0224	5899,6421	5815,7767	0,0142	0,0221
5	0,00033052	2,6092	36821,2063	0,0227	5394,0188	5306,492	0,0162	0,0223
6	0,00030884	2,438	34616,5785	0,023	4773,7022	4681,2787	0,0194	0,0225
7	0,00029317	2,3143	32994,686	0,0232	4347,8248	4251,9494	0,0221	0,0227
8	0,00027149	2,1431	30553,9844	0,0237	3797,3005	3663,2561	0,0267	0,0228
9	0,00025703	2,029	29102,6057	0,0239	3437,8019	3334,6918	0,03	0,0232
10	0,00024859	1,9624	28260,9684	0,0241	3237,4211	3132,7466	0,0323	0,0233
11	0,00022811	1,8007	25932,519	0,0245	2780,6573	2672,196	0,039	0,0236
12	0,0002004	1,582	22919,2227	0,0253	2209,1809	2095,6782	0,0514	0,024
13	0,00018353	1,4488	21031,9522	0,0258	1891,356	1775,0781	0,0615	0,0242

14	0,00017631	1,3918	20243,7135	0,026	1764,3517	1646,62	0,0667	0,024
15	0,00015944	1,2586	18379,5731	0,0267	1474,7871	1354,336	0,0817	0,0245
16	0,00014378	1,135	16639,4991	0,0273	1229,1167	1106,2431	0,1	0,0246
17	0,00011486	0,9067	13319,1586	0,0289	830,0458	703,086	0,153	0,0245
18	0,00009679	0,764	11267,5599	0,0302	615,7413	485,812	0,211	0,0238

Figura B.1. Adquisición de datos de varias mediciones en diferentes caudales y temperaturas en la tubería 1.

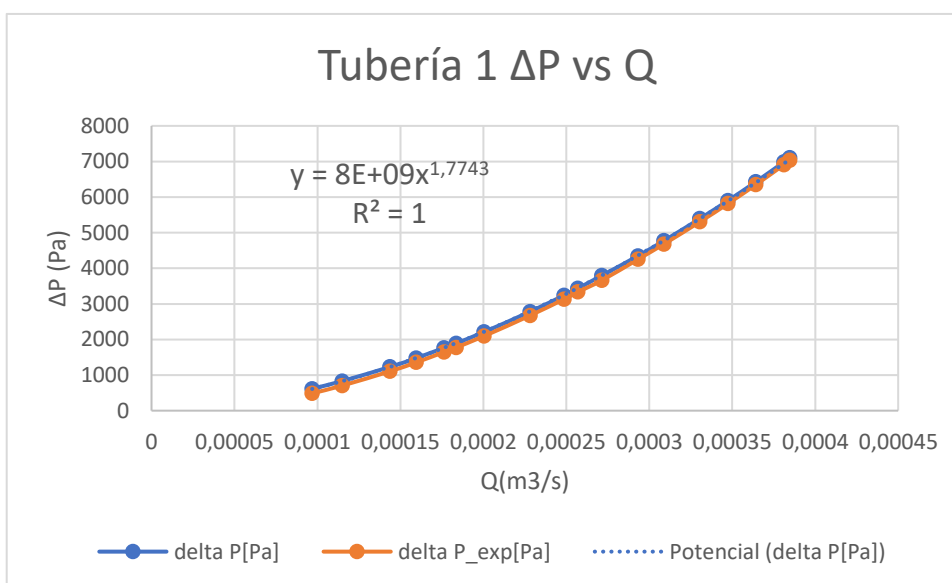


Figura B.2. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 1.

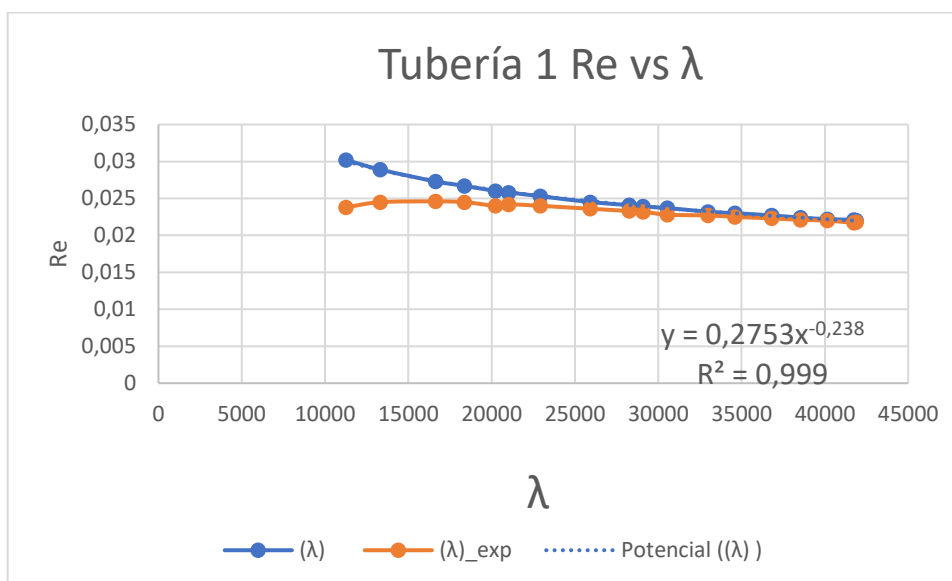


Figura B.3. Curva en relación de Re y λ en la tubería 1.

Tubería 2

N-	Q[m3/s]	V[m/s]	Re	(λ)	ΔP[Pa]	ΔP_exp[Pa]	Error	(λ)_exp
1	0,00036185	2,8565	42948,6549	0,0219	9757,3348	9694,5153	0,0064	0,0218
2	0,0003486	2,7518	41534,3959	0,0221	9120,4707	9053,0414	0,0074	0,0219
3	0,00033293	2,6282	39819,8862	0,0223	8394,9278	8322,436	0,0086	0,0221
4	0,00030884	2,438	37078,5767	0,0226	7336,56	7256,7846	0,0109	0,0224
5	0,00029679	2,3429	35699,7009	0,0228	6831,8728	6748,3677	0,0122	0,0225
6	0,00027872	2,2002	33652,8632	0,0231	6104,313	6015,7293	0,0145	0,0228
7	0,00025944	2,048	31325,2867	0,0235	5374,8652	5280,9478	0,0175	0,0231
8	0,00024619	1,9434	30005,7006	0,0237	4886,4728	4789,3567	0,0199	0,0233
9	0,00022811	1,8007	27959,1008	0,0241	4263,3275	4156,9954	0,0238	0,0235
10	0,00021486	1,6961	26383,7433	0,0244	3833,2451	3728,7963	0,0272	0,0238
11	0,00019438	1,5344	23868,6577	0,025	3211,6773	3097,7625	0,0341	0,0241
12	0,00017631	1,3918	21850,7232	0,0256	2697,8639	2584,4074	0,0421	0,0245
13	0,00015944	1,2586	19796,6431	0,0262	2259,4184	2142,5839	0,0517	0,0248
14	0,00014859	1,173	18484,2228	0,0266	1995,6477	1877,0074	0,0594	0,025
15	0,00013173	1,0399	16476,3464	0,0274	1613,4871	1491,2372	0,0758	0,0253
16	0,00010763	0,8496	13486,9951	0,0288	1133,3277	1007,1058	0,1114	0,0256
17	0,00010643	0,8401	13384,716	0,0289	1110,2082	983,8825	0,1138	0,0256

Figura B.4. Adquisición de datos de varias mediciones en diferentes caudales y temperaturas en la tubería 2.

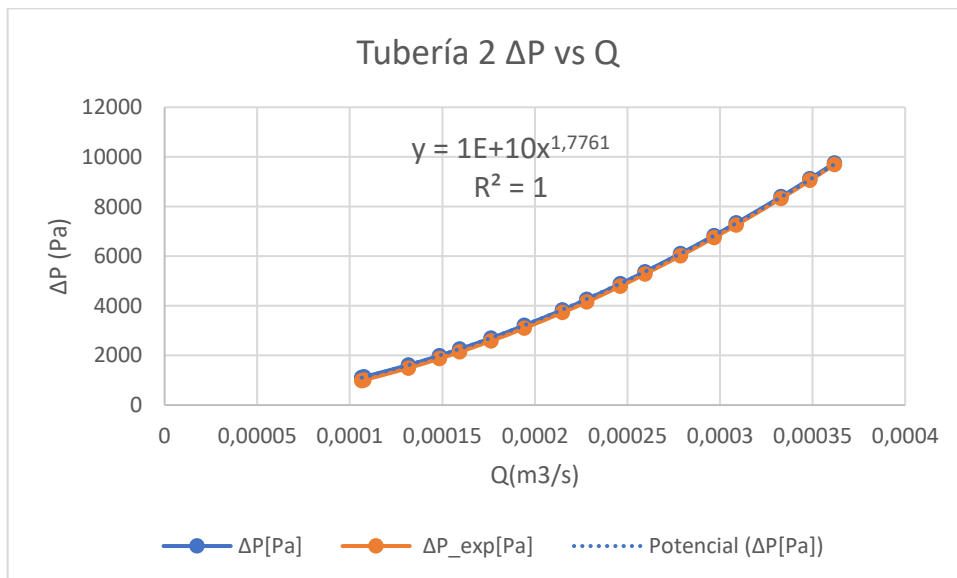


Figura B.5. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 2.

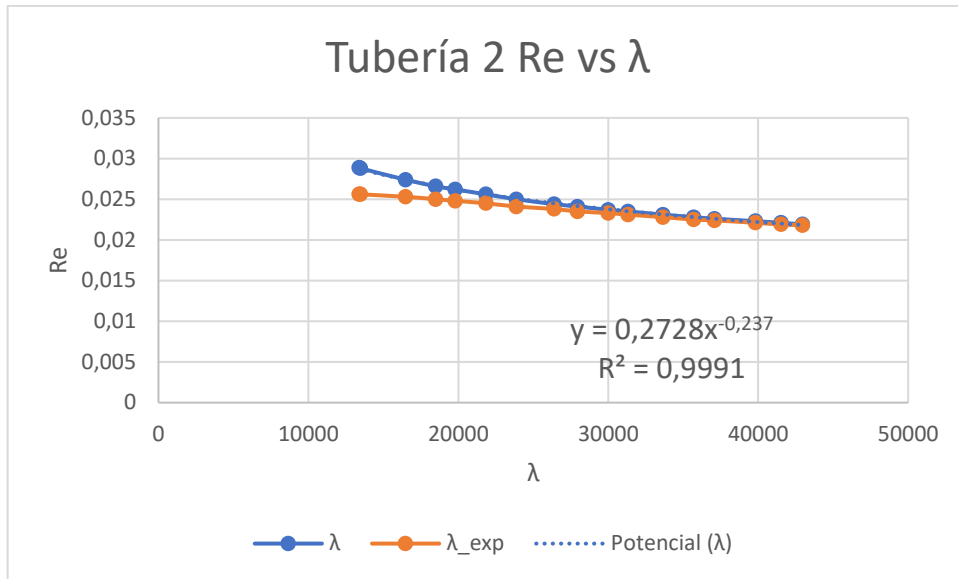


Figura B.6. Curva en relación de Re y λ en la tubería 2.

Tubería 3

N-	Q[m ³ /s]	V[m/s]	Re	(λ)	ΔP [Pa]	ΔP_{exp} [Pa]	Error	(λ_{exp})
1	0,00038956	1,3668	32662,0737	0,0232	983,5426	953,4458	0,0306	0,0225
2	0,00037872	1,3287	31868,4998	0,0233	934,7345	903,58	0,0333	0,0225
3	0,00036426	1,278	30763,1065	0,0235	871,7121	839,0787	0,0374	0,0226
4	0,00034619	1,2146	29236,8207	0,0238	796,6737	762,481	0,0429	0,0227
5	0,00032691	1,147	27708,6569	0,0241	719,3139	683,3148	0,05	0,0229
6	0,00030763	1,0793	26168,7648	0,0244	645,5532	607,9803	0,0582	0,023
7	0,00029558	1,037	25189,0752	0,0246	601,362	562,7701	0,0642	0,023
8	0,00027751	0,9736	23733,8828	0,025	537,6084	497,5139	0,0746	0,0231
9	0,00025703	0,9018	22060,862	0,0254	469,3319	427,673	0,0888	0,0231
10	0,00023896	0,8384	20509,7085	0,0259	412,9087	370,0032	0,1039	0,0232
11	0,0002257	0,7919	19441,3332	0,0262	373,2224	329,3455	0,1176	0,0231
12	0,00020884	0,7327	18020,4233	0,0267	325,5783	280,5091	0,1384	0,023
13	0,00018594	0,6524	16073,61	0,0275	265,6275	219,0552	0,1753	0,0227
14	0,0001739	0,6101	15085,4626	0,0279	236,0877	188,7206	0,2006	0,0223
15	0,00016064	0,5636	13960,4117	0,0285	205,5235	157,219	0,235	0,0218
16	0,00014257	0,5002	12411,7506	0,0294	166,9201	117,4684	0,2963	0,0207
17	0,00012932	0,4537	11277,8392	0,0301	140,8569	90,6886	0,3562	0,0194

Figura B.7. Adquisición de datos de varias mediciones en diferentes caudales y temperaturas en la tubería 3.

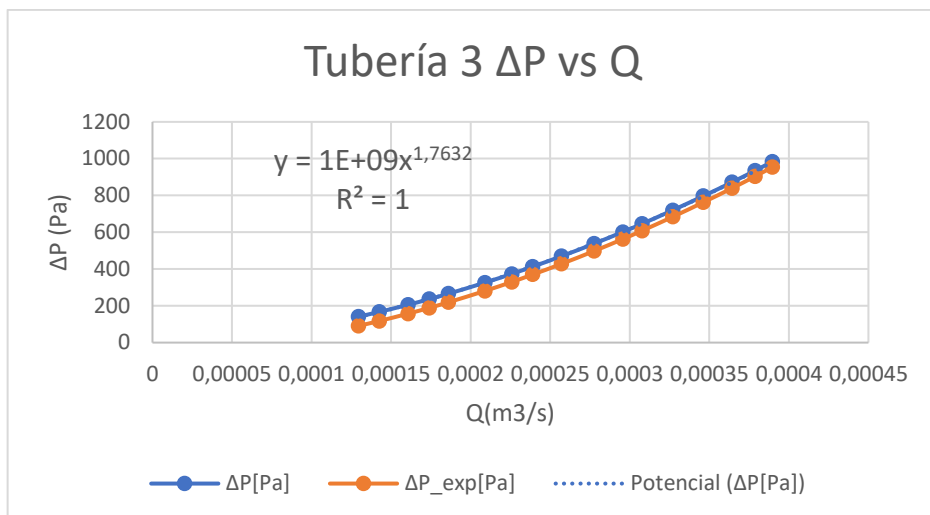


Figura B.8. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 3.

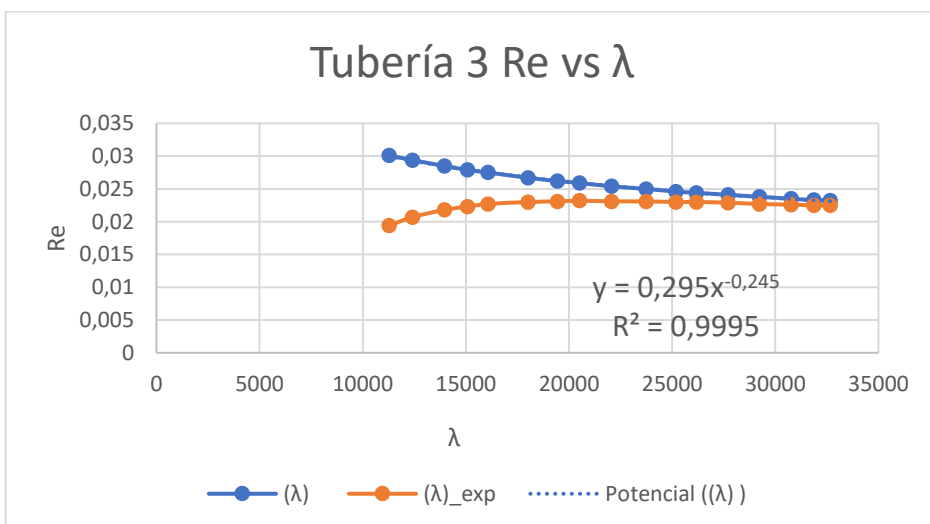


Figura B.9. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 3.

Tubería 4

N-	Q[m3/s]	V[m/s]	Re	K	ΔP [Pa]	ΔP_{exp} [Pa]	Error	K_exp
1	0,00036305	2,866	52579,8015	5,1	20794,1023	20474,4613	0,0154	14,3918
2	0,00035462	2,7994	38045,9363	5,1	19938,1405	19604,4895	0,0167	14,038
3	0,00034739	2,7423	37429,6259	5,1	19132,6768	18786,1496	0,0181	13,7326
4	0,00034498	2,7233	37328,0422	5,1	18867,3071	18517,1118	0,0186	13,6311
5	0,00034016	2,6853	37040,1501	5,1	18342,573	17986,7321	0,0194	13,4292
6	0,00033896	2,6758	36908,9551	5,1	18212,8655	17855,0617	0,0196	13,3783
7	0,00032209	2,5426	35366,8386	5,1	16443,7683	16061,29	0,0233	12,6657
8	0,00031245	2,4665	34308,4758	5,1	15474,325	15076,3757	0,0257	12,2558

9	0,00029558	2,3334	32456,3503	5,1	13848,6753	13427,5677	0,0304	11,5383
10	0,00027751	2,1907	30471,9248	5,1	12206,9915	11758,6542	0,0367	10,7622
11	0,00026064	2,0575	28619,7961	5,1	10768,1709	10296,7749	0,0438	10,0341
12	0,0002245	1,7722	25112,2163	5,1	7986,9644	7471,525	0,0645	8,4551
13	0,00018835	1,4869	21069,1052	5,1	5622,1684	5065,4821	0,099	6,8323
14	0,00016305	1,2872	18238,927	5,1	4213,1821	3628,9696	0,1387	5,6543
15	0,00013775	1,0874	15408,7487	5,1	3007,0899	2399,4072	0,2021	4,4255

Figura B.10. Adquisición de datos de varias mediciones en diferentes caudales y temperaturas en la tubería 4.

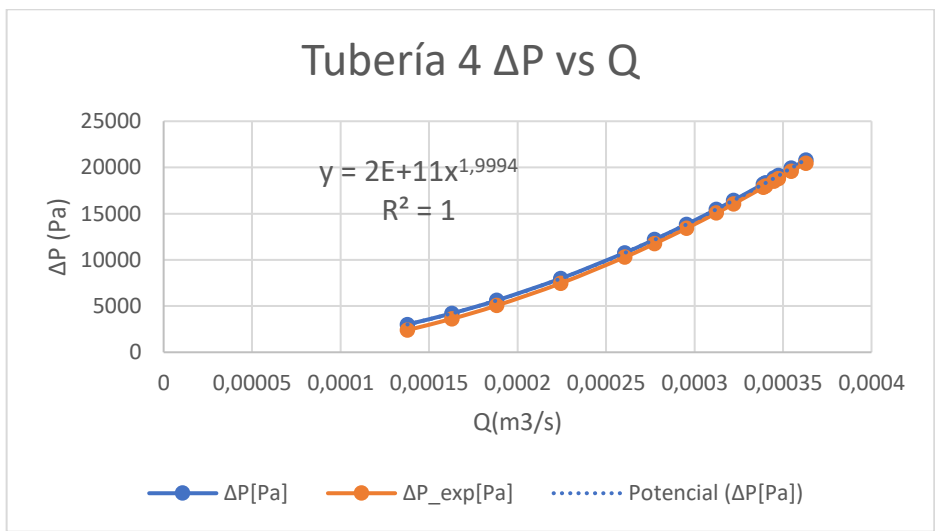


Figura B.11. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 4.

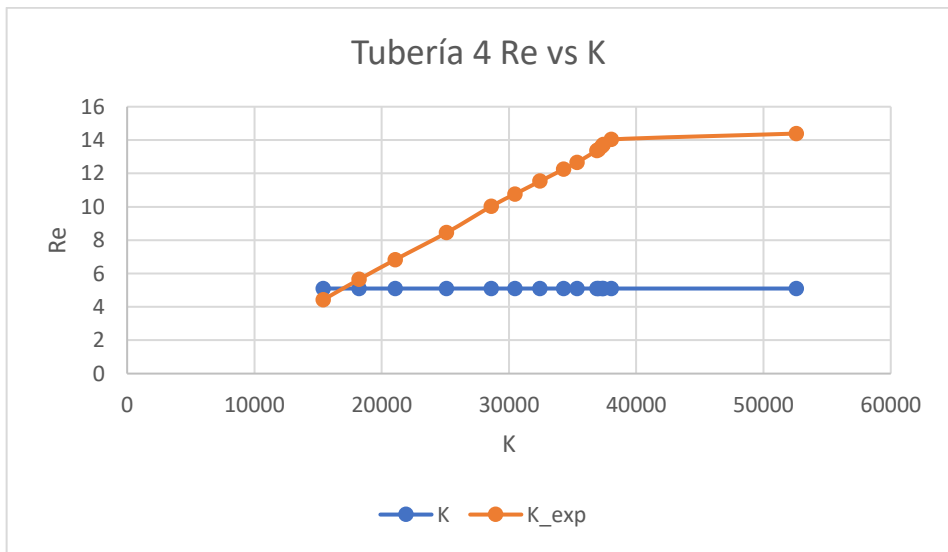


Figura B.12. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 4.

Tubería 5

N°	Q[m3/s]	V[m/s]	Re	K	ΔP[Pa]	ΔP_exp[Pa]	Error	K_exp
1	0,00038594	0,7617	27582,1262	0,2	57,6131	55,812	0,0313	0,1476
2	0,00037872	0,7474	27065,4999	0,2	55,4751	53,6211	0,0334	0,1445
3	0,00035823	0,707	25601,7223	0,2	49,6369	47,6456	0,0401	0,1357
4	0,00034498	0,6808	24654,5732	0,2	46,0321	43,9677	0,0448	0,1301
5	0,00033775	0,6666	24177,8393	0,2	44,1215	42,0081	0,0479	0,1269
6	0,00032811	0,6475	23681,9797	0,2	41,6313	39,4599	0,0522	0,1228
7	0,00031606	0,6238	22924,8464	0,2	38,6257	36,3889	0,0579	0,1175
8	0,00030884	0,6095	22400,5173	0,2	36,879	34,6018	0,0617	0,1144
9	0,00029679	0,5857	21561,8806	0,2	34,0564	31,7086	0,0689	0,1091
10	0,00028353	0,5596	20700,1736	0,2	31,0792	28,6547	0,078	0,1032
11	0,00027149	0,5358	19885,2236	0,2	28,4918	26,0207	0,0867	0,0979
12	0,00025944	0,512	19002,7444	0,2	26,019	23,4812	0,0975	0,0924
13	0,00024859	0,4906	18267,7975	0,2	23,8877	21,2906	0,1087	0,0875
14	0,00023173	0,4573	17028,3024	0,2	20,756	18,0915	0,1284	0,0797
15	0,00020763	0,4098	15331,9883	0,2	16,6618	13,8905	0,1663	0,0683
16	0,00019799	0,3907	14620,2526	0,2	15,1508	12,3467	0,1851	0,0637

Figura B.13. Adquisición de datos de varias mediciones en diferentes caudales y temperaturas en la tubería 5.

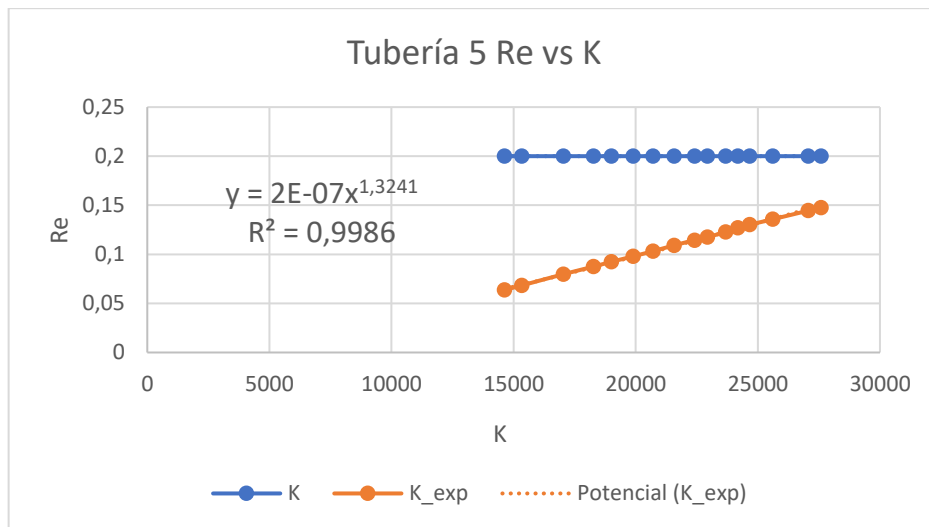


Figura B.14. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 5.

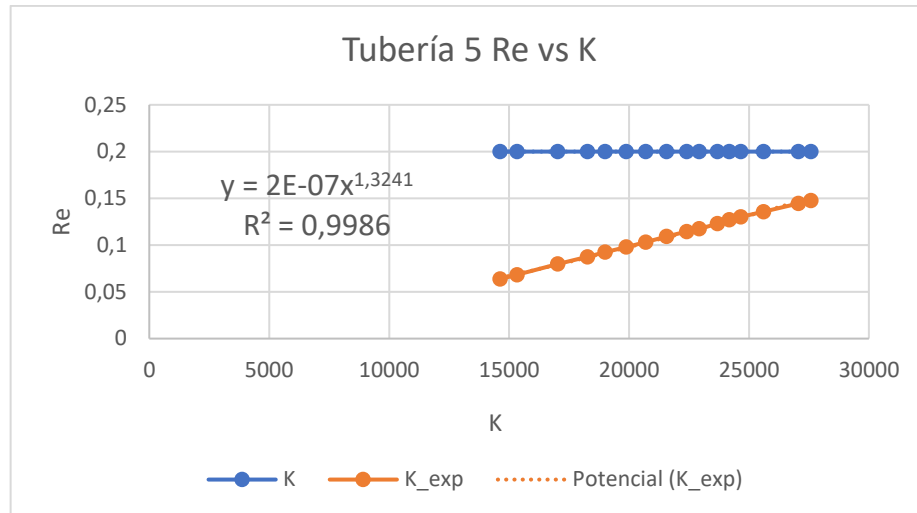


Figura B.15. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 5.

Tubería 6

N-	Q[m3/s]	V[m/s]	Re	K	ΔP [Pa]	ΔP_{exp} [Pa]	Error	K_exp
1	0,00037631	2,9706	54856,8088	1,25	5474,6418	5406,0975	0,0125	3,6668
2	0,00036546	2,885	53450,0696	1,25	5163,2812	5091,7182	0,0139	3,5563
3	0,00035823	2,8279	52478,1659	1,25	4960,8475	4887,0515	0,0149	3,4823
4	0,0003486	2,7518	51149,3031	1,25	4697,3047	4620,7466	0,0163	3,3837
5	0,00033775	2,6662	49719,4521	1,25	4409,2774	4330,2065	0,0179	3,273
6	0,00032932	2,5997	48556,6086	1,25	4191,6612	4110,1178	0,0195	3,1864
7	0,00031727	2,5046	46855,9798	1,25	3890,4119	3805,7673	0,0218	3,0626
8	0,00030884	2,438	45758,221	1,25	3686,0385	3599,1967	0,0236	2,9757
9	0,00029558	2,3334	44044,1961	1,25	3403,917	3314,2965	0,0263	2,8515
10	0,00027872	2,2002	41429,0052	1,25	3001,8699	2908,0737	0,0312	2,6643
11	0,00026787	2,1146	40010,0587	1,25	2772,5074	2676,0772	0,0348	2,5513
12	0,00025823	2,0385	38570,4201	1,25	2576,5767	2477,9705	0,0383	2,4506
13	0,00024378	1,9244	36528,1522	1,25	2295,9568	2194,3134	0,0443	2,299
14	0,00023173	1,8293	34778,5699	1,25	2074,5341	1970,6066	0,0501	2,172
15	0,00022329	1,7627	33620,3701	1,25	1926,1208	1820,3797	0,0549	2,0824
16	0,00021125	1,6676	31806,3216	1,25	1723,8737	1615,4706	0,0629	1,9534
17	0,00017751	1,4013	26588,0942	1,25	1200,7304	1085,6076	0,0959	1,5729

Figura B.16. Adquisición de datos de varias mediciones en diferentes caudales y temperaturas en la tubería 6.

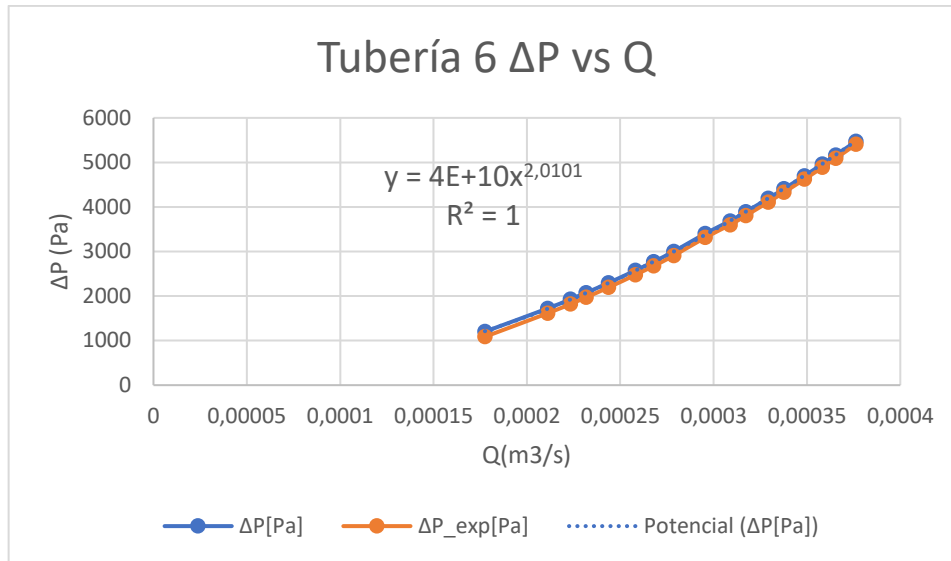


Figura B.17. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 6.

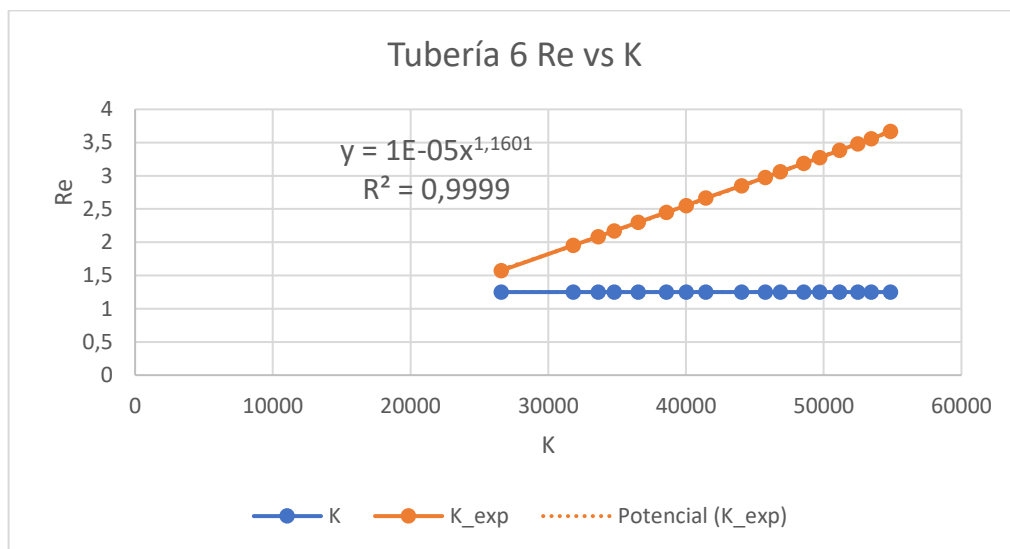


Figura B.18. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 6.

Tubería 7

N-	Q[m³/s]	V[m/s]	Re	K	ΔP [Pa]	ΔP_{exp} [Pa]	Error	K_exp
1	0,00033414	2,6377	49667,0473	10	34515,1308	34451,7498	0,0018	26,3287
2	0,00032811	2,5902	48771,6068	10	33281,8124	33216,3856	0,002	25,8507
3	0,00030522	2,4094	45368,9355	10	28799,8364	28726,4016	0,0025	24,0331
4	0,00029438	2,3239	43757,1453	10	26789,8821	26712,5931	0,0029	23,1715

5	0,00028594	2,2573	42709,3909	10	25273,8311	25193,7746	0,0032	22,5012
6	0,0002739	2,1622	40975,6535	10	23187,9553	23103,9023	0,0036	21,5433
7	0,00026426	2,0861	39533,6944	10	21584,6732	21497,9774	0,004	20,777
8	0,0002498	1,9719	37490,935	10	19285,8896	19194,9137	0,0047	19,6264
9	0,00021727	1,7151	32818,164	10	14587,5837	14487,8266	0,0068	17,2249
10	0,00020402	1,6105	30816,3164	10	12862,2293	12758,6821	0,0081	15,9756
11	0,00019317	1,5249	29271,7656	10	11530,3827	11424,6491	0,0092	15,1094
12	0,00018715	1,4774	28404,1783	10	10822,0037	10714,361	0,0099	14,6268
13	0,00017751	1,4013	26984,256	10	9735,5978	9625,4514	0,0113	13,8543
14	0,00015582	1,2301	23763,0331	10	7501,4637	7386,2731	0,0154	12,112
15	0,00014619	1,154	22328,6049	10	6601,8774	6484,5757	0,0178	11,335
16	0,00013896	1,0969	21258,1658	10	5964,843	5846,3161	0,0199	10,7514
17	0,00012811	1,0113	19630,4036	10	5070,0262	4949,4086	0,0238	9,8727

Figura B.19. Adquisición de datos de varias mediciones en diferentes caudales y temperaturas en la tubería 7.

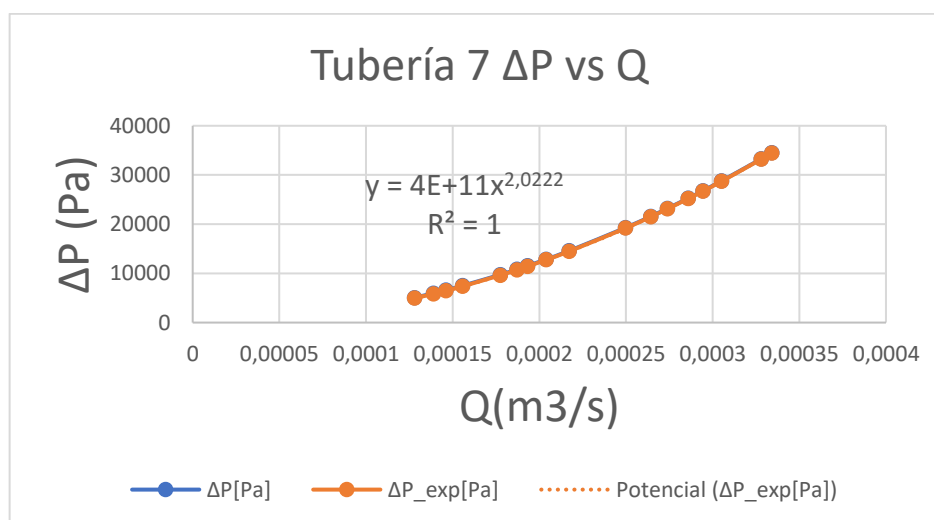


Figura B.20. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 7.

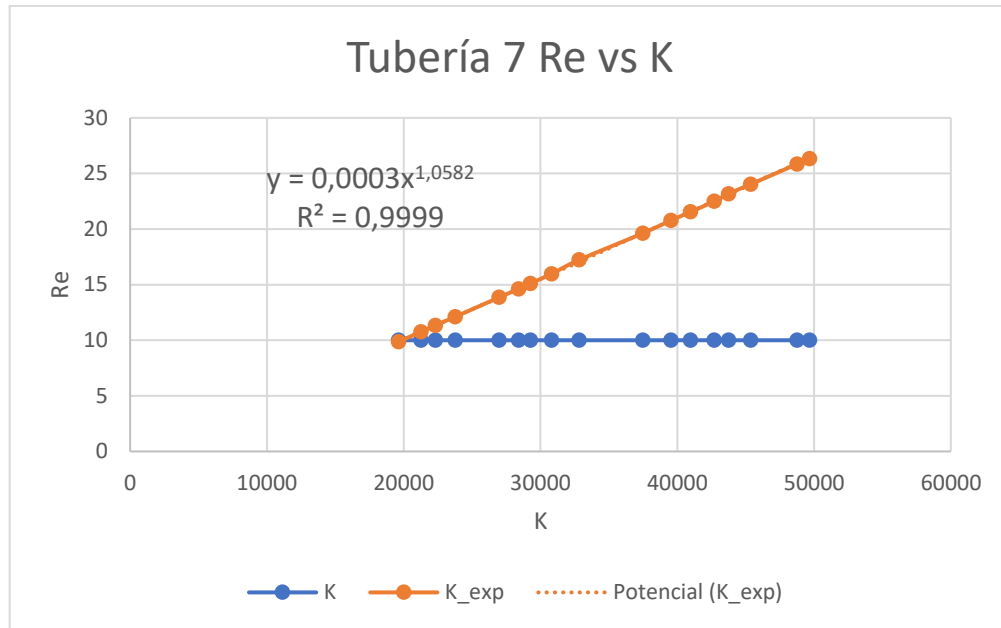


Figura B.21. Curva en relación de ΔP y Q en la tubería 7.

Anexo C: Verificación de tipos de llaves



a)Obturador tipo globo

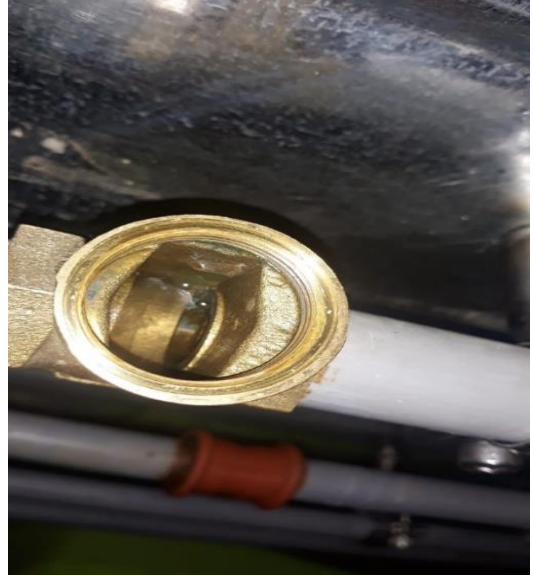


b)Cuerpo de la válvula

Figura C.1. Llave de globo.



a) Obturador tipo compuerta



b) Cuerpo de la válvula

Figura C.2. Llave de compuerta.



Figura C.3. Llave de bola universal

Anexo D: Diseño de estructura

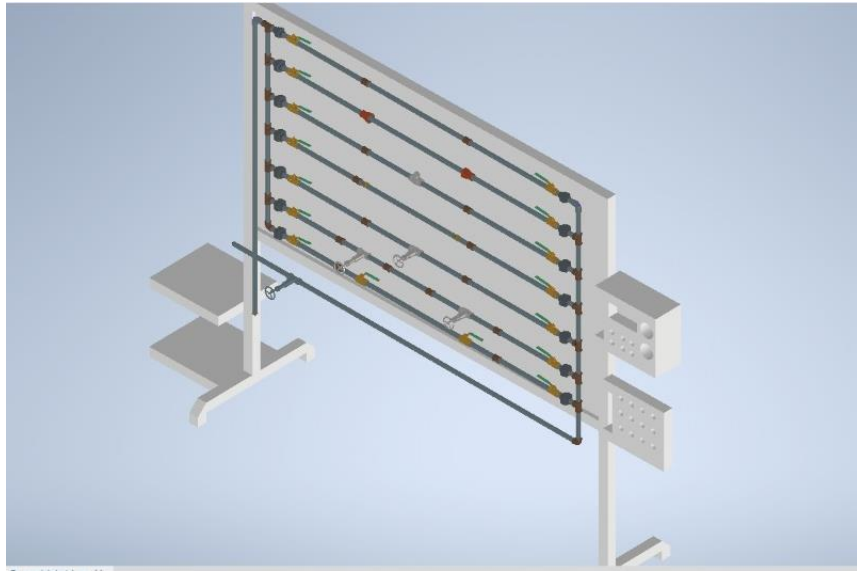


Figura D.1: Diseño de estructura y tuberías en software Autodesk inventor.

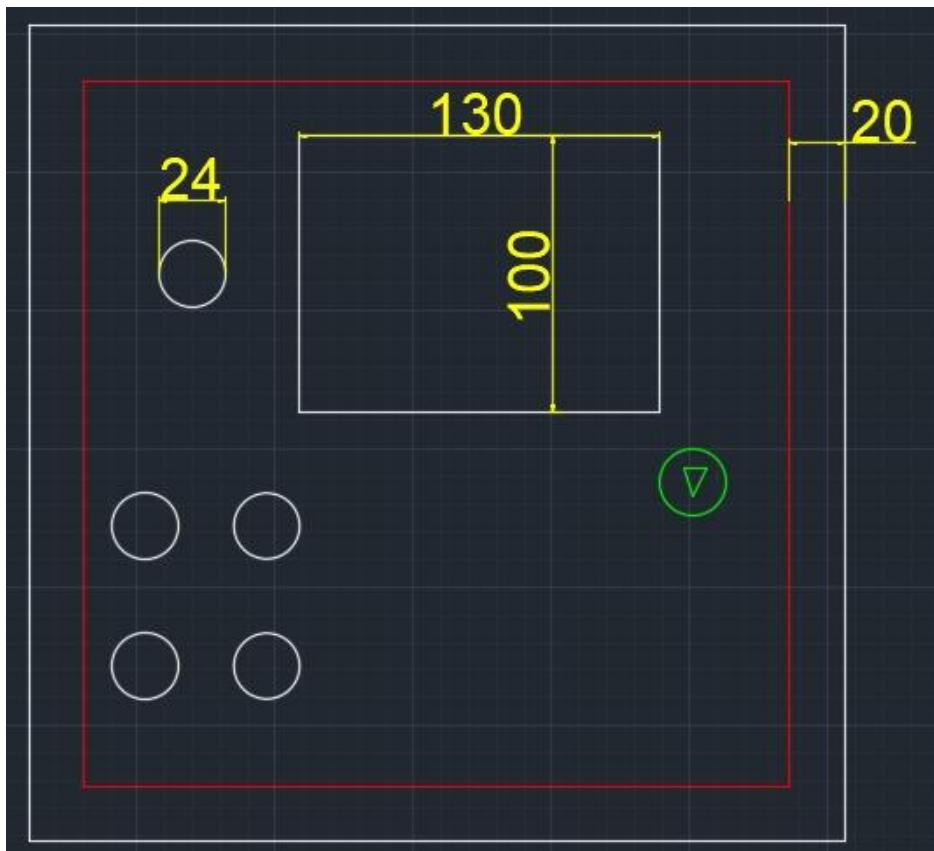


Figura D.2: Diseño de botonera para caja con pantalla KTP 400.

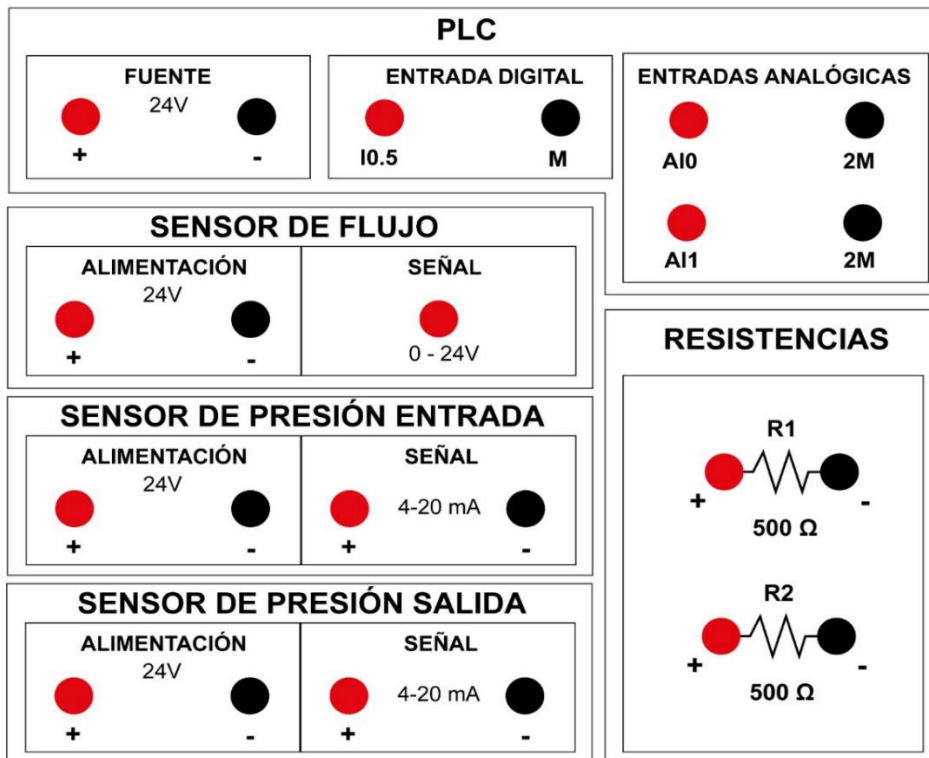


Figura D.2: Diseño de módulo de entradas del PLC y salidas de sensores.

Anexo E: Construcción de estructura



Figura E.1. Implementación de soporte para tuberías.



Figura E.2. Acople de ruedas en el soporte para tuberías.



Figura E.3. Conexión de 7 tramos de diferentes diámetros de tuberías con sus respectivos accesorios y acoples.



Figura E.4. Ensamble de tuberías y estructura.



Figura E.5. Instalación de bomba de agua y tanque de retorno.



Figura E.6. Instalación de puntos de presión a medir para respectivas pruebas.



Figura E.7. Instalación de botones y pantalla en caja.

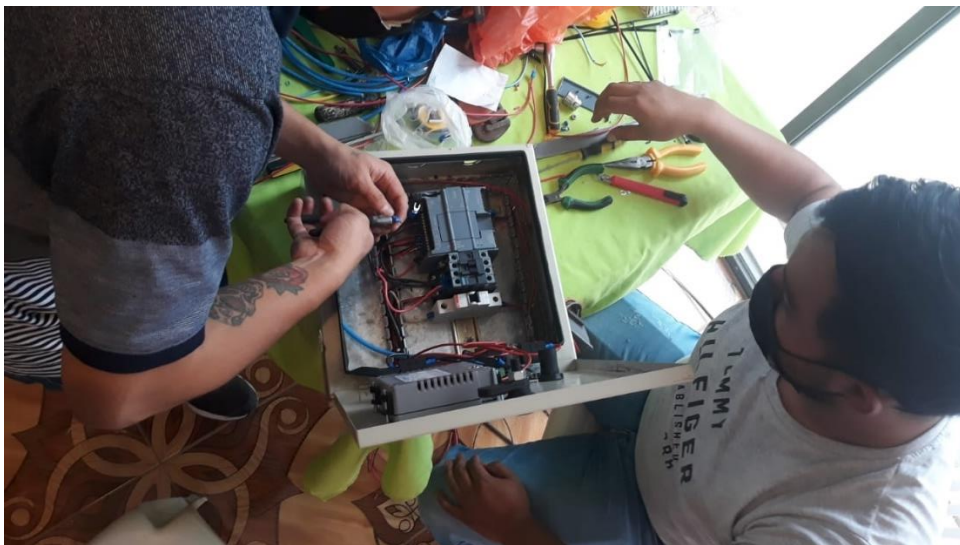



Figura E.8. Instalación eléctrica.



Figura E.9. Pruebas finales del sistema de supervisión y adquisición de datos.

ANEXO F	GUÍA 1 Pérdidas de carga primarias	1 de 1
------------	------------------------------------	--------

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
	PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE FLUIDOS Y SISTEMAS TÉRMICOS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
J. BELAÑO C. LASCANO	H. LAURENCIO	J. VILLARROEL
FECHA:25-02-2022	FECHA:25-02-2022	FECHA:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		FLUIDOS

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:		DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Pérdidas de carga primarias	3

1	OBJETIVO
	Determinar las pérdidas primarias que existen en un sistema de flujo para análisis y comparación de valores experimentales con los teóricos.
	2.1. INTRODUCCIÓN

Pérdidas primarias

Se producen cuando el fluido se pone en contacto con la superficie de la tubería. Esto provoca que se rocen unas capas con otras (flujo laminar) o de partículas de fluidos entre sí (flujo turbulento).

Operación del sistema de flujo

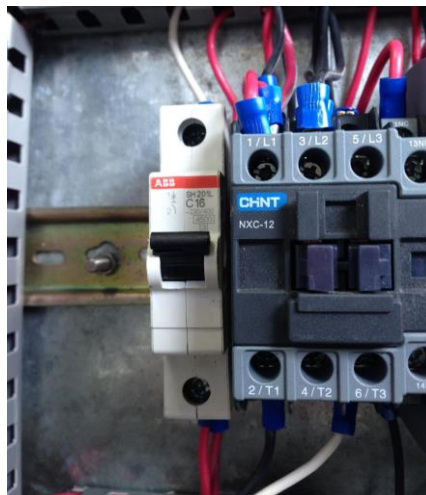
En el presente documento se detalla el procedimiento para operar el sistema de flujo de una manera correcta.

1. Energizar los sistemas eléctricos

En este punto es necesario conectar el cable que alimenta los sistemas eléctricos a un Tomacorriente de 110 V monofásico.



Luego se procede a accionar el interruptor termomagnético que está ubicado dentro de la caja de control, de esta manera se energiza el PLC, Pantalla KTP 400, Luces indicadoras y la bomba.

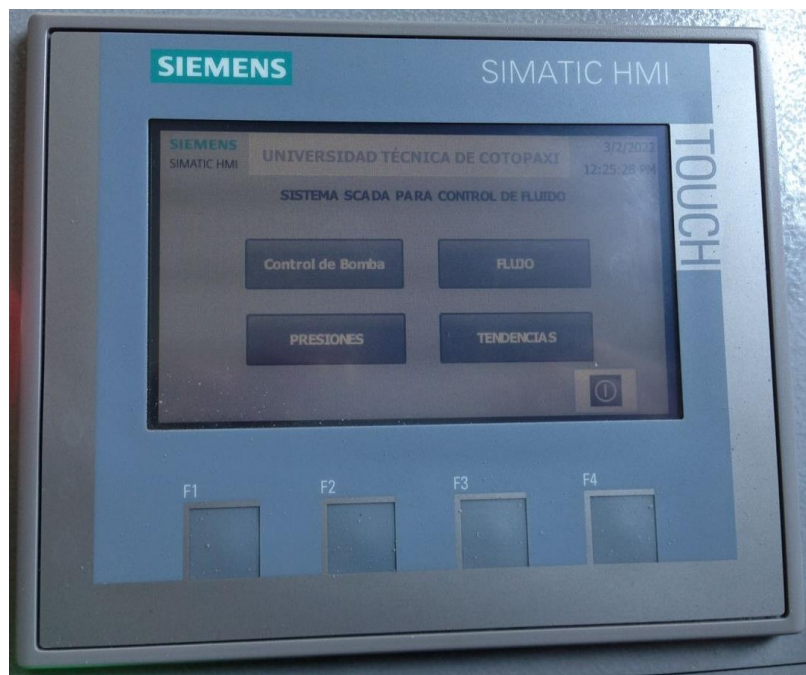


2. Pantalla KTP 400

Una vez energizada la pantalla, hay que elegir la opción Start para dirigir a la pantalla principal donde hay cuatro opciones: control de la bomba, presiones, tendencias y flujo.



Pantalla principal del HMI



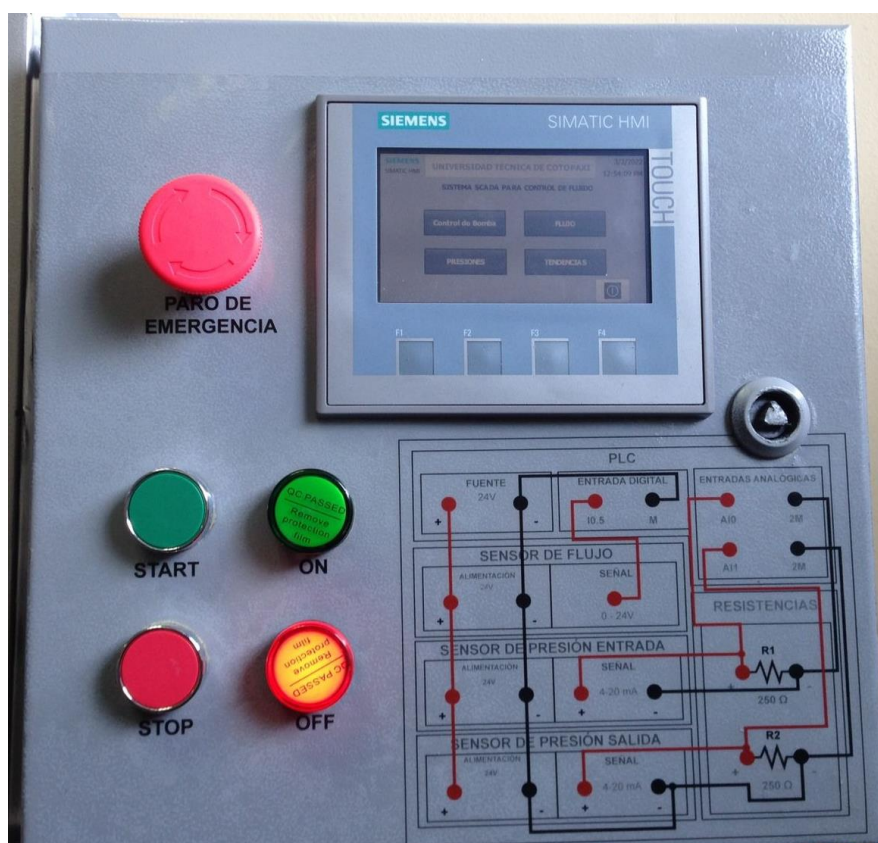
3. Botón Control de bomba

Ingresar al control de la bomba desde la pantalla HMI KTP 400, presionar el botón start es el encendido de la bomba, el botón rojo stop corresponde al apagado de la bomba y por último la flecha de color verde permite retroceder al menú principal.

Nota: Verificar la correcta alineación de las válvulas, en este caso deben estar abiertas las válvulas de la tubería a experimentar.



Para el control de la bomba se puede realizar de forma manual mediante pulsadores que están ubicados en la caja de control, el pulsador verde es el encendido de la bomba, el pulsador rojo corresponde al apagado, además cuenta con indicadores el de color rojo significa que el sistema esta energizado, el indicador verde significa que la bomba está en funcionamiento.



En caso de detectar alguna falencia del sistema es necesario utilizar el paro de emergencia.

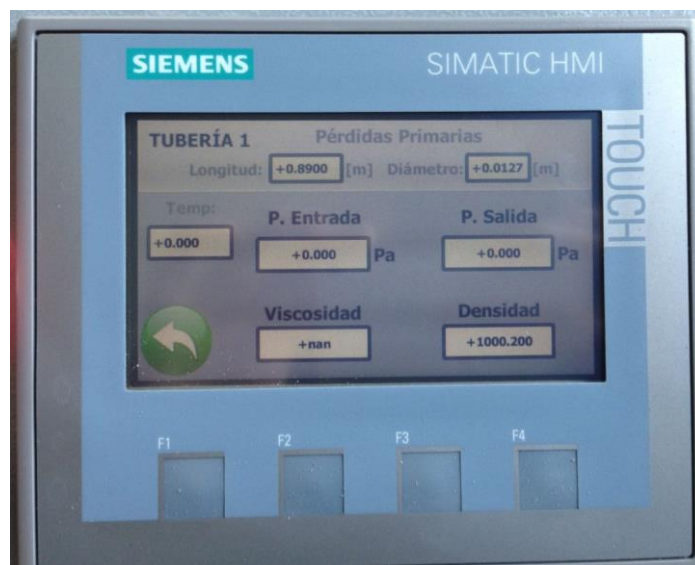


4. Botón Presiones

En este apartado se encuentran las 7 tuberías con sus distintas características en este caso desde la tubería 1 a la tubería 3 son pérdidas primarias y debe ser elegido tanto en la pantalla como establecida en el equipo (Alineación de las válvulas).



Elegir la tubería que desee experimentar en este caso la tubería 1



Dentro de esta pantalla es necesario ingresar la temperatura del termómetro y dar clic en Enter, este dato se encuentra en el medidor de temperatura que está ubicado en el tanque de agua en la parte superior.



Este proceso se repite para la tubería 2 y tubería 3

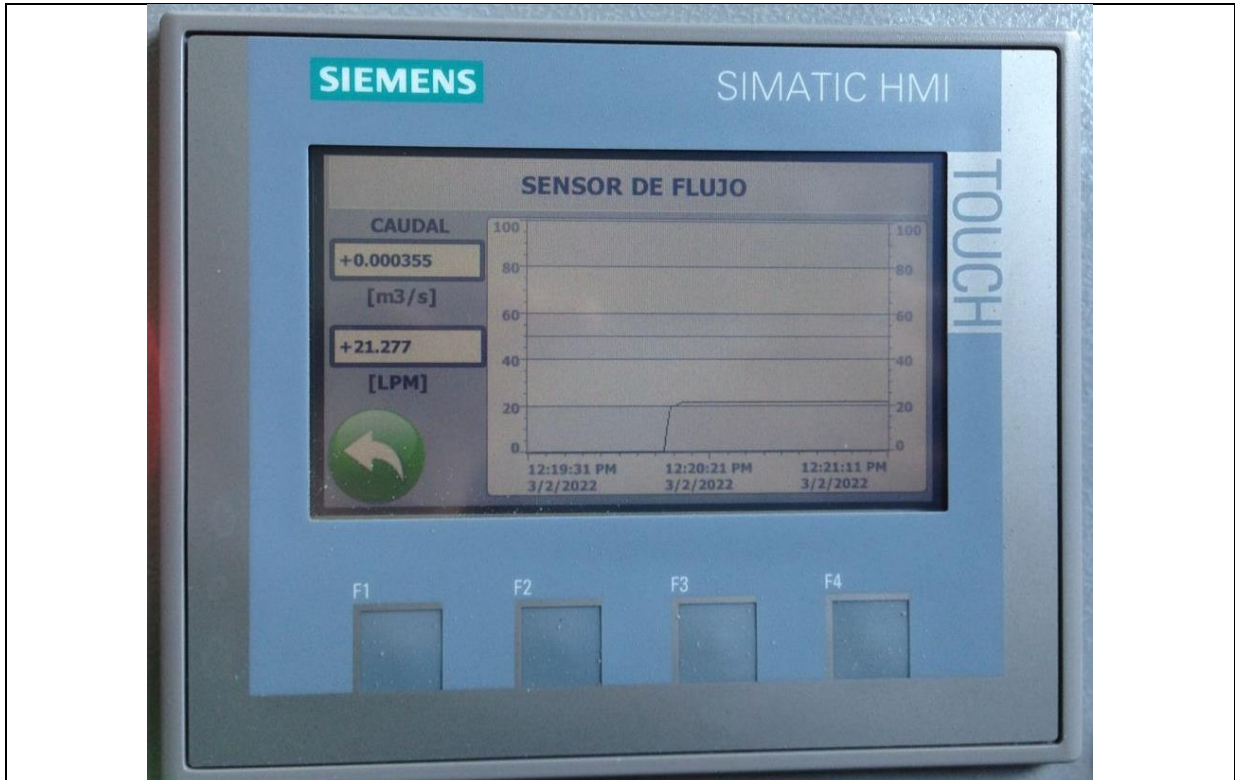
5. Botón Tendencias

En esta parte de la pantalla se puede visualizar la relación entre la presión de entrada y salida.



6. Botón Flujo

En esta parte de la pantalla se puede visualizar el valor del caudal en (m^3/s) y en (LPM)



7. Sistema de flujo



2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Equipos:

Módulo de los sensores de presión y caudal

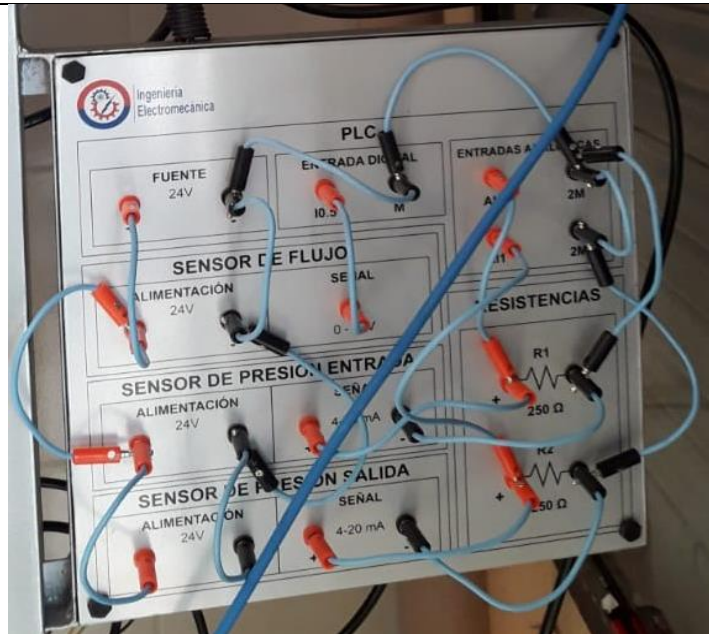


Figura 1. Módulo de sensores

Transmisores de presión XDB305



Figura 2. Transmisor de presión

Medidor de flujo



Figura 3. Medidor de flujo

PLC S7-1200(1212C AC/DC/RLY)



Figura 4. PLC S7-1200

HMI KTP 400



Figura 5. HMI KTP 400

TP3001 Termómetro



Figura 6. Medidor de temperatura

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- Lea y comprenda el manual de operación del sistema de flujo
- No corra dentro del laboratorio
- Abstenerse de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes frágiles
- Utilizar el tablero de control sólo cuando se necesario para evitar fallas

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

2.4.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Pérdidas de carga primarias

1. Para iniciar el ensayo primero es necesario el dato del caudal, en este caso se ubica en la parte de flujo de la pantalla HMI KTP 400. El valor del caudal para la práctica es en (**m³/s**). Anote este valor en la Tabla N° 1.

2. Cálculo de la velocidad

Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Donde:

v = Velocidad de flujo (m/s)

Q = Caudal (m^3/s)

D = Diámetro Tubería (m)

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

3. Número de Reynolds

$$R_e = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

R_e = Número de Reynolds (Adimensional)

v = Velocidad de flujo (m/s)

D = Diámetro de la tubería (m)

ρ = Densidad (kg/m^3)

μ = Viscosidad dinámica ($\text{N} \cdot \text{s/m}^2$)

Fórmula de Densidad, ubicar la temperatura del agua en todas las variables x

$$\rho = -0.0034x^2 - 0.088x + 1001.1$$

Fórmula de Viscosidad dinámica, ubicar la temperatura del agua en la variable x

$$\mu = -0.439 \ln(x) + 2.2853$$

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

4. Factor de fricción (λ)

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \cdot \frac{D}{\varepsilon}} \right) + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right]^2}$$

Dónde:

λ = Factor de fricción (Adimensional)

D = Diámetro de la tubería (m)

ε = Rugosidad de la tubería (m)

R_e = Número de Reynolds

Rugosidad de la tubería 1

0.0000015 (m)

Tubería 2

0.0000015 (m)

Tubería 3

0.0000015 (m)

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

5. Ecuación de Darcy para la pérdida de carga (Δ_p)

$$\Delta_p = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \rho$$

Dónde:

Δ_p = Pérdida de carga teórica debido a la fricción (Pa)

L = Longitud de la corriente de flujo (m)

D = Diámetro de la tubería (m)

v = Velocidad de flujo promedio (m/s)

λ = Factor de fricción (adimensional)

ρ = Densidad (kg/m³)

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

6. Pérdida de carga Experimental (Δ_{PExp})

$$\Delta_{PExp} = Presión_{Entrada} - Presión_{Salida}$$

Dónde:

Δ_{PExp} = Pérdida de carga Experimental (Pa)

$Presión_{Entrada}$ = (Pa)

$Presión_{Salida}$ = (Pa)

Anote el valor de la pantalla en la Tabla N° 1.

7. Error

Para el cálculo del porcentaje de error que existe entre la experimentación y la teoría se utiliza la siguiente ecuación:

$$Error = \frac{\Delta_P - \Delta_{PExp}}{\Delta_P} \cdot 100\%$$

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

8. Factor de fricción Experimental (λ_{Exp})

$$\lambda_{Exp} = \Delta_{PExp} \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \rho$$

Dónde:

λ_{Exp} = Factor de fricción Experimental (Adimensional)

L = Longitud de la corriente de flujo (m)

D = Diámetro de la tubería (m)

v = Velocidad de flujo promedio (m/s)

ρ = Densidad (kg/m³)

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

2.4.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

1. Funcionamiento del sistema de flujo

Antes de accionar la bomba es necesario abrir todas las válvulas de entrada y salida de las 7 tuberías, también debe estar abierta la válvula de la salida del caudal, este procedimiento se lo realiza para que el sistema quede sin aire, luego volver a cerrar las válvulas, sólo queda abierto las válvulas de la tubería a experimentar.

Las válvulas están abiertas cuando su posición es horizontal, pero al estar ubicados de forma vertical quiere decir que están cerradas o no permiten el paso del caudal.

2. Para medir las pérdidas en la tubería 1 seleccionar la tubería de la pantalla en la opción presiones, encender el medidor de temperatura para ubicar la temperatura del agua y luego abrir la V-1, V-2, verificar que la válvula de salida (V-15) este totalmente abierta girando todo a mano izquierda, por último, accionar la bomba para que circule el caudal. En la pantalla de la tubería 1 se visualizará la presión de entrada y la presión de salida.

3. Para tomar datos es necesario variar el caudal mediante la válvula de salida del sistema girando a mano izquierda, para saber si el caudal vario es importante guiarse en pantalla HMI KTP 400 y dirigirse al apartado de flujo, es recomendable no bajar en exceso el caudal porque llega un punto donde el medidor de flujo mide en vacío y su medición será errónea entonces el valor mínimo de caudal a medir será de $0.000144586 \text{ (m}^3/\text{s)}$.



4. Tomar por lo mínimo 10 datos a diferentes caudales, esto se hace variando la apertura de la válvula **V-15**.

5. Este proceso se repite para la tubería 2 y tubería 3.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
LABORATORIO DE FLUIDOS Y SISTEMAS TÉRMICOS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja para impresión.

TEMA:

NÚMERO DE PRÁCTICA:

NOMBRE(S):

FECHA:

PARTE NUMÉRICA

1	Datos calculados y experimentales
----------	-----------------------------------

Número	Q (m ³ /s)	v (m/s)	Reynolds	λ	Δ_p	Δ_{pExp}	Error	λ_{Exp}
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Tabla N° 1: Valores teóricos y experimentales

PARTE GRÁFICA

3	Colocar las Gráficas Δ_p , Δ_{pExp} sobre Q y λ , λ_{Exp} sobre Reynolds se puede realizar en Excel
----------	---

PARTE ANÁLITICA

4	Describa con sus palabras que sucedió con cada una de las curvas
---	--

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5	(Describa e interprete los resultados obtenidos) Describa con sus palabras qué sucedió con el error referente al caudal
---	--

CONSULTAS

6	Desarrolle la consulta ¿Qué es flujo turbulento? ¿Qué es densidad? ¿Qué significa Viscosidad dinámica?
---	---

CONCLUSIONES

7	Escriba por lo menos 3 conclusiones
---	-------------------------------------

ANEXOS


8	Tabla de valores y gráficas
---	-----------------------------

BIBLIOGRAFÍA

9	Poner la bibliografía utilizada
---	---------------------------------

(Ejemplo) ASKELAND, Donald; La Ciencia e Ingeniería de los Materiales; Iberoamérica, 1987, Págs.: 97-103

ANEXO G	GUÍA 2 Pérdidas de carga secundarias	1 de 1
------------	--------------------------------------	--------

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE FLUIDOS Y SISTEMAS TÉRMICOS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
J. BELAÑO C. LASCANO	H. LAURENCIO	J. VILLARROEL
FECHA:25-02-2022	FECHA:25-02-2022	FECHA:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		FLUIDOS

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	De fluidos y sistemas térmicos	DURACIÓN (HORAS)
02	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Pérdidas de carga secundarias	3

1	OBJETIVO
Determinar las pérdidas secundarias que existen en un sistema de flujo para análisis y comparación de valores experimentales con los teóricos.	
2.1. INTRODUCCIÓN	

Pérdidas secundarias

Las pérdidas de carga localizadas o secundarias son pérdidas de carga debidas a elementos singulares de la tubería tales como codos, estrechamientos, válvulas, etc.

Operación del sistema de flujo

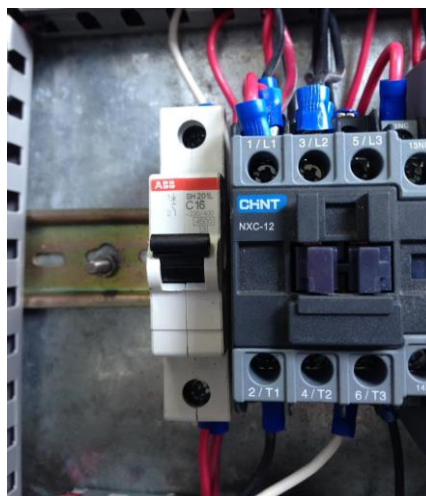
En el presente documento se detalla el procedimiento para operar el sistema de flujo de una manera correcta.

8. Energizar los sistemas eléctricos

En este punto es necesario conectar el cable que alimenta los sistemas eléctricos a un Tomacorriente de 110 V monofásico.



Luego se procede a accionar el interruptor termomagnético que está ubicado dentro de la caja de control, de esta manera se energiza el PLC, Pantalla KTP 400, Luces indicadoras y la bomba.

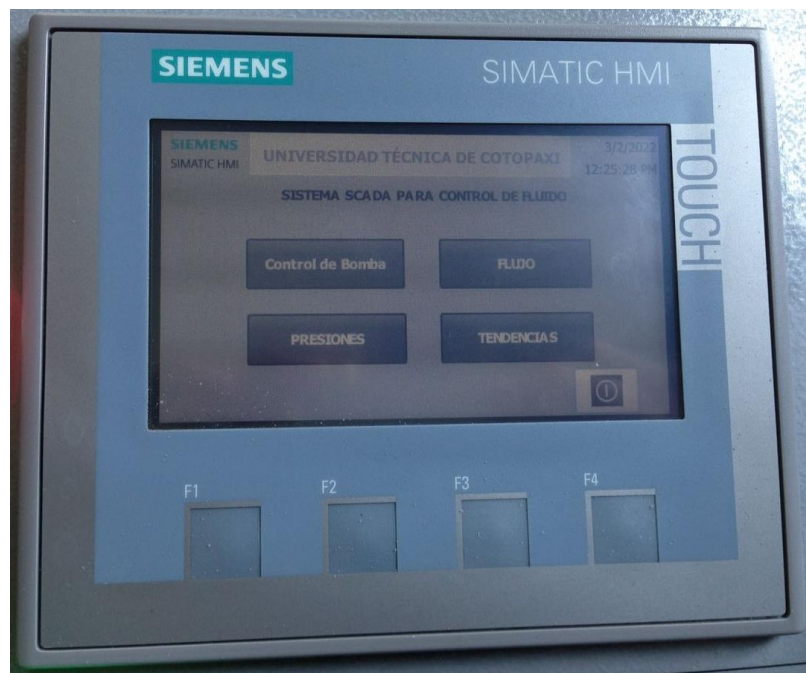


9. Pantalla KTP 400

Una vez energizada la pantalla, hay que elegir la opción Start para dirigir a la pantalla principal donde hay cuatro opciones: control de la bomba, presiones, tendencias y el medidor de caudal.



Pantalla principal del HMI



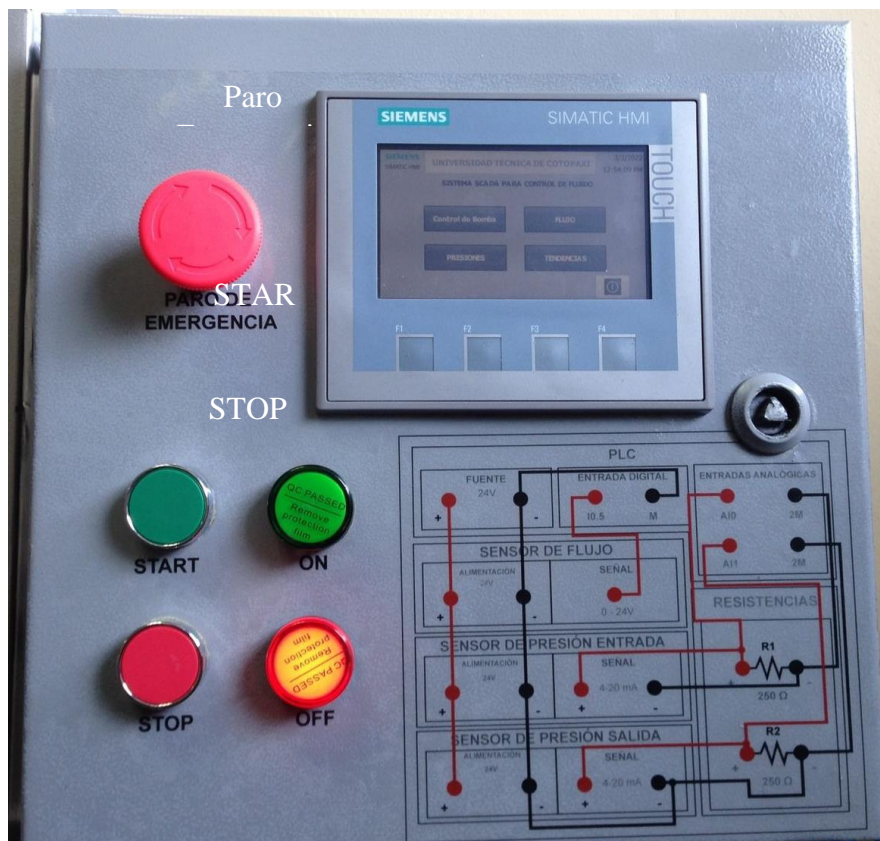
10. Botón Control de bomba

Ingresar al control de la bomba desde la pantalla HMI KTP 400, presionar el botón start es el encendido de la bomba, el botón rojo stop corresponde al apagado de la bomba y por último la flecha de color verde permite retroceder al menú principal.

Nota: Verificar la correcta alineación de las válvulas, en este caso deben estar abiertas las válvulas de la tubería a experimentar.



Para el control de la bomba se puede realizar de forma manual mediante pulsadores que están ubicados en la caja de control, el pulsador verde es el encendido de la bomba, el pulsador rojo corresponde al apagado, además cuenta con indicadores el de color rojo significa que el sistema esta energizado, el indicador verde significa que la bomba está en funcionamiento

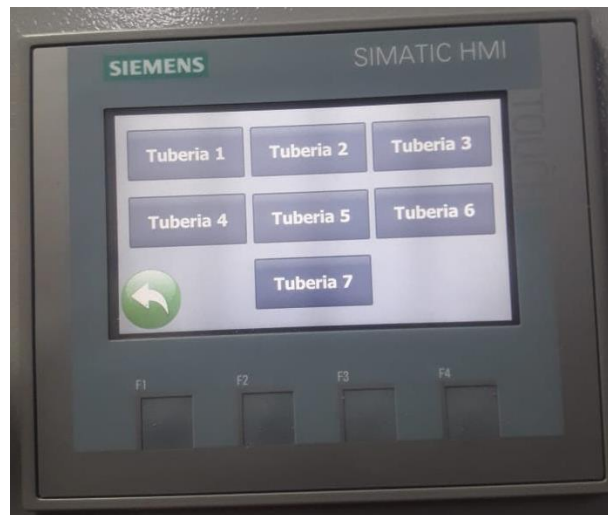


En caso de detectar alguna falencia del sistema es necesario utilizar el paro de emergencia.

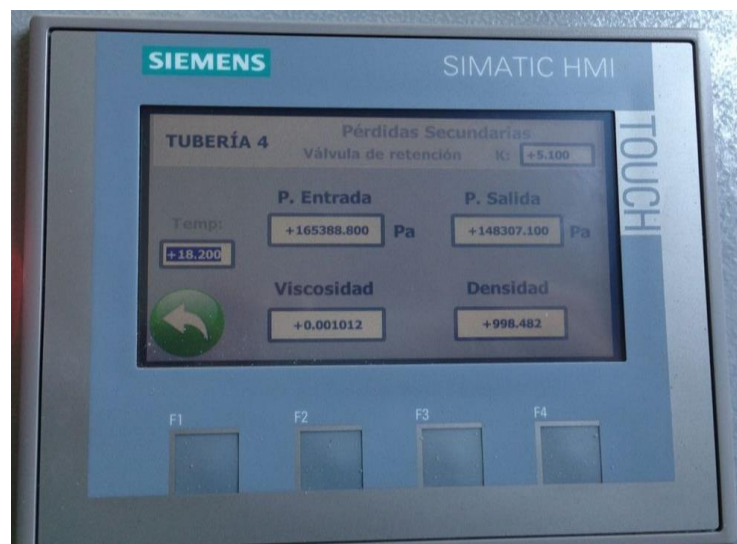


11. Botón Presiones

En este botón de presiones se encuentran las 7 tuberías con sus distintas características, en este caso desde la tubería 4 a la tubería 7 son pérdidas secundarias y debe ser elegido tanto en la pantalla como establecida en el equipo (Alineación de las válvulas).



Elegir la tubería que desee experimentar en este caso la tubería 4



Dentro de esta pantalla es necesario ingresar la temperatura del termómetro y dar clic en Enter, este dato se encuentra en el medidor de temperatura que está ubicado en el tanque de agua en la parte superior.



Este proceso se repite para la tubería 5, tubería 6 y tubería 7

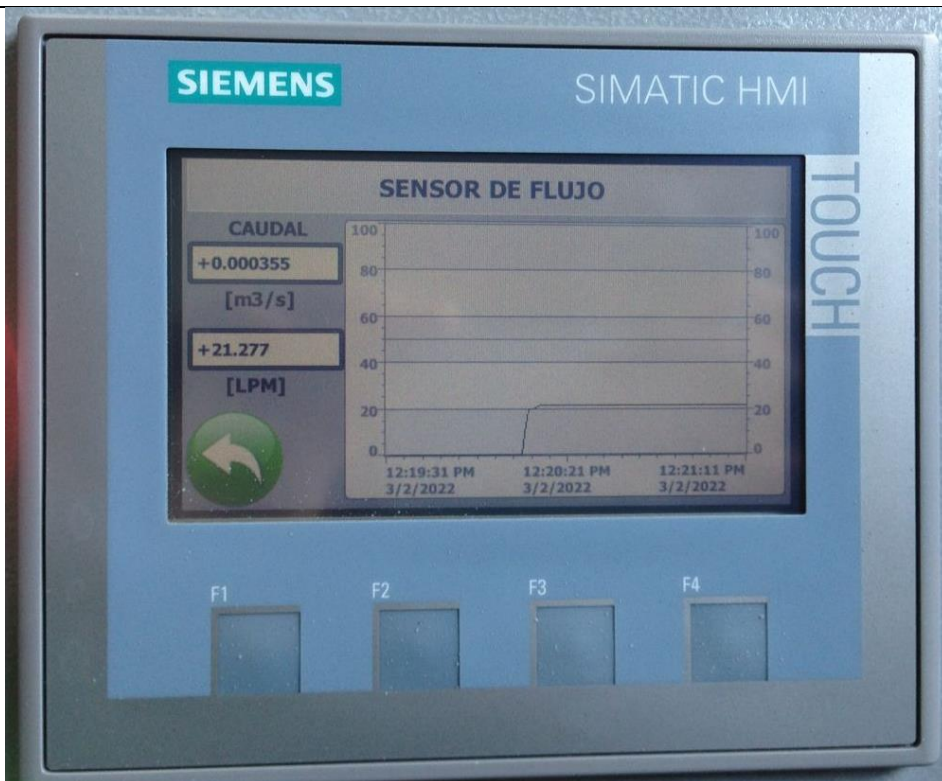
12. Botón Tendencias

En esta parte de la pantalla se puede visualizar la relación entre la presión de entrada y salida.



13. Botón Flujo

En esta parte de la pantalla se puede visualizar el valor del caudal en (m^3/s) y en (LPM)



14. Sistema de flujo



2.3.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Equipos:

Módulo de los sensores de presión y caudal

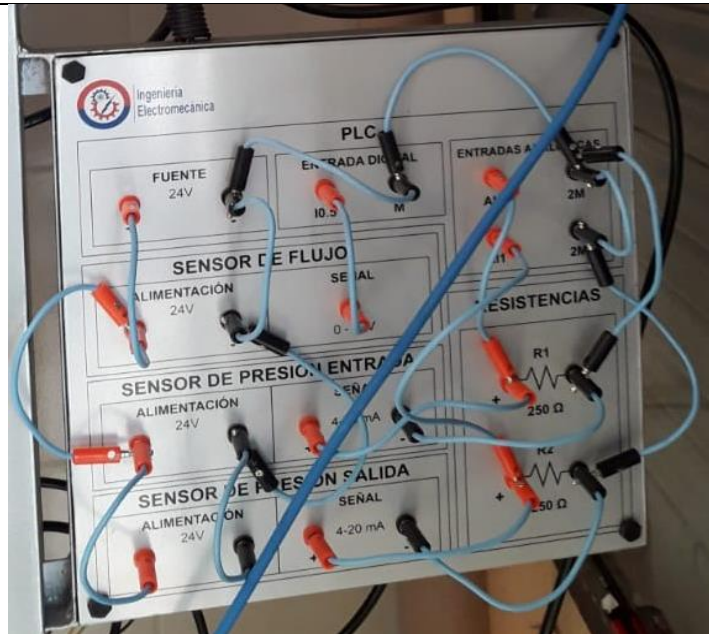


Figura 1. Módulo de sensores

Transmisores de presión XDB305



Figura 2. Transmisor de presión

Medidor de flujo



Figura 3. Medidor de flujo

PLC S7-1200(1212C AC/DC/RLY)



Figura 4. PLC S7-1200

HMI KTP 400



Figura 5. HMI KTP 400

TP3001 Termómetro



Figura 6. Medidor de temperatura

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

EPP: Mandil.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- Lea y comprenda el manual de operación del sistema de flujo
- No corra dentro del laboratorio
- Abstenerse de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes frágiles
- Utilizar el tablero de control sólo cuando se necesario para evitar fallas

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

2.4.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Pérdidas de carga secundarias

5. Para iniciar el ensayo primero es necesario el dato del caudal, en este caso se ubica en la parte de flujo de la pantalla HMI KTP 400. El valor del caudal para la práctica es en (**m³/s**). Anote este valor en la Tabla N° 1.

6. Cálculo de la velocidad

Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Donde:

v = Velocidad de flujo (m/s)

$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$

$D = \text{Diámetro Tubería (m)}$

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

7. Número de Reynolds

$$R_e = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

$R_e = \text{Número de Reynolds (Adimensional)}$

$v = \text{Velocidad de flujo (m/s)}$

$D = \text{Diámetro de la tubería (m)}$

$\rho = \text{Densidad (kg/m}^3\text{)}$

$\mu = \text{Viscosidad dinámica (N} \cdot \text{s/m}^3\text{)}$

Fórmula de Densidad, ubicar la temperatura del agua en todas las variables x

$$\rho = -0.0034x^2 - 0.088x + 1001.1$$

Fórmula de Viscosidad dinámica, ubicar la temperatura del agua en la variable x

$$\mu = -0.439 \ln(x) + 2.2853$$

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

8. Coeficiente de resistencia Teórico (ϵ)

Estos valores son realizados por los fabricantes

Tuberías	Accesorio	ϵ
Tubería 4	Válvula check ½	5.1
Tubería 5	Válvula de compuerta ¾	0.2
Tubería 6	Válvula de bola universal ½	1.25
Tubería 7	Válvula de globo ½	10

Anote el valor correspondiente en la Tabla N° 1.

5. Ecuación de Darcy para la pérdida de carga (Δ_P)

$$\Delta_P = \epsilon \cdot \frac{v^2}{2} \rho$$

Dónde:

Δ_P = Pérdida de carga debido a la fricción (Pa)

ϵ = Coeficiente de resistencia (adimensional)

v = Velocidad de flujo promedio (m/s)

ρ = Densidad (kg/m³)

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

6. Pérdida de carga Experimental (Δ_{PExp})

$$\Delta_{PExp} = Presión_{Entrada} - Presión_{Salida}$$

Dónde:

Δ_{PExp} = Pérdida de carga Experimental (Pa)

$Presión_{Entrada}$ = (Pa)

$Presión_{Salida}$ = (Pa)

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

7. Error

Para el cálculo del porcentaje de error que existe entre la experimentación y la teoría se utiliza la siguiente ecuación:

$$Error = \frac{\Delta_P - \Delta_{PEXP}}{\Delta_P} \cdot 100\%$$

8. Coeficiente de resistencia Experimental (ε_{Exp})

$$\varepsilon_{Exp} = \frac{2}{v^2} \cdot \frac{\Delta_{PEXP}}{\rho}$$

Dónde:

ε_{Exp} = Coeficiente de resistencia Experimental (Adimensional)

v = Velocidad de flujo promedio (m/s)

ρ = Densidad (kg/m³)

Anote el valor calculado en la Tabla N° 1.

2.4.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

1. Funcionamiento del sistema de flujo

Antes de accionar la bomba es necesario abrir todas las válvulas de entrada y salida de las 7 tuberías, también debe estar abierta la válvula de salida del caudal, este procedimiento se lo realiza para que el sistema quede sin aire, luego volver a cerrar las válvulas, sólo queda abierto las válvulas de la tubería a experimentar.

Las válvulas están abiertas cuando su posición es horizontal, pero al estar ubicados de forma vertical quiere decir que están cerradas o no permiten el paso del caudal.

2. Para medir las pérdidas en la tubería 4 seleccionar la tubería de la pantalla en la opción presiones, encender el medidor de temperatura para ubicar la temperatura del agua y luego abrir la V-7, V-8, verificar que la válvula de salida (V-15) este totalmente abierta girando todo

a mano izquierda, por último, accionar la bomba para que circule el caudal. En la pantalla de la tubería 4 se visualizará la presión de entrada y la presión de salida.

3. Para tomar datos es necesario variar el caudal mediante la válvula de salida del sistema girando a mano izquierda, para saber si el caudal varío es importante guiarse en pantalla HMI KTP 400 y dirigirse al apartado de flujo, es recomendable no bajar en exceso el caudal porque llega un punto donde el medidor de flujo mide en vacío y su medición será errónea entonces el valor mínimo de caudal a medir será de $0.000144586 \text{ (m}^3/\text{s)}$.



4. Tomar por lo mínimo 10 datos a diferentes caudales, esto se hace variando la apertura de la válvula **V-15**.

5. Este proceso se repite para la tubería 5, tubería 6 y tubería 7.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
LABORATORIO DE FLUIDOS Y SISTEMAS TÉRMICOS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
INFORME DE PRÁCTICA

Nota: El informe debe ser conciso, simple y claro, no debe contener más de 5 hojas, no carátula, no carpetas, no binchas, se debe presentar grapado y ocupando toda el área de la hoja para impresión.

TEMA:

NÚMERO DE PRÁCTICA:

NOMBRE(S):

FECHA:

PARTE NUMÉRICA

1	Datos calculados y experimentales
----------	-----------------------------------

Número	Q (m ³ /s)	v (m/s)	Reynolds	ϵ	Δ_p	Δ_{pExp}	Error	ϵ_{Exp}
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Tabla N° 1: Valores teóricos y experimentales

PARTE GRÁFICA

3	Colocar las Gráficas Δ_p , Δ_{pExp} sobre Q y ϵ , ϵ_{Exp} sobre Reynolds se puede realizar en Excel
----------	---

PARTE ANÁLITICA

4	Describa con sus palabras qué sucedió con cada una de las curvas
---	--

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5	(Describa e interprete los resultados obtenidos) Describa con sus palabras qué sucedió con el error referente al caudal
---	--

CONSULTAS

6	Desarrolle la consulta ¿Qué es flujo turbulento? ¿Qué son pérdidas secundarias? ¿Qué significa flujo?
---	--

CONCLUSIONES

7	Escriba por lo menos 3 conclusiones
---	-------------------------------------

ANEXOS

8	Tabla de valores y gráficas
---	-----------------------------

BIBLIOGRAFÍA

9	Poner la bibliografía utilizada
---	---------------------------------

(Ejemplo) ASKELAND, Donald; La Ciencia e Ingeniería de los Materiales; Iberoamérica, 1987, Págs.: 97-103

Anexo H: Manual de operación

Operación del sistema de flujo desde PLC

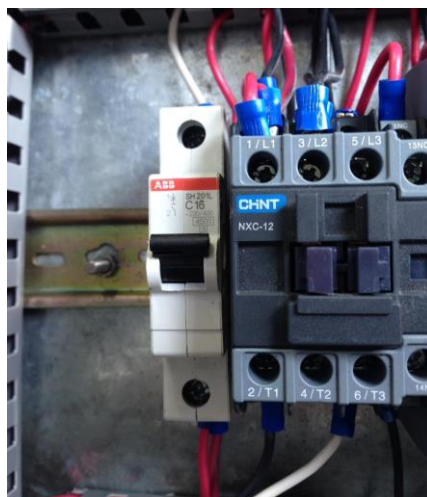
En el presente documento se detalla el procedimiento para operar el sistema de flujo de una manera correcta.

1. Energizar los sistemas eléctricos

En este punto es necesario conectar el cable que alimenta los sistemas eléctricos a un Tomacorriente de 110 V monofásico.



Luego se procede a accionar el interruptor termomagnético que está ubicado dentro de la caja de control, de esta manera se energiza el PLC, Pantalla KTP 400, Luces indicadoras y la bomba.



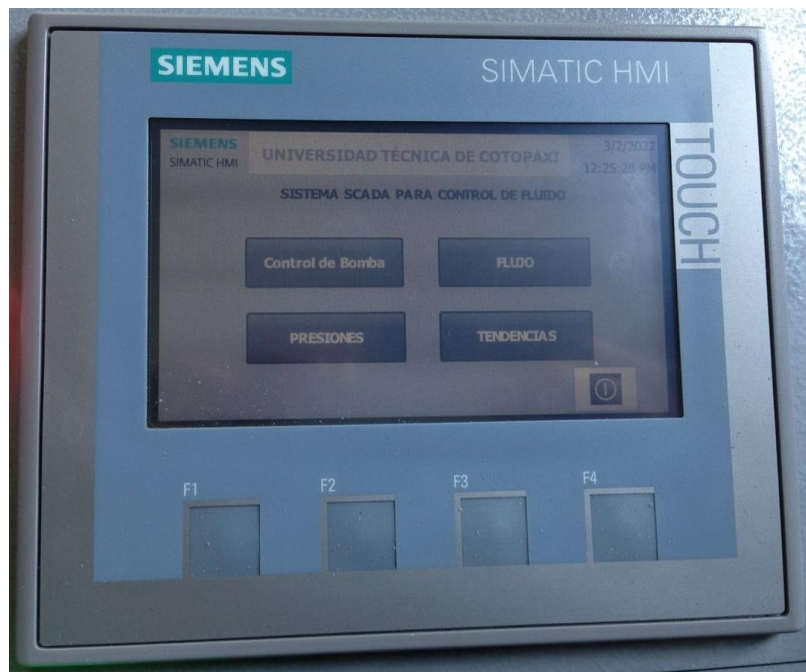
2.

3. Pantalla KTP 400

Una vez energizada la pantalla, hay que elegir la opción Start para dirigir a la pantalla principal donde hay cuatro opciones: control de la bomba, presiones, tendencias y flujo.



Pantalla principal del HMI



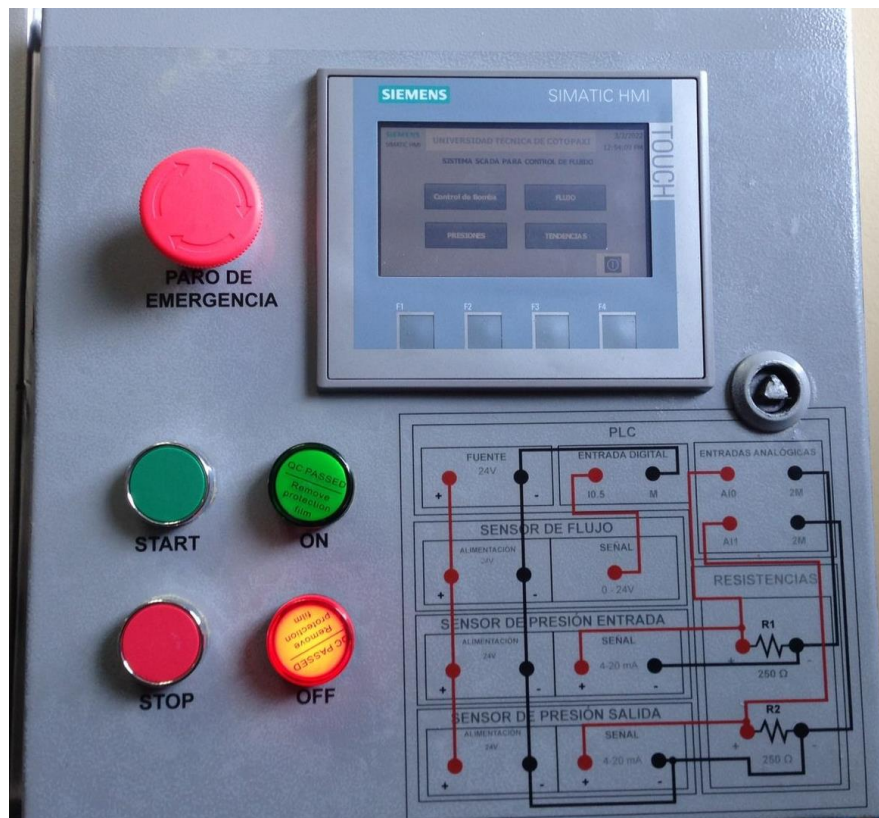
3. Botón Control de bomba

Ingresar al control de la bomba desde la pantalla HMI KTP 400, presionar el botón start es el encendido de la bomba, el botón rojo stop corresponde al apagado de la bomba y por último la flecha de color verde permite retroceder al menú principal.

Nota: Verificar la correcta alineación de las válvulas, en este caso deben estar abiertas las válvulas de la tubería a experimentar.



Para el control de la bomba se puede realizar de forma manual mediante pulsadores que están ubicados en la caja de control, el pulsador verde es el encendido de la bomba, el pulsador rojo corresponde al apagado, además cuenta con indicadores el de color rojo significa que el sistema esta energizado, el indicador verde significa que la bomba está en funcionamiento.



En caso de detectar alguna falencia del sistema es necesario utilizar el paro de emergencia.



4. Botón Presiones

En este apartado se encuentra las 7 tuberías con sus distintas características en este caso desde la tubería 1 a la tubería 3 son pérdidas primarias en cambio desde la tubería 4 a la tubería 7 son pérdidas secundarias y debe ser elegida tanto en la pantalla como establecida en el equipo (Alineación de las válvulas).



Elegir la tubería que desee experimentar en este caso la tubería 1



Dentro de esta pantalla es necesario ingresar la temperatura del termómetro y dar clic en Enter, este dato se encuentra en el medidor de temperatura que está ubicado en el tanque de agua en la parte superior.



Este proceso se repite para todas las tuberías

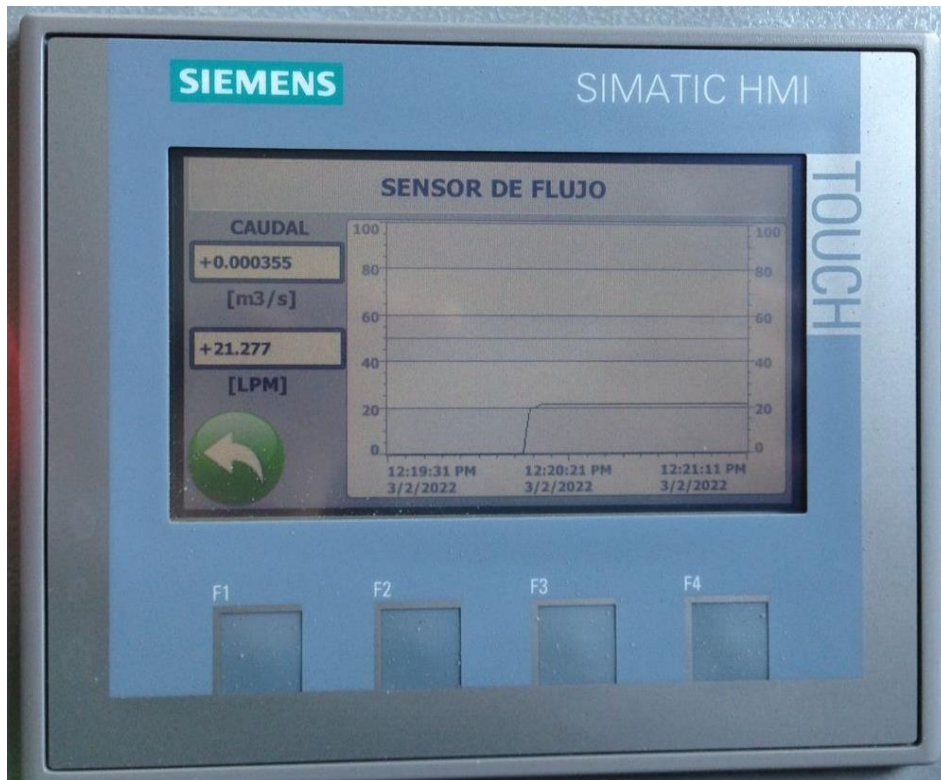
5. Botón Tendencias

En esta parte de la pantalla se puede visualizar la relación entre la presión de entrada y salida.



6. Botón Flujo

En esta parte de la pantalla se puede visualizar el valor del caudal en (m^3/s) y en (LPM)



7. Operación del sistema de flujo

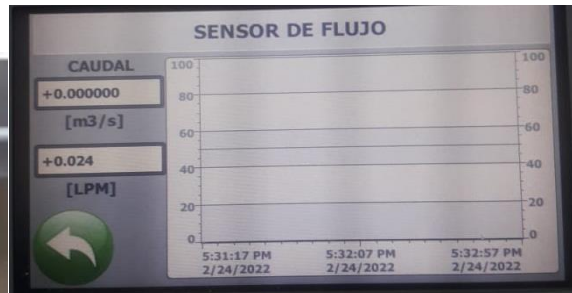
Antes de accionar la bomba es necesario abrir todas las válvulas de entrada y salida de las 7 tuberías, también debe estar abierta la válvula de la salida del caudal, este procedimiento se lo realiza para que el sistema quede sin aire, luego volver a cerrar las válvulas, solo se queja abierto las válvulas de la tubería a experimentar.

Las válvulas están abiertas cuando su posición es horizontal. Pero al estar ubicados de forma vertical quiere decir que están cerradas o no permiten el paso del caudal.

8. Experimentación

Para realizar la experimentación de la tubería 1 seleccionar en la pantalla y dejar abiertas solo las válvulas de entrada y salida en este caso de la tubería 1, ingresar la temperatura en la pantalla y automáticamente da el valor de presión de entrada y presión de salida.

Para volver a tomar otro valor es necesario variar el caudal a la salida mediante una válvula, se puede guiar observando la pantalla en la opción flujo. Este proceso se repite 10 veces para obtener 10 datos, esto se hace variando la apertura de la válvula **V-15**.



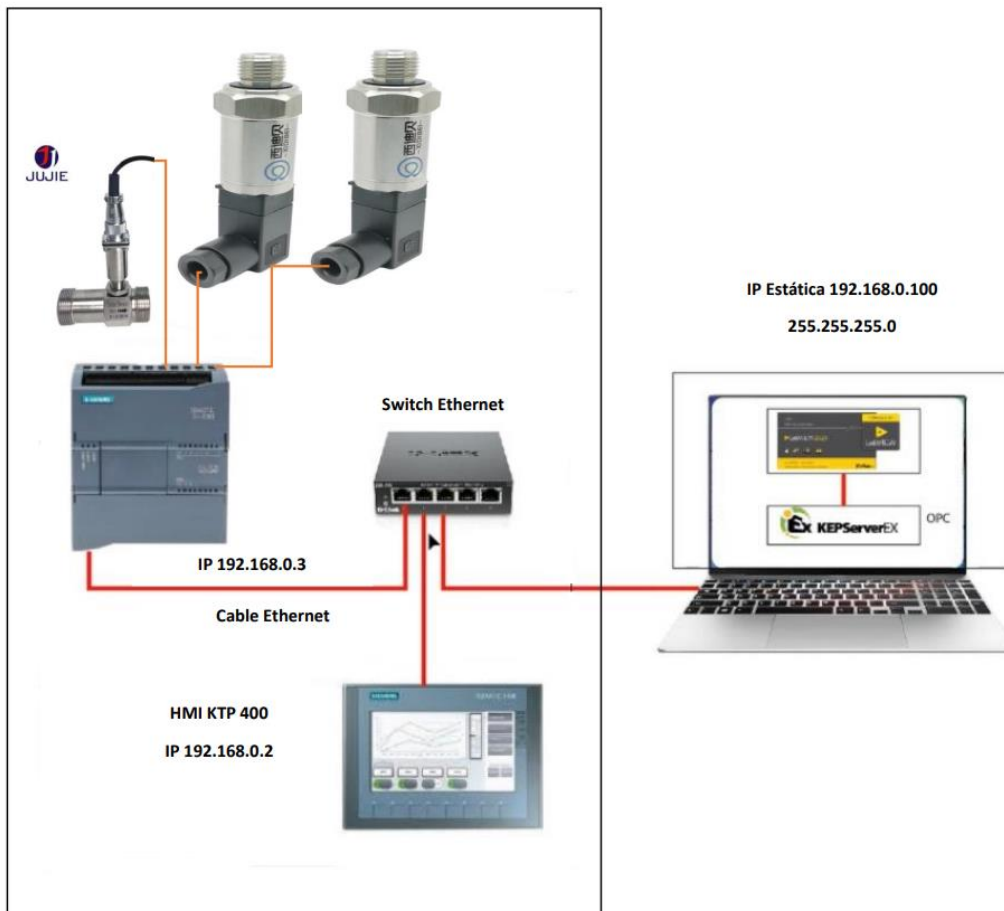
Este proceso se repite para todas las tuberías de la 1 a la 7.

Anexo I: Operación del sistema de flujo mediante software

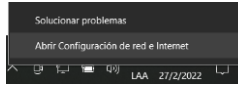
Para empezar la operación desde el software es necesario como primer punto la conexión.

1. Conexión del software

Para enlazar el PLC, la pantalla KTP 400 y la PC, se lo realiza mediante un Switch Ethernet, el sistema de visualización y monitoreo desarrollado en un software es enlazado a través de un OPC creado en KEPServer.

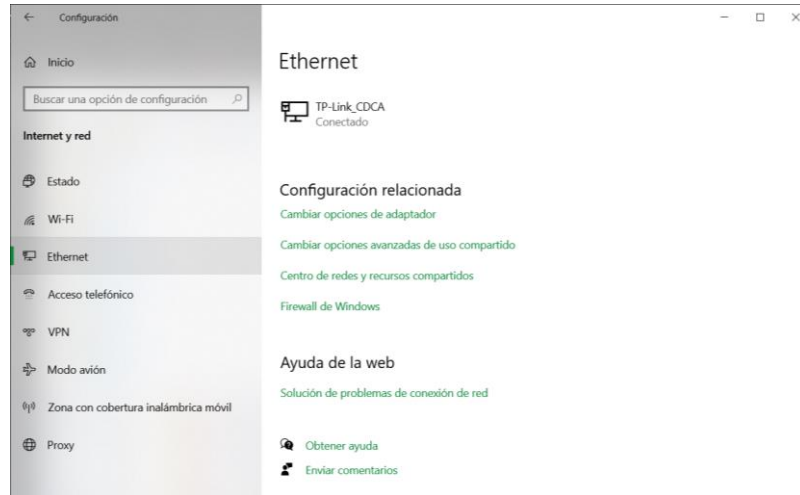


Dar clic derecho en la conexión de internet

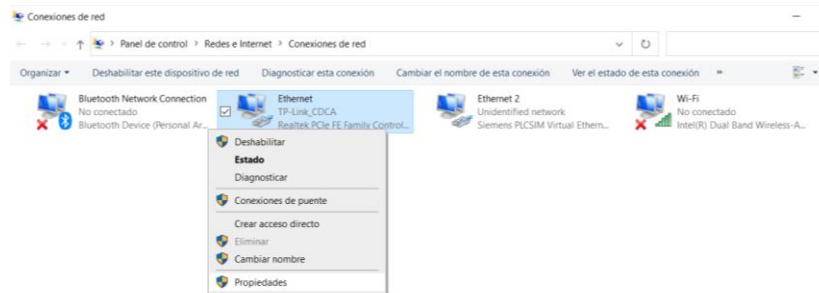


Abrir configuración de red e internet.

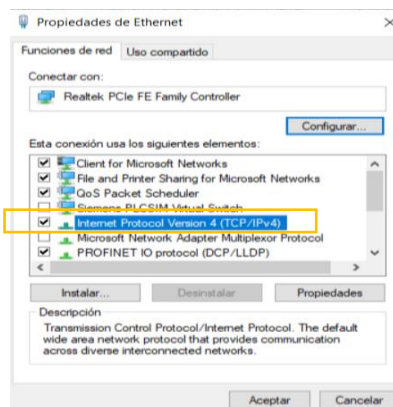
Ingresar a Ethernet en cambiar opciones de adaptador



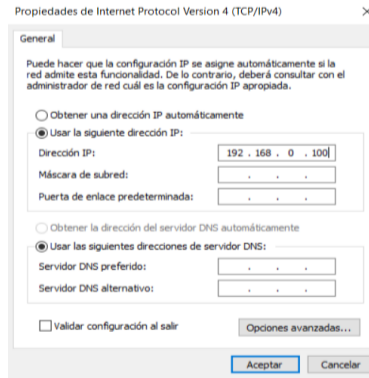
Luego aparece Ethernet y dar clic derecho ingresar en propiedades



Seleccionar la siguiente opción y dar doble clic izquierdo



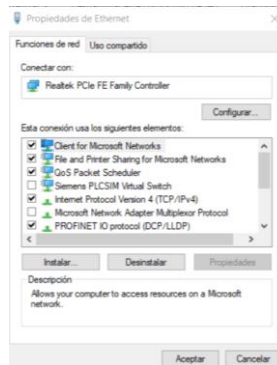
Luego dirigir a la opción usar la siguiente dirección IP, escribir la IP que es estática en este caso 192.168.0.100.



Dar clic en el cuadro Máscara de subred y automáticamente aparecen unos números por último clic en aceptar.



Otra vez clic en aceptar y listo está configurado la IP estático.

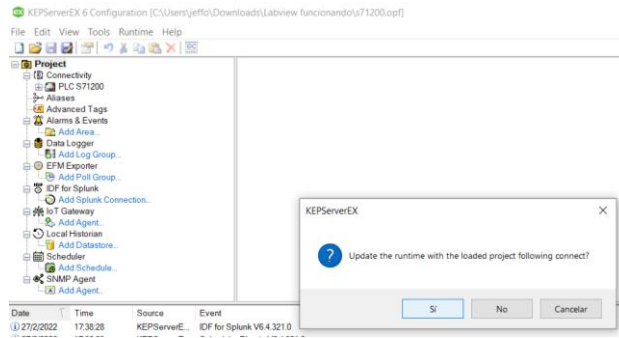


2. KEPServer

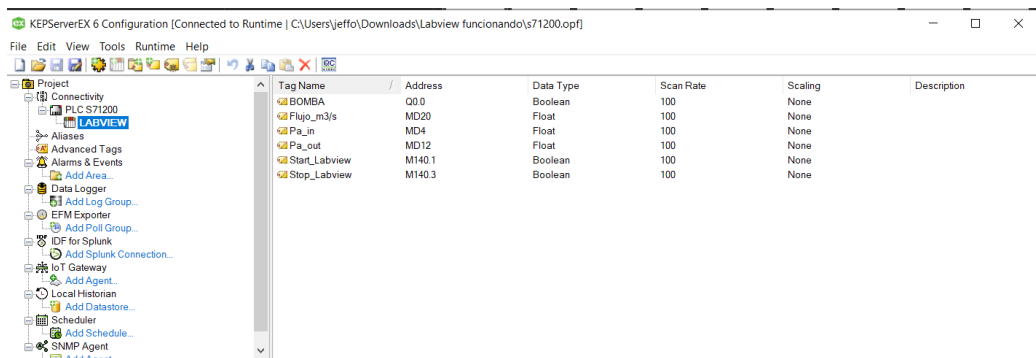
Para abrir el OPC dar doble clic izquierdo

20220215_182907	15/2/2022 21:26	Archivo MP4	176.429 KB
CalculosLibro	20/12/2021 15:50	LabVIEW Instrument	782 KB
CalculosProfePLC2 (1)	24/2/2022 18:37	LabVIEW Instrument	816 KB
Control 1	15/2/2022 19:22	LabVIEW Control	13 KB
s71200	21/2/2022 20:52	Archivo OPF	3 KB

Luego aparece la pantalla principal y dar clic en si



Como las variables ya están enlazadas directo del PLC ya está en funcionamiento

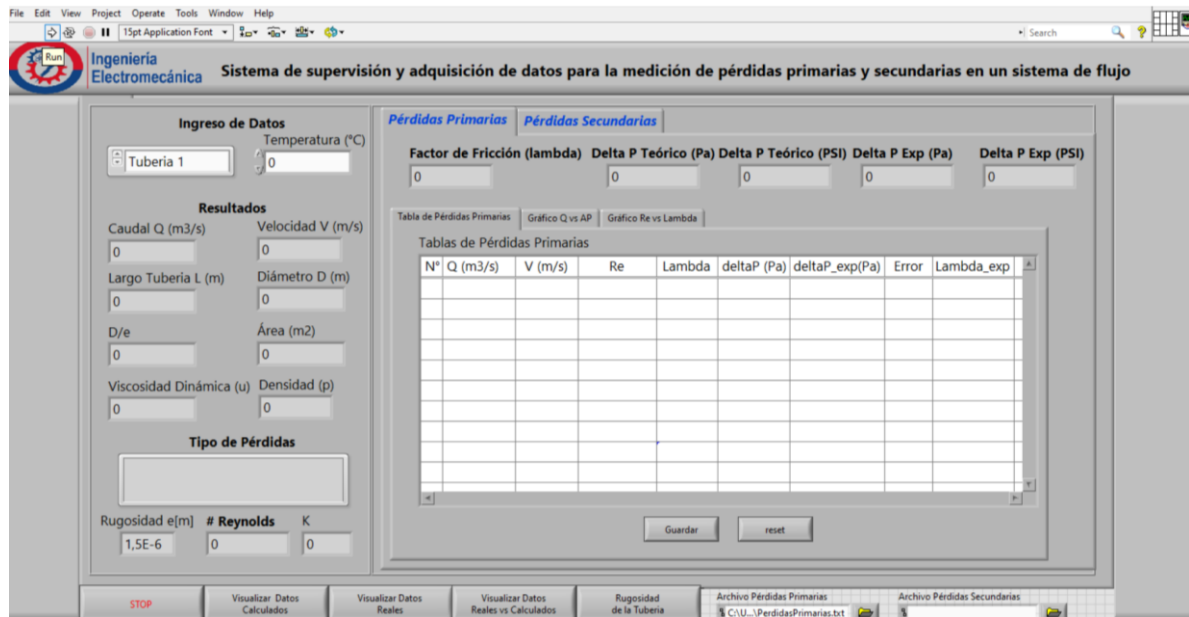


3. Software

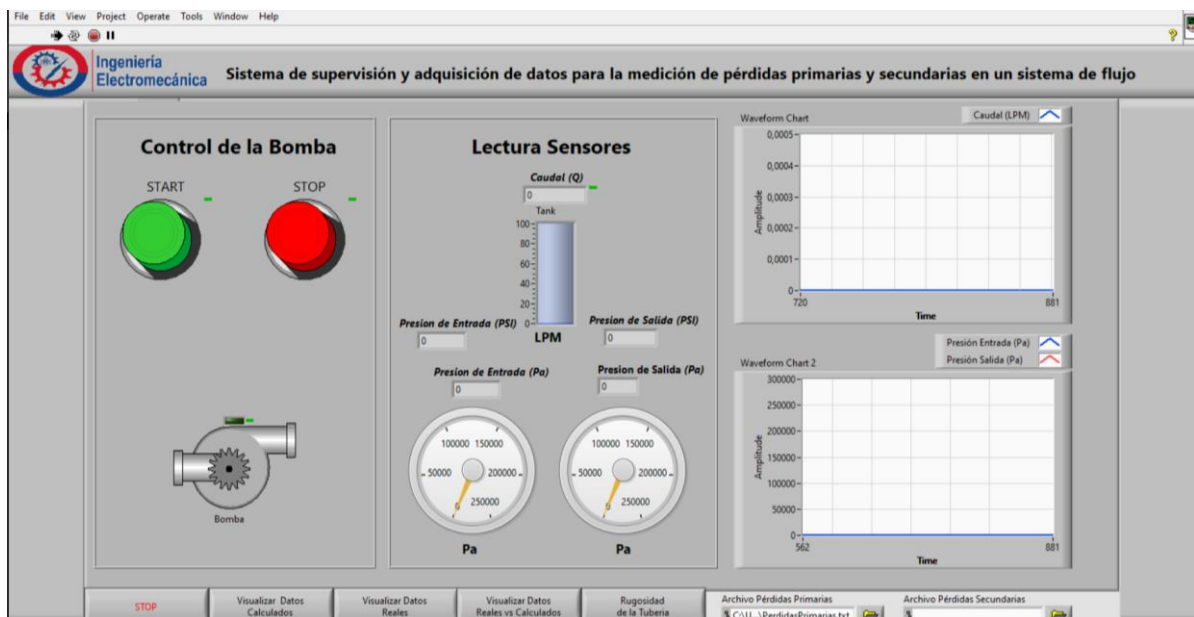
Luego dar doble clic izquierdo en la aplicación como se muestra en la figura

20220215_182907	15/2/2022 21:26	Archivo MP4	176.429 KB
CalculosLibro	20/12/2021 15:50	LabVIEW Instrument	782 KB
CalculosProfePLC2 (1)	24/2/2022 18:37	LabVIEW Instrument	816 KB
Control 1	15/2/2022 19:22	LabVIEW Control	13 KB
s71200	21/2/2022 20:52	Archivo OPF	3 KB

Automáticamente se abre la aplicación, para iniciar dar clic en Run, esta pantalla principal se visualiza el ingreso de datos, los resultados, tipo de pérdidas, la tabla de datos consta del Caudal, Velocidad, Número de Reynolds, Factor de fricción, Pérdida de carga teórico, Pérdida de carga Experimental, Error, Factor de fricción Experimental.



Una vez que la aplicación está lista dirigir a la pantalla visualizar Datos Reales. En este apartado se observa el caudal, presión de entrada, presión de salida, el control de la bomba.



4. Operación del sistema mediante el software

4.1 Energizar los sistemas eléctricos

En este punto es necesario conectar el cable que alimenta los sistemas eléctricos a un Tomacorriente de 120 V monofásico. Luego se procede a accionar el interruptor termomagnético que está ubicado dentro de la caja de control, de esta manera se energiza el PLC, Pantalla KTP 400, Luces indicadoras y la bomba.

4.2 Para determinar las pérdidas de carga primarias como primer punto seleccionar la tubería 1, ingresar la temperatura del agua mediante el medidor de temperatura que está ubicado en la parte superior del tanque, dar clic en Enter y de igual manera seleccionar la primera tubería del módulo, abrir la válvula de entrada(V-1) y la válvula de salida (V-2).

Ingreso de Datos

Tubería 1 Temperatura (°C) 20

Resultados

Caudal Q (m³/s) Velocidad V (m/s)
0 0

Largo Tubería L (m) Diámetro D (m)
0,89 0,0127

D/e Área (m²)
8466,67 0,000126677

Viscosidad Dinámica (u) Densidad (p)
0,000970174 998,124

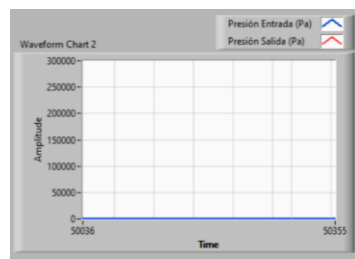
Tipo de Pérdidas

Primarias:
Sin Accesorios

Rugosidad e[m] # Reynolds K
1,5E-6 0 0



Automáticamente calcula todos los valores deseados, para que los valores no tengan mucha variación hay que esperar unos 20 segundos hasta que se establezca el caudal. Para saber si el caudal ya está estable la presión de entrada y salida deben estar en línea recta y no con variación guiarse de la siguiente gráfica.



Para que los datos se guarden en la tabla hay que dar clic en guardar.

Ingreso de Datos

Tubería 1 Temperatura (°C) 25,8

Resultados

Caudal Q (m³/s) Velocidad V (m/s)
0,000108836 0,859159

Largo Tubería L (m) Diámetro (D)
0,89 0,0127

D/e Área (m²)
8466,67 0,000126677

Viscosidad Dinámica (u) Densidad (p)
0,000858386 996,753

Tipo de Pérdidas

Primarias:
Sin Accesorios

Rugosidad e[m] # Reynolds K
1,5E-6 12670,2 0

Pérdidas Primarias **Pérdidas Secundarias**

factor de Fricción (lambda) Delta P (Pa)Teorico Delta P (PSI) Delta P(exp) Delta P (exp) PSI
0,0292835 754,942 0,109491 627,083 0,0909475

Tabla de Pérdidas Primarias Gráfico Q vs AP Gráfico Re vs Lambda

Tablas de Pérdidas Primarias

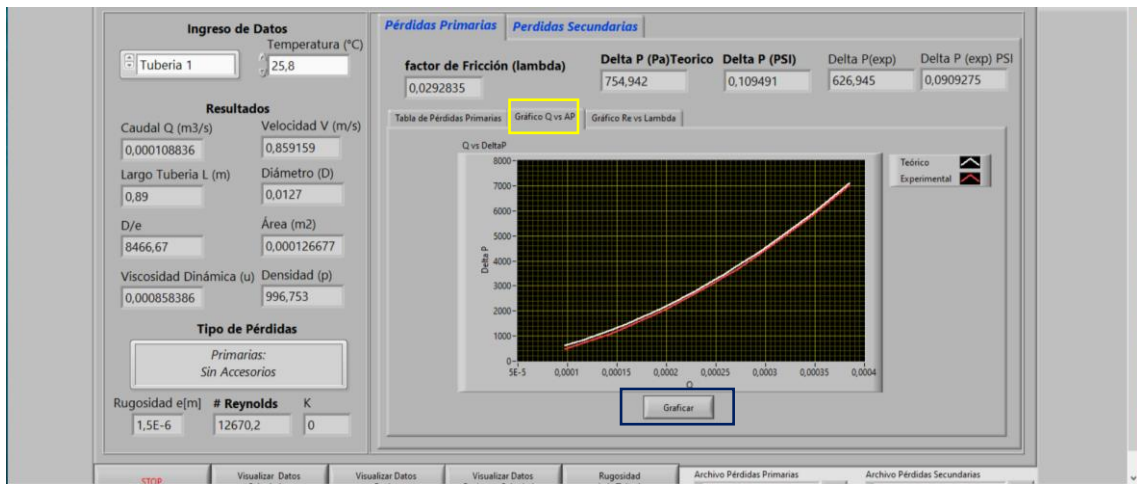
Nº	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Re	Lambda	deltaP (Pa)	deltaP_exp(Pa)	Error	Lambda_exp
1	0,00038474	3,0372	41894,2894	0,0220	7108,4897	7034,1102	0,0105	0,0218
2	0,00038113	3,0086	41762,1783	0,0221	6984,5545	6908,8100	0,0108	0,0217
3	0,00036426	2,8755	40163,6032	0,0222	6429,1088	6349,1856	0,0124	0,0220
4	0,00034739	2,7423	38541,7346	0,0224	5899,6421	5815,7767	0,0142	0,0221
5	0,00033052	2,6092	36821,2063	0,0227	5394,0188	5306,4920	0,0162	0,0223
6	0,00030884	2,4380	34616,5785	0,0230	4773,7022	4681,2787	0,0194	0,0225
7	0,00029317	2,3143	32994,6860	0,0232	4347,8248	4251,9494	0,0221	0,0227
8	0,00027149	2,1431	30553,9844	0,0237	3797,3005	3663,2561	0,0267	0,0228
9	0,00025703	2,0290	29102,6057	0,0239	3437,8019	3334,6918	0,0300	0,0232
10	0,00024859	1,9624	28260,9684	0,0241	3237,4211	3132,7466	0,0323	0,0233
11	0,00023811	1,8807	27033,8100	0,0245	2700,6733	2723,1060	0,0300	0,0236

Guardar Boolean

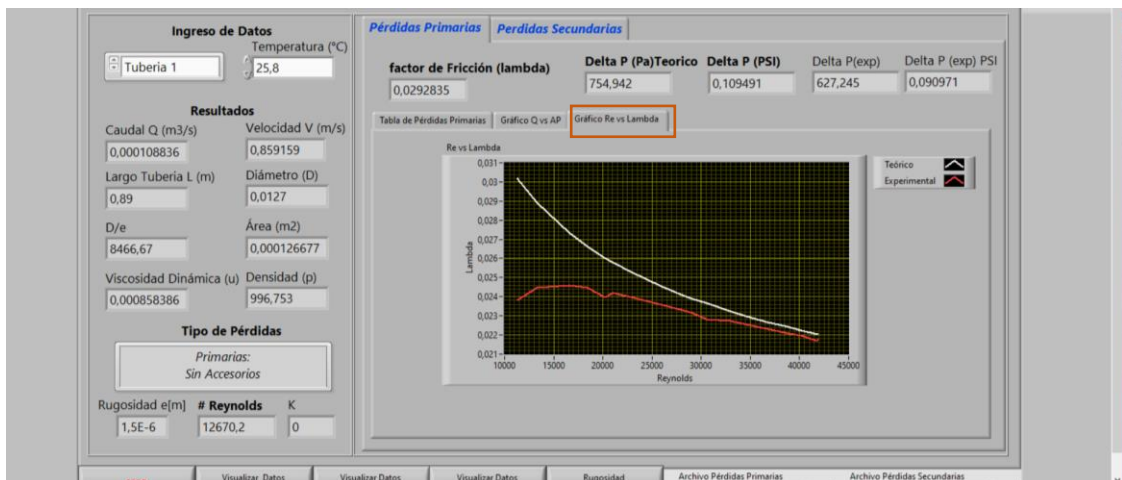
Para volver a tomar otro valor es necesario variar el caudal a la salida mediante una válvula, se puede guiar observando la pantalla en la opción caudal. Este proceso se repite 10 veces para obtener 10 datos, esto se hace variando la apertura de la válvula **V-15**.



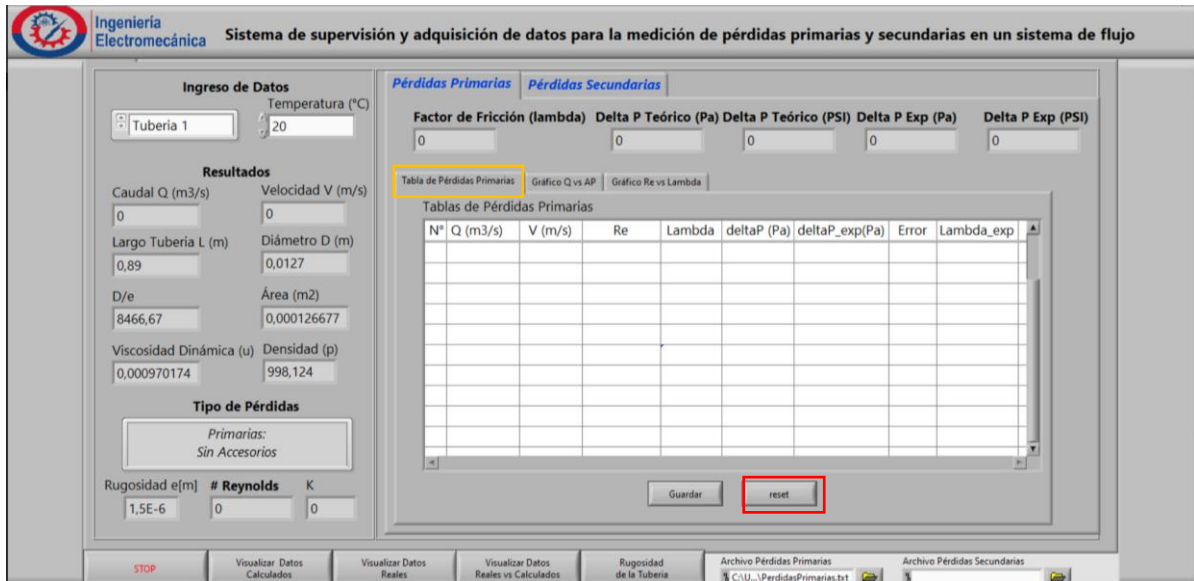
Una vez obtenido los datos dirigir a la opción gráfico Q vs Δ_p y dar clic en graficar, en este apartado se puede observar la gráfica $\Delta_{P\text{Teórico}}$, $\Delta_{P\text{Experimental}}$ sobre Q.



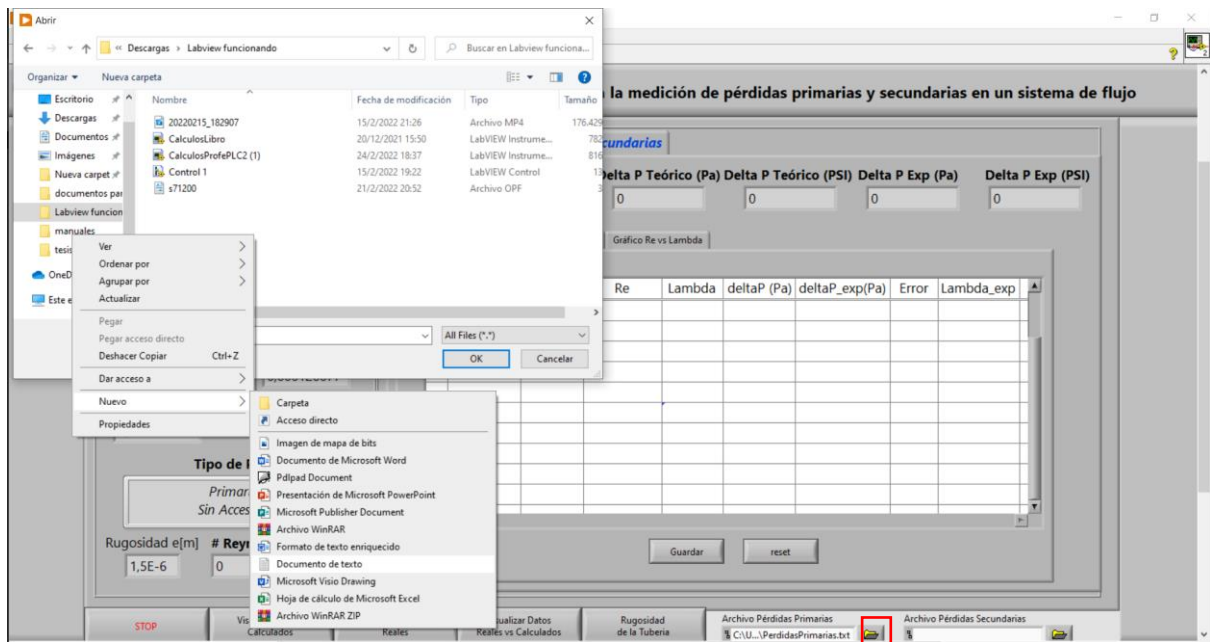
Luego dirigir al otro apartado gráfico Re vs Lambda para visualizar la gráfica Lambda Teórico, Lambda Experimental sobre Número de Reynolds.



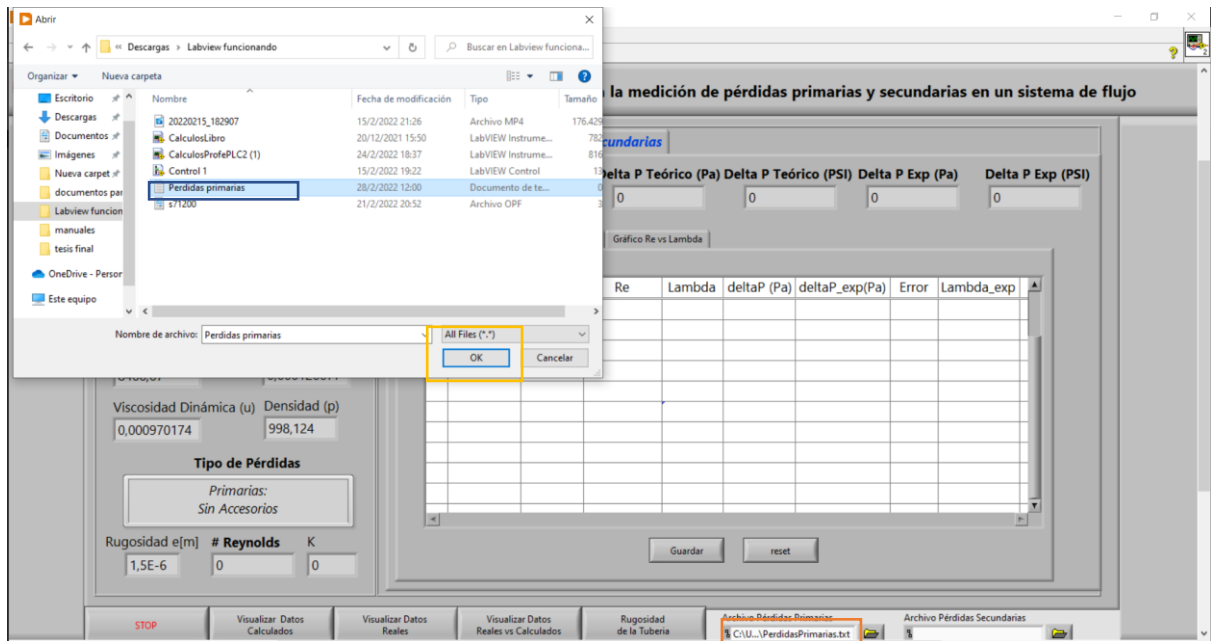
Regresar a Tabla de pérdidas primarias, para continuar con los datos de las otras tuberías dar clic en reset.



Para evitar que el programa falle se debe crear un archivo de perdidas primarias, entonces dar clic en el icono de archivo pérdidas primarias, seleccionar el lugar de ubicación, dar clic derecho, dirigir a nuevo y crear un documento de texto.



Una vez creado seleccionar el archivo y dar clic en OK. Por último, ya queda seleccionado ese archivo.



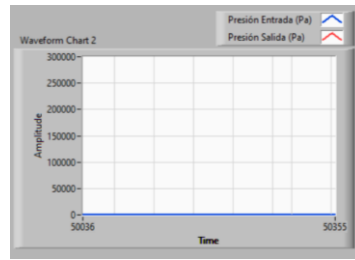
Repetir el proceso del literal 4.2 para la tubería 2 y tubería 3.

5. Pérdidas Secundarias

Para determinar las pérdidas de carga secundarias como primer punto seleccionar la tubería 4, ingresar la temperatura del agua mediante el medidor de temperatura que está ubicado en la parte superior del tanque, dar clic en Enter y de igual manera seleccionar la tubería 4 del módulo, abrir la válvula de entrada (V-7) y la válvula de salida (V-8).



Automáticamente calcula todos los valores deseados, para que los valores no tengan mucha variación hay que esperar unos 20 segundos hasta que se establezca el caudal. Para saber si el caudal ya está estable la presión de entrada y salida deben estar en línea recta y no con variación guiarse de la siguiente gráfica.



Para que los datos se guarden en la tabla hay que dar clic en guardar.

Ingeniería Electromecánica Sistema de supervisión y adquisición de datos para la medición de pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo

Ingreso de Datos
 Temperatura (°C): 29,5
Resultados
 Caudal Q (m3/s): 0,000196788
 Velocidad V (m/s): 1,55346
 Largo Tubería L (m): 0
 Diámetro D (m): 0,0127
 D/e: 8466,67
 Área (m2): 0,000126677
 Viscosidad Dinámica (u): 0,000799553
 Densidad (p): 995,707
Tipo de Pérdidas
 Secundarias: Válvula Check
 Rugosidad e[m]: 1,5E-6 # Reynolds: 24569,1 K: 5,1

Pérdidas Secundarias

Epsilon Teórico (K)	Delta P Teórico (Pa)	Delta P Teórico(PSI)	Delta P Exp (Pa)	Delta P Exp (PSI)
5,1	6127,35	0,888665	5558,49	0,806163

Tabla de Pérdidas Secundarias

Nº	Q (m3/s)	V (m/s)	Re	Epsilon	deltaP (Pa)	deltaP_exp(Pa)	Error	Epsilon_exp
1	0,0003361	2,6567	40558,8931	5,1000	17931,2037	17522,3737	0,0228	13,2404
2	0,0003181	2,5141	38380,9109	5,1000	16057,1258	15627,9206	0,0267	12,4791
3	0,0003071	2,4285	37845,8108	5,1000	14977,5619	14535,3160	0,0295	12,0195
4	0,0002971	2,3524	36660,0408	5,1000	14053,7228	13597,7119	0,0324	11,6079
5	0,0002891	2,2858	35622,4906	5,1000	13269,4846	12804,5995	0,0350	11,2492
6	0,0002671	2,1146	32954,5107	5,1000	11356,2574	10865,4799	0,0432	10,3184
7	0,0002421	1,9149	29841,8674	5,1000	9312,3113	8791,4524	0,0559	9,2196
8	0,0002291	1,8103	28630,4779	5,1000	8320,5577	7786,4519	0,0642	8,6397
9	0,0002101	1,6581	26223,7117	5,1000	6980,4523	6425,8140	0,0795	7,7843
10	0,0001961	1,5535	24569,0622	5,1000	6127,3459	5555,6760	0,0933	7,1835

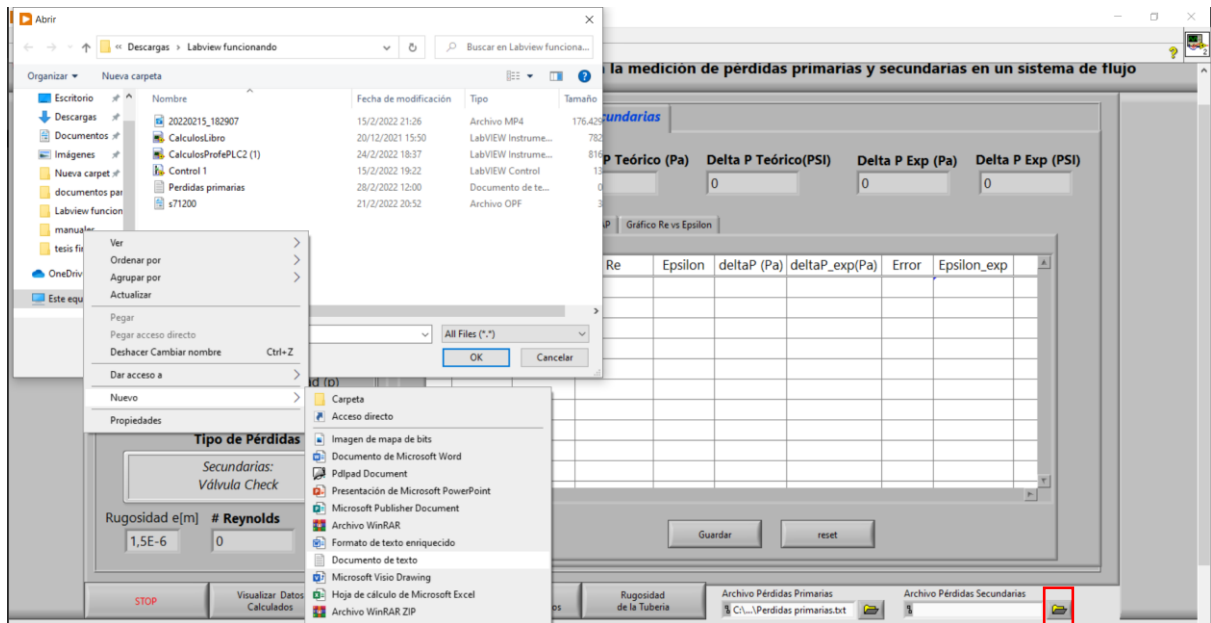
Botones: Guardar, reset

Para volver a tomar otro valor es necesario variar el caudal a la salida mediante una válvula, se puede guiar observando la pantalla en la opción caudal. Este proceso se repite 10 veces para obtener 10 datos, esto se hace variando la apertura de la válvula V-15.

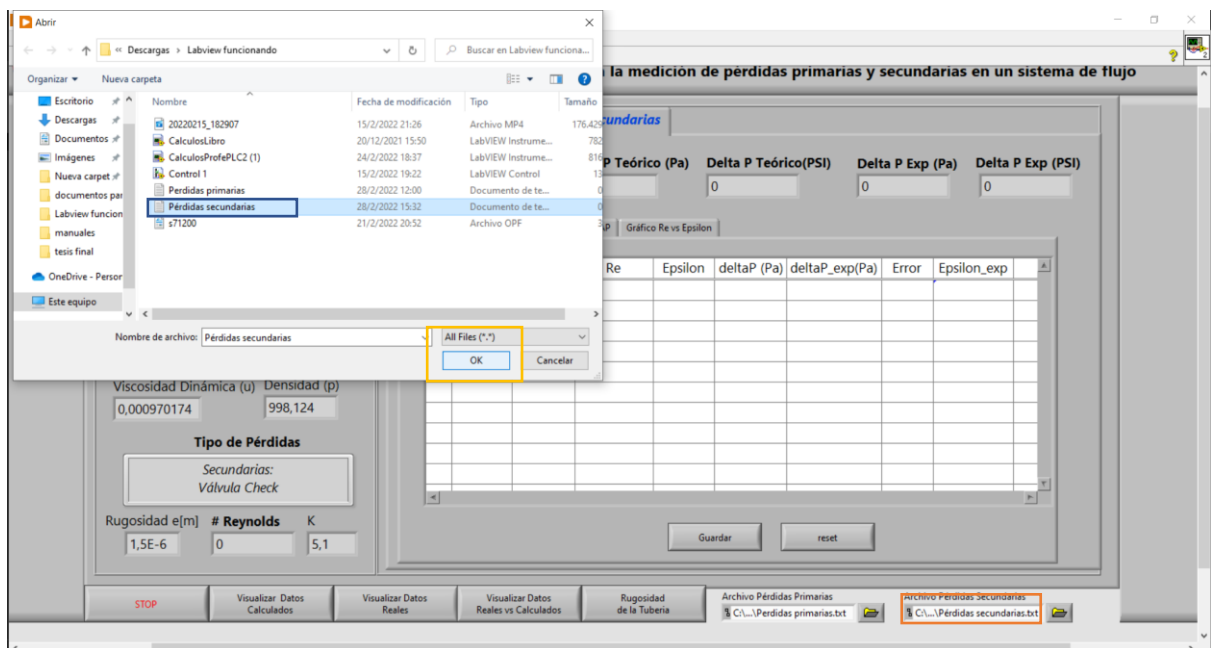


Una vez obtenido los datos dirigir a la opción gráfico Q vs Δ_P y dar clic en graficar, en este apartado se puede observar la gráfica $\Delta_{PTeórico}$, $\Delta_{PExperimental}$ sobre Q.

Para evitar que el programa falle se debe crear un archivo de pérdidas secundarias, entonces dar clic en el icono de archivo pérdidas secundarias, seleccionar el lugar de ubicación, dar clic derecho, dirigir a nuevo y crear un documento de texto.



Una vez creado seleccionar el archivo y dar clic en OK. Por último, ya queda seleccionado ese archivo.



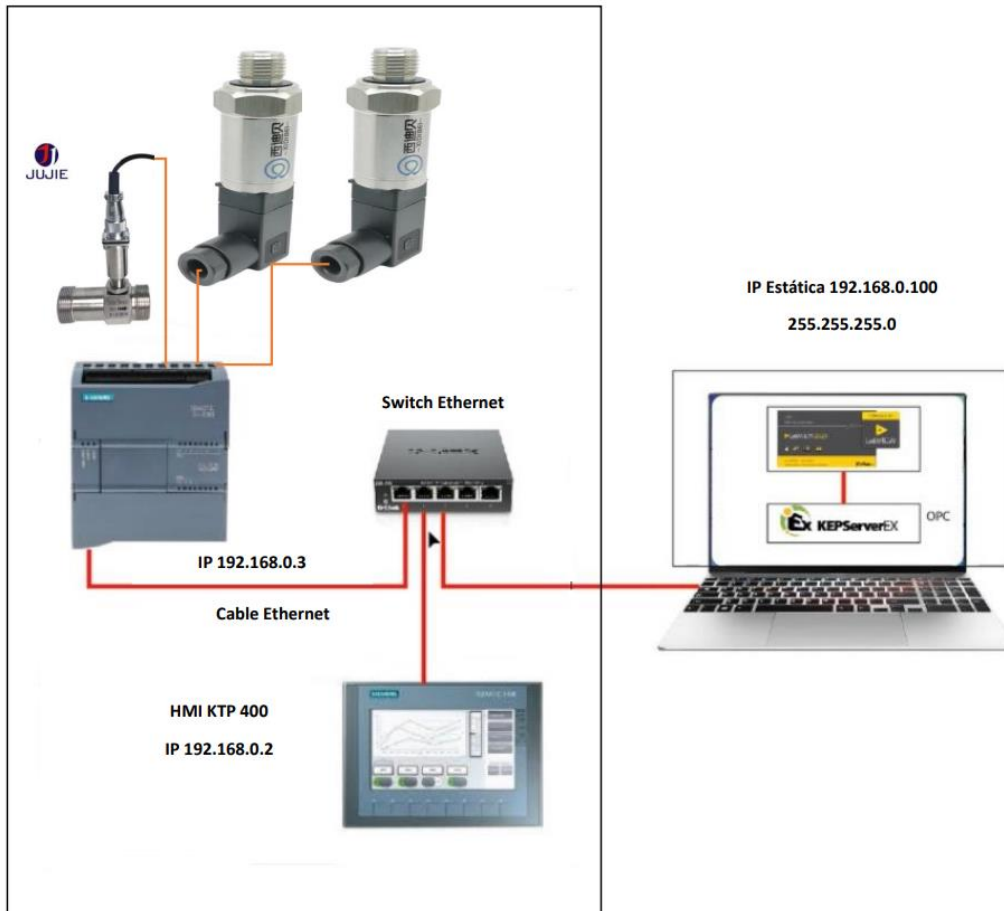
Repetir el proceso del literal 5 para la tubería 5, tubería 6 y tubería 7.

Anexo J: Manual del sistema de adquisición de datos

En este presente manual se detalla la comunicación y desarrollo del sistema de supervisión y adquisición de datos.

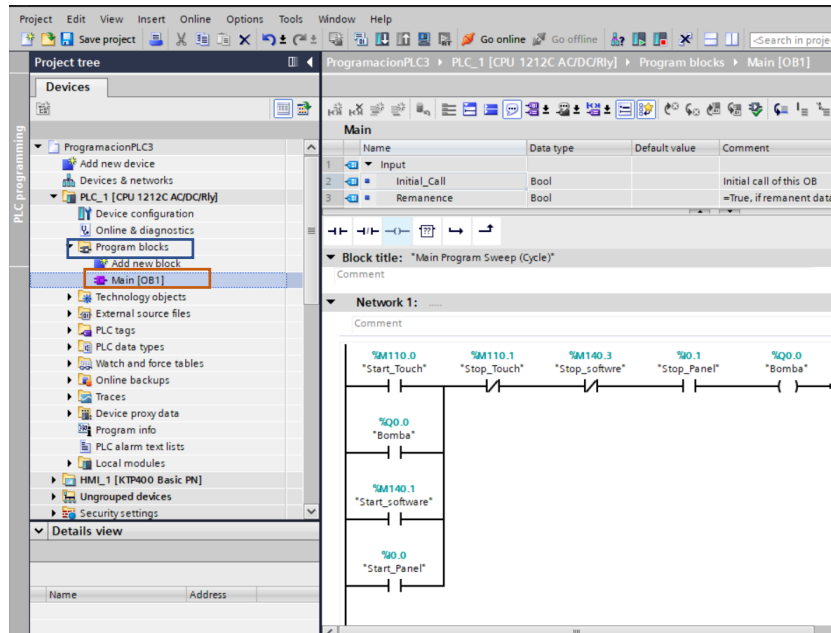
1. Enlazar

Para enlazar el PLC, la pantalla KTP 400 y la PC, se lo realiza mediante un Switch Ethernet, el sistema de visualización y monitoreo desarrollado en un software es enlazado a través de un OPC creado en KEPServer.



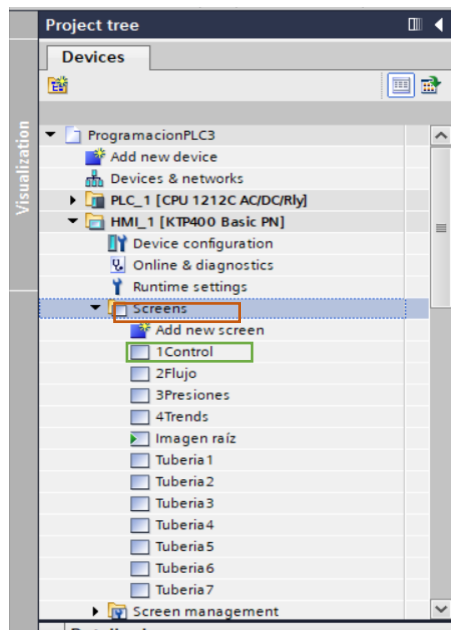
2. PLC

Para realizar la programación se debe ingresar a la opción program blocks y se despliega la opción Main OB1.

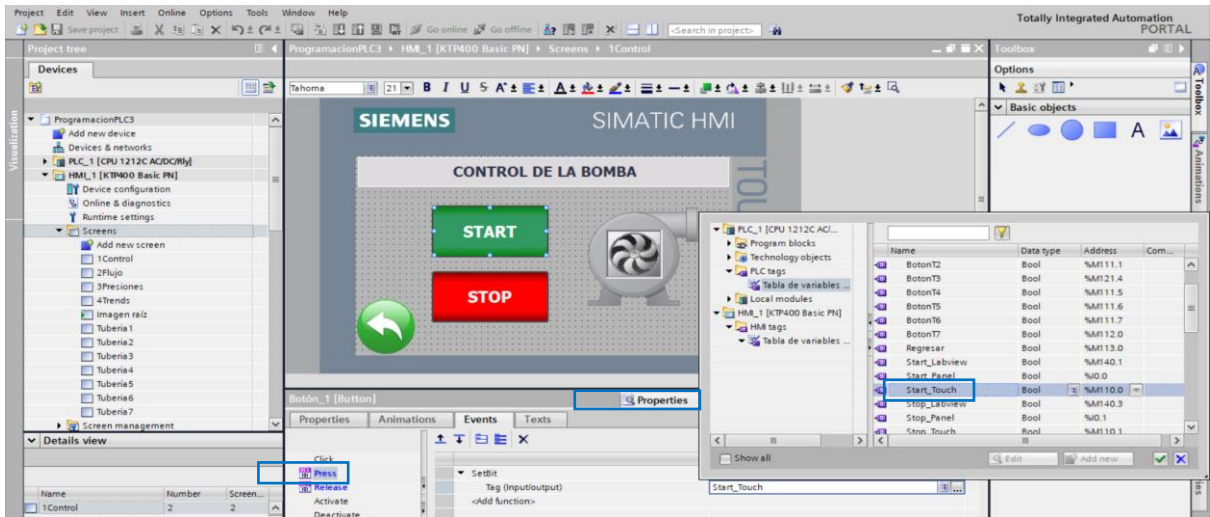


En este apartado se realiza la programación Ladder de las variables necesarias a controlar. Estas variables están enviadas directamente a la pantalla KTP 400 y así poder visualizarlas.

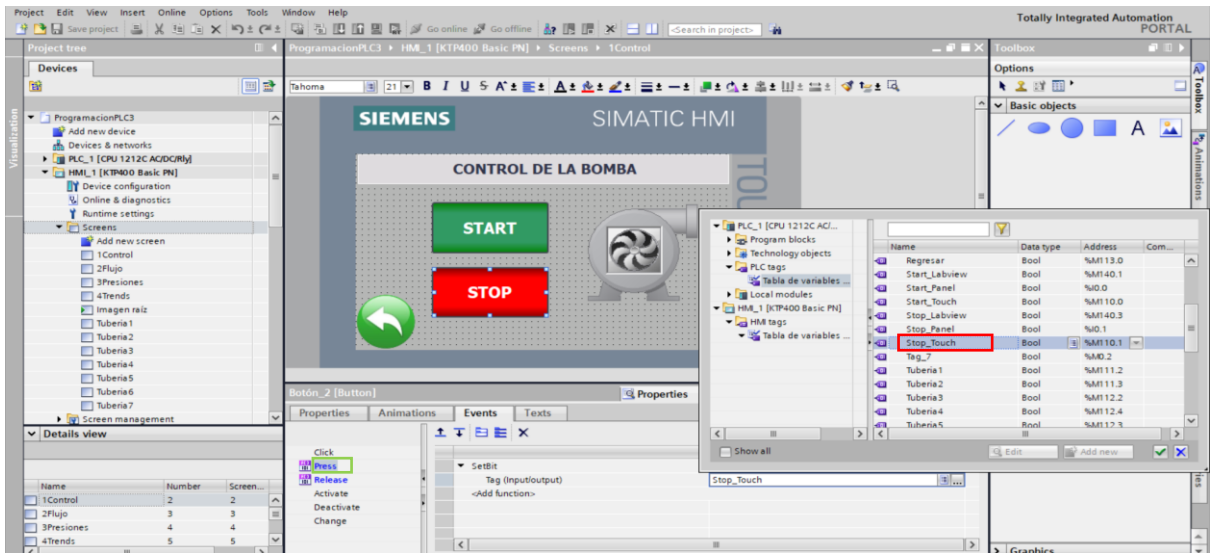
Dentro de la HMI KTP 400 nos dirigimos a screens estas variables se conectan por profinet



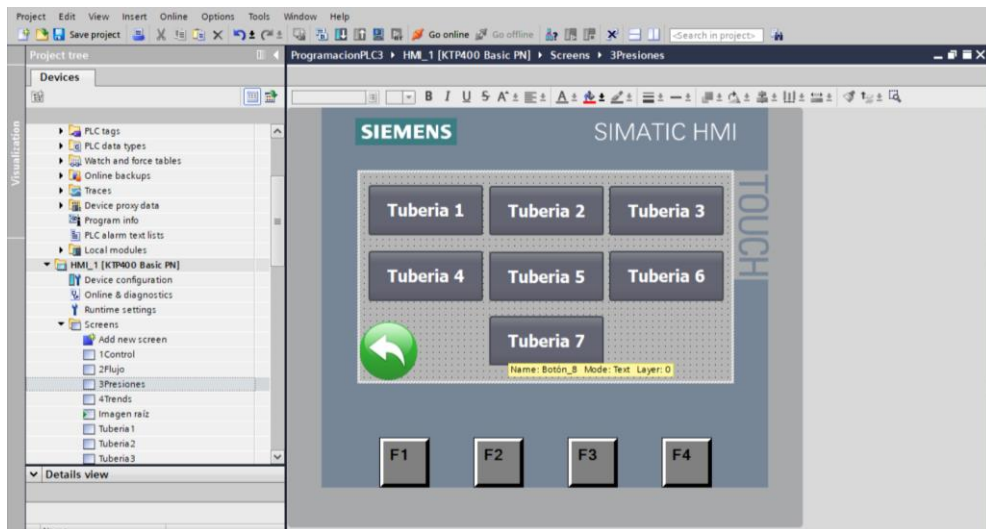
En la pantalla control se observa la variable start agregada en la memoria %M110.0 que viene directamente del PLC.



También se encuentra la variable stop agregada en la memoria %M110.1 que viene directamente del PLC.

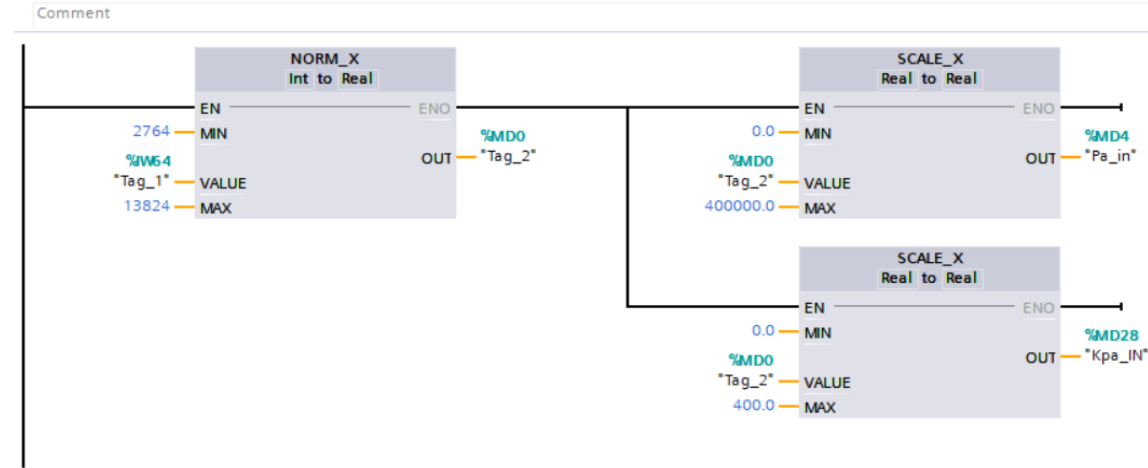


Al elegir la pantalla de presiones se puede visualizar las 7 tuberías.

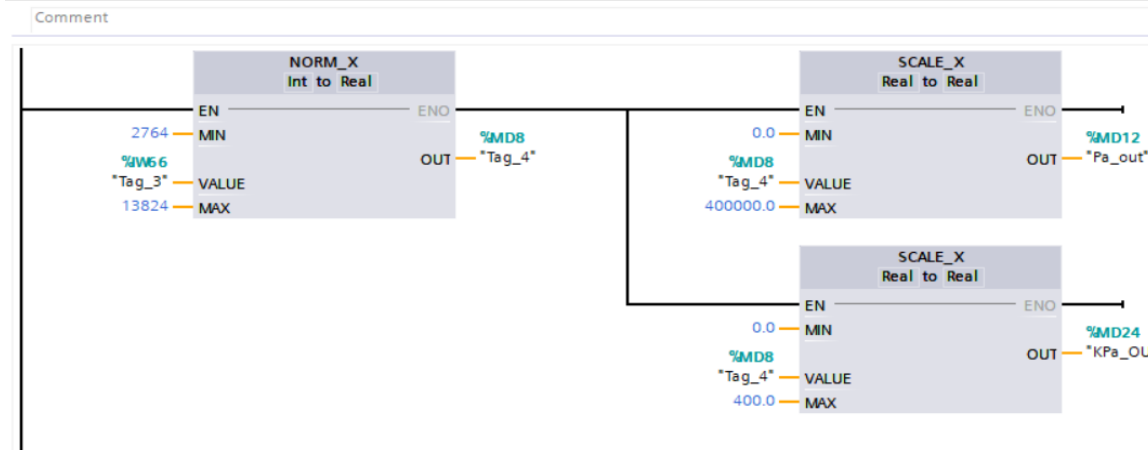


Las variables de escalamiento programadas en el PLC se utilizan directamente en la pantalla HMI KTP 400. En este caso se selecciona la tubería 1.

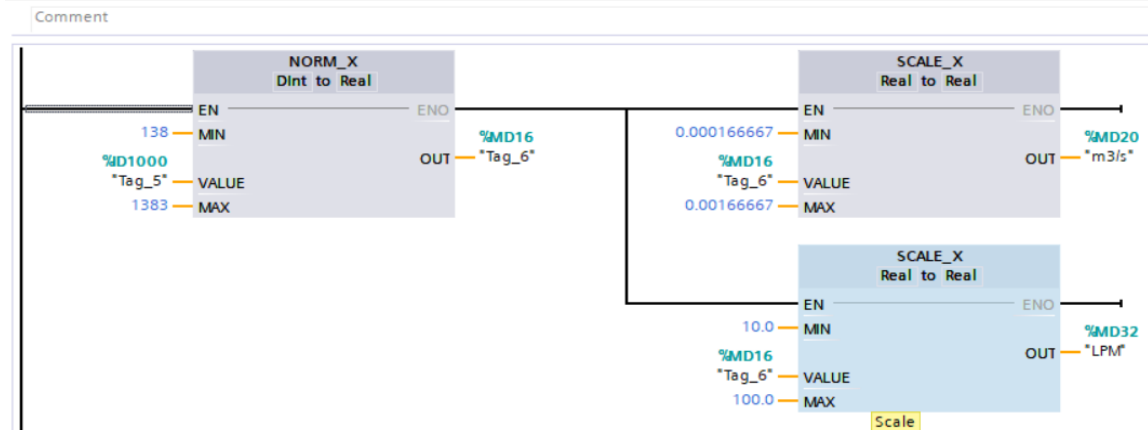
Network 2: Escalamiento Transmisor de presión entrada



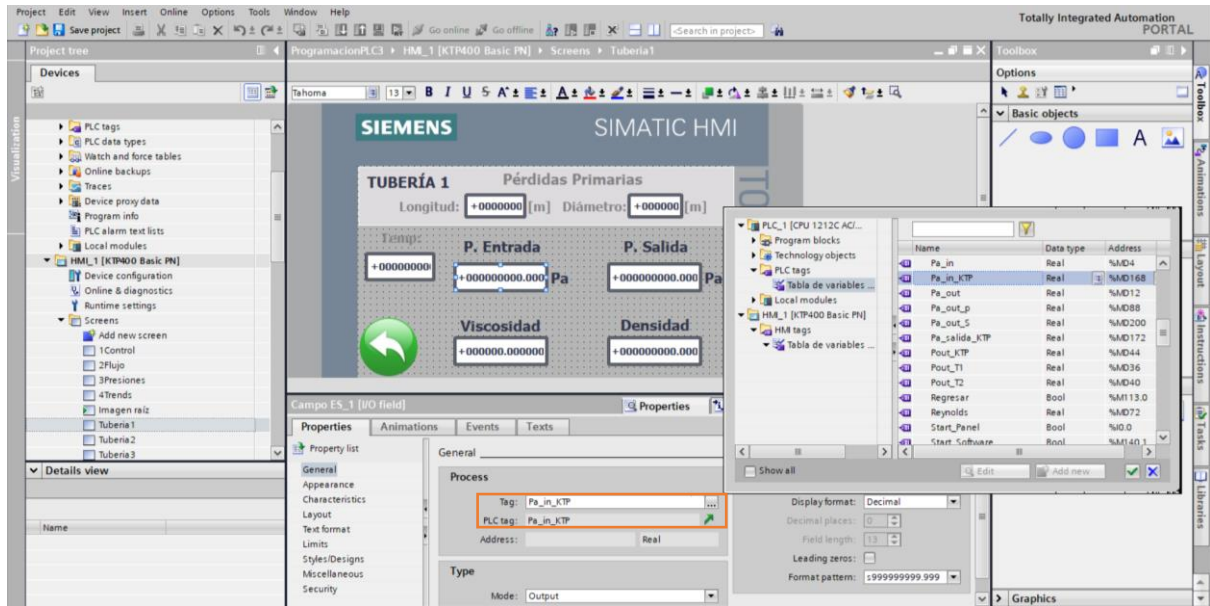
Network 3: Escalamiento Transmisor de presión salida



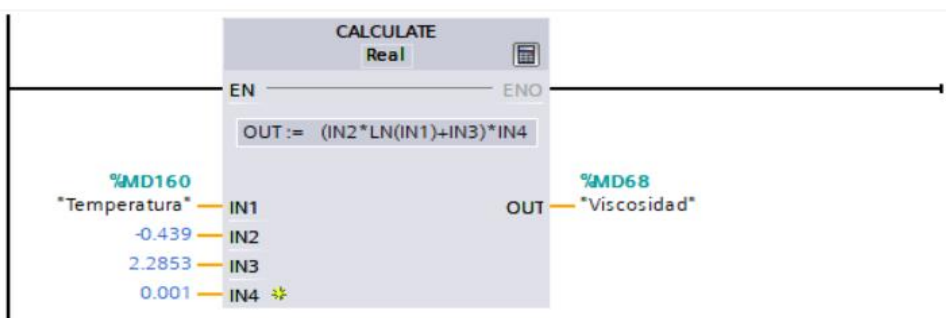
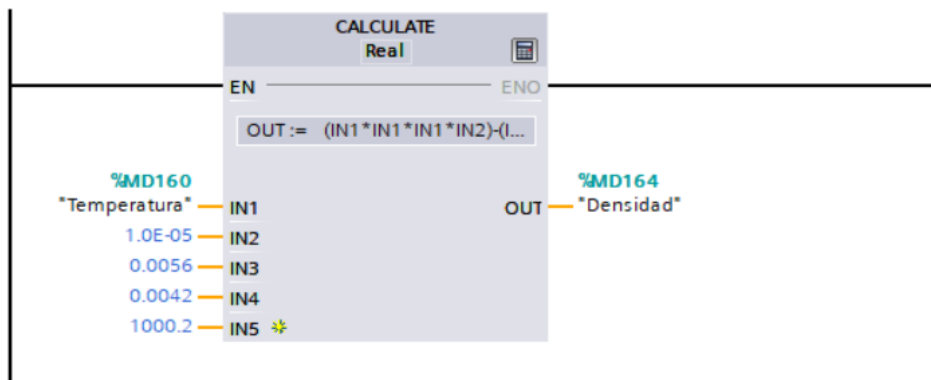
Network 4: Escalamiento medidor de flujo



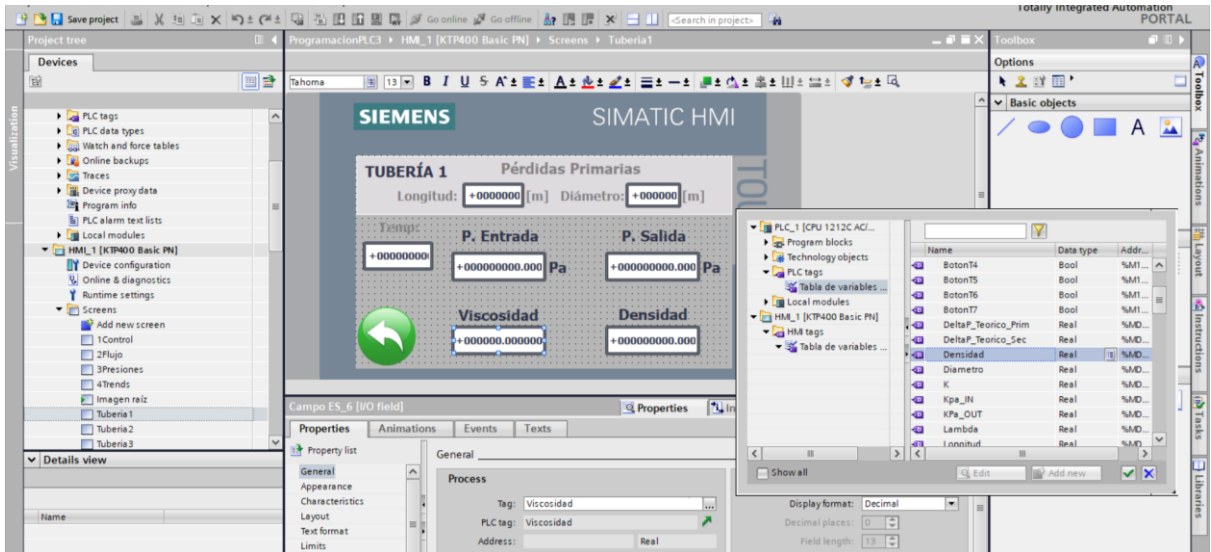
Para la tubería 1 se elige la variable correspondiente del PLC, en este caso %MD168. Este procedimiento se lo realiza para todas las tuberías, ya sea la presión de entrada o salida.



En el caso de la Viscosidad y de la densidad depende de la temperatura y de igual manera hay que elegir la variable correspondiente programada en el PLC.



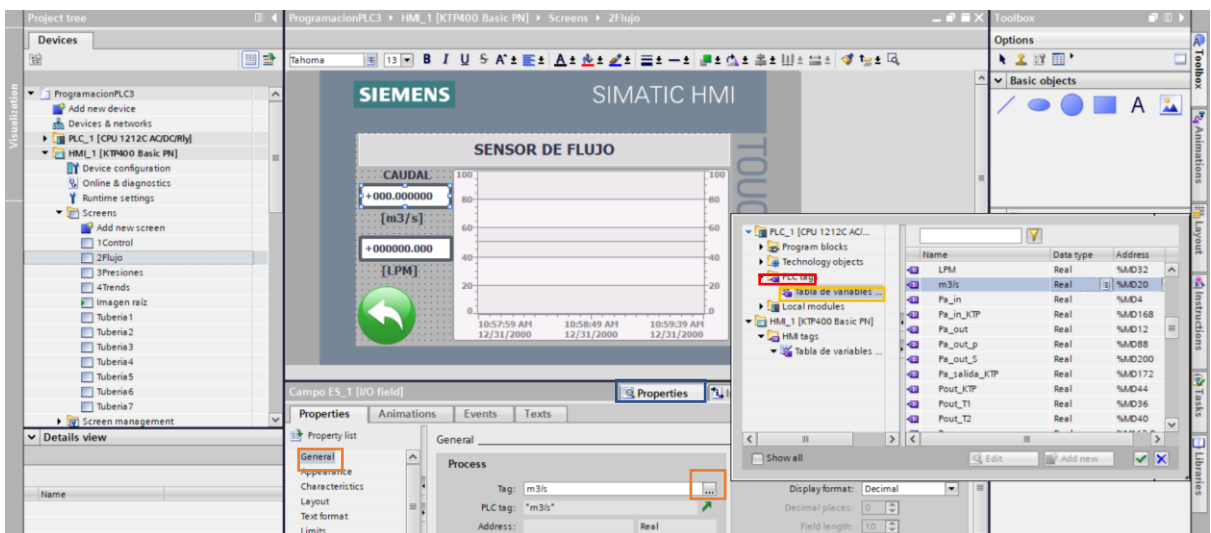
De igual manera en este punto podemos observar las variables del PLC viscosidad y densidad agregada a la pantalla HMI KTP 400 para ello ingresar en propiedades en la opción general, hacer clic en los puntos, luego aparece PLC tags, dar clic y aparece la tabla de variables y ahí elegir la variable que corresponda.



De esta manera se va enlazando las variables a la pantalla HMI KTP 400 para todas las tuberías

Pantalla de flujo

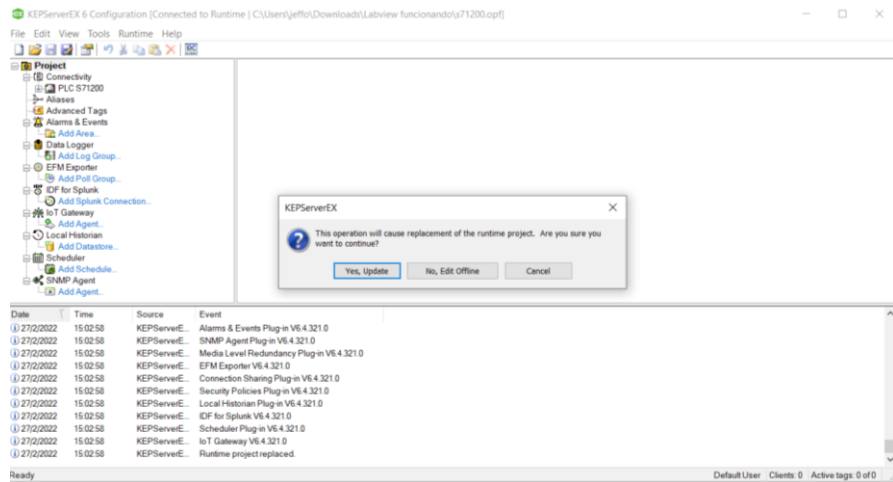
Para enlazar se agrega las variables del PLC a la pantalla HMI KTP 400, ingresar en propiedades en la opción general, hacer clic en los puntos, luego aparece PLC tags dar clic y aparece la tabla de variables y ahí elegir la variable que corresponda.



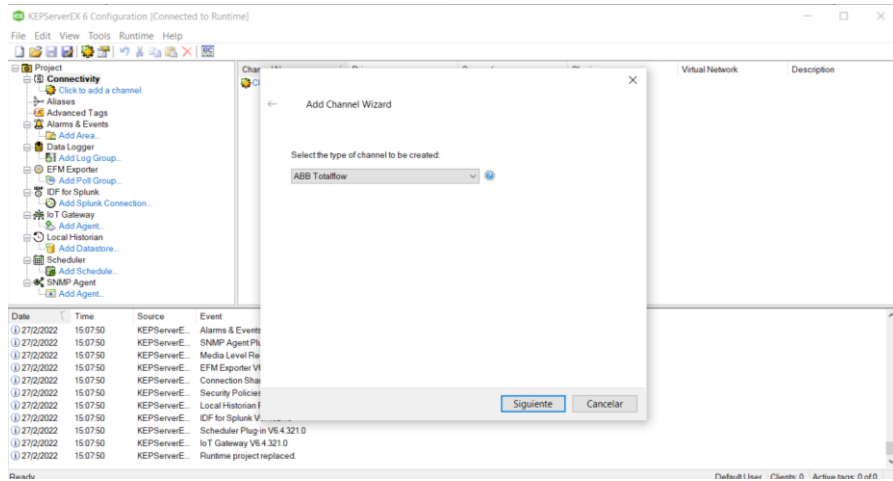
Una vez creada todas las variables en el PLC, se procede a seguir con la comunicación en este caso KEPServer.

3. KEPServer

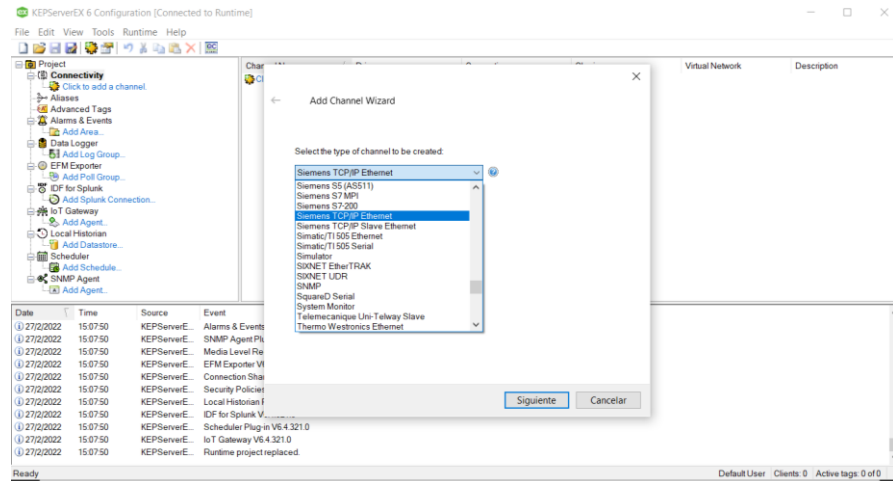
Ingresa a la aplicación, crear nuevo canal



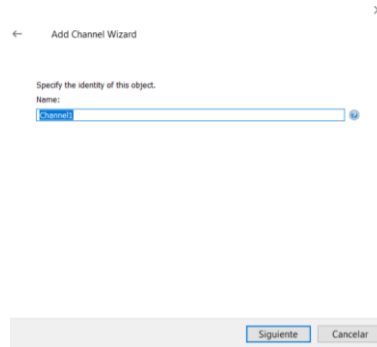
Clic to add channel



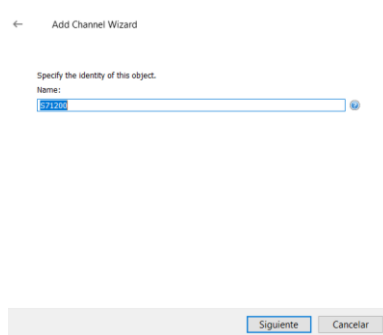
Elegir siemens TCP/IP Ethernet



Dar clic en siguiente

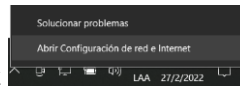


Escribir S71200 y dar clic siguiente



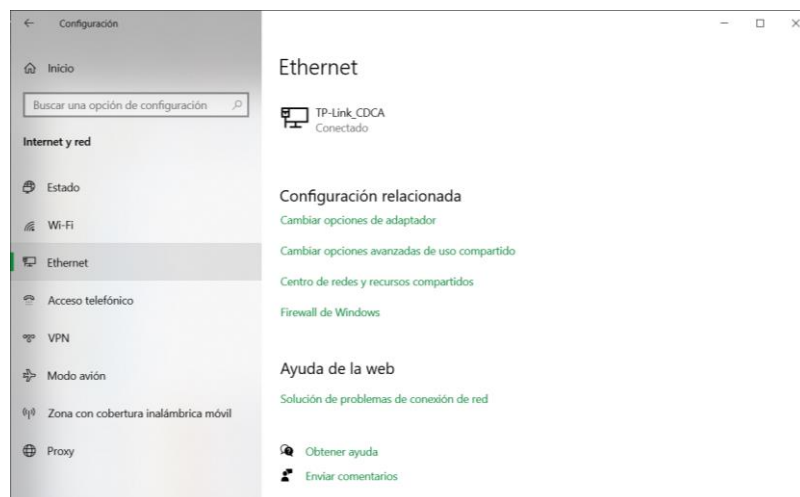
En este punto hay que elegir un IP estático para que funcione

Dar clic derecho en la conexión de internet internet.

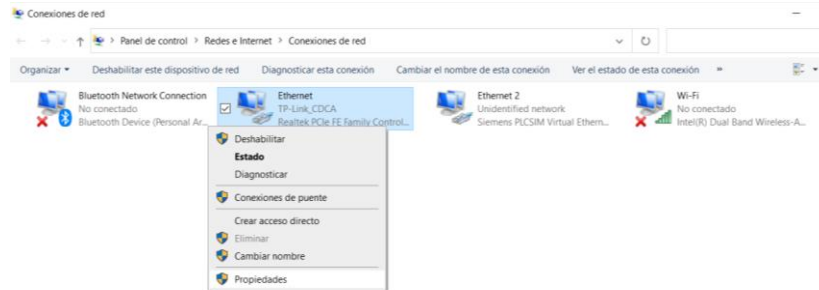


Abrir configuración de red e

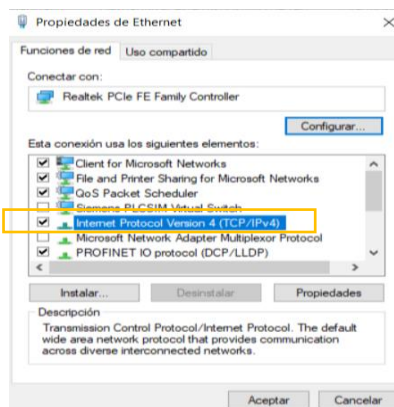
Ingresar a Ethernet en cambiar opciones de adaptador



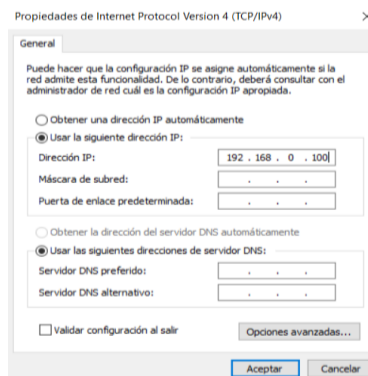
Luego aparece Ethernet y dar clic derecho ingresar en propiedades



Seleccionar la siguiente opción y dar doble clic izquierdo



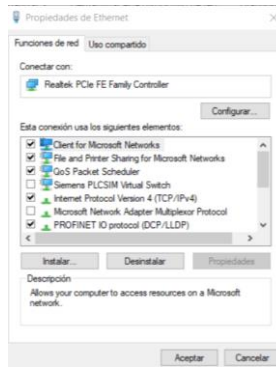
Luego dirigir a la opción usar la siguiente dirección IP, escribir la IP que es del PLC



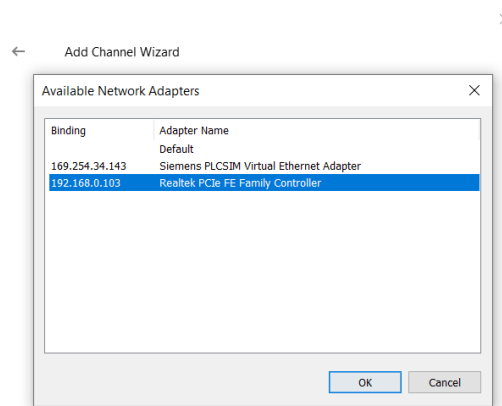
Dar clic en el cuadro Máscara de subred y automáticamente aparecen unos números por último clic en aceptar.



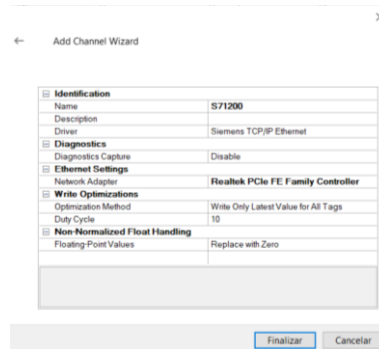
Otra vez clic en aceptar y listo esta configurado la IP del PLC.



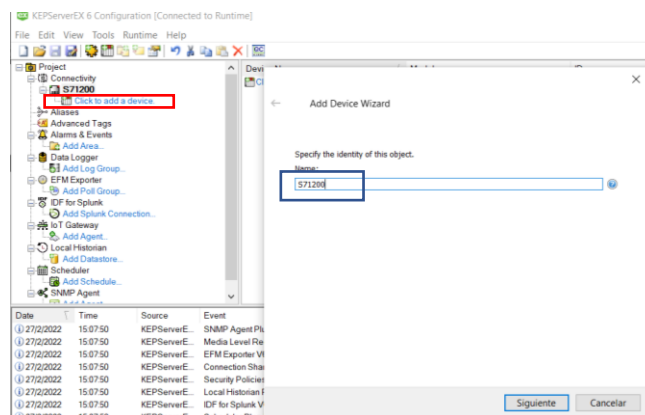
En este apartado debe aparecer el IP que se configuró anteriormente, en este caso como no está conectado el PLC no aparece y para continuar elegir el IP seleccionado y dar clic en OK.



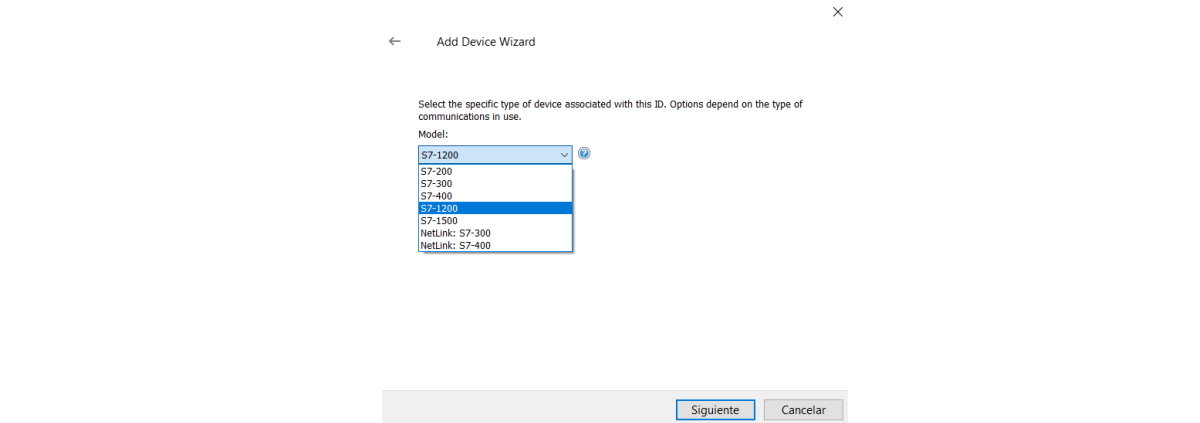
Luego dar clic en siguiente a todo hasta llegar a finalizar



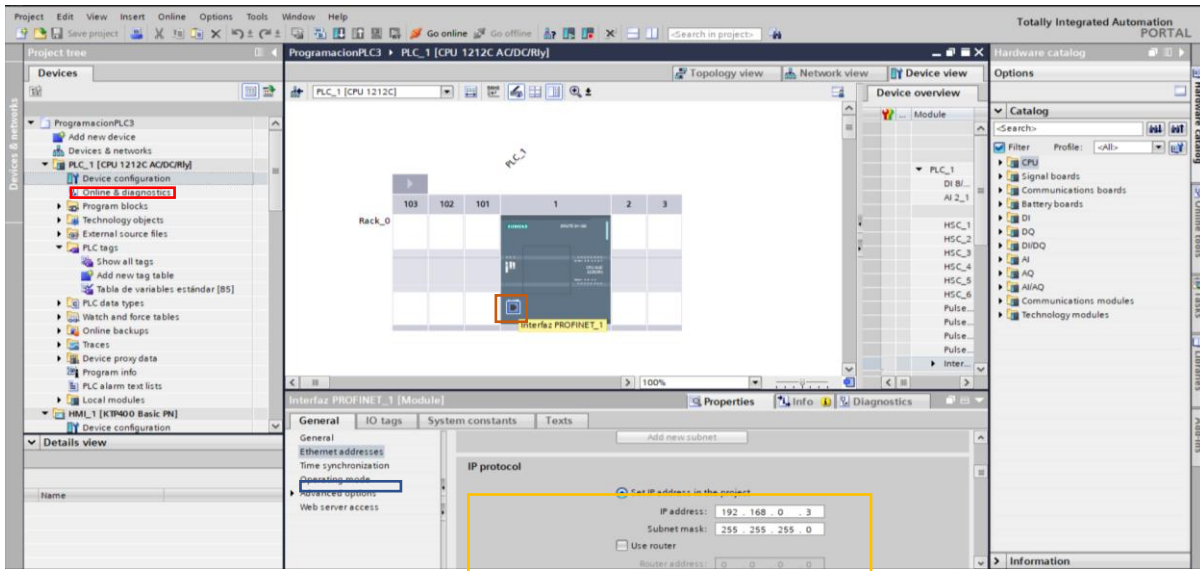
Agregar dispositivo S71200, clic en siguiente



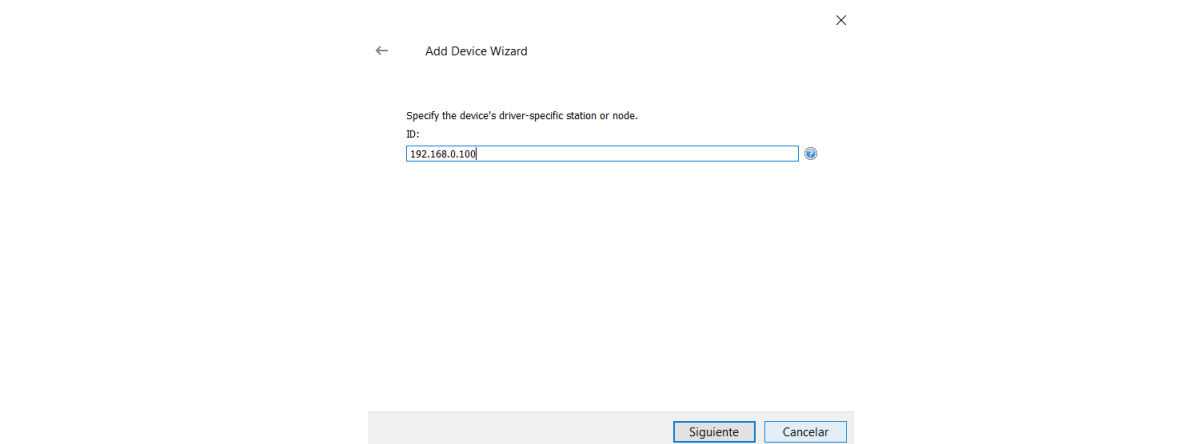
Elegir el PLC S71200, clic en siguiente



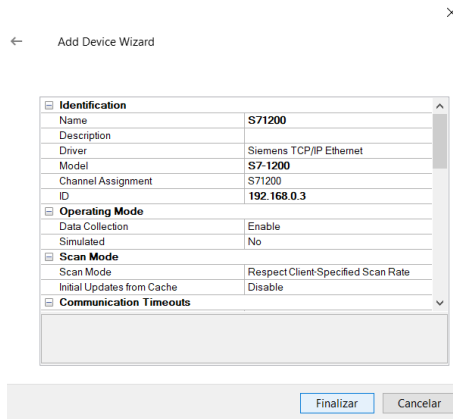
Para conocer el IP de PLC dar clic en device configuration, luego en interfaz profinet_1, seleccionar Ethernet addresses and verificar en IP protocol.



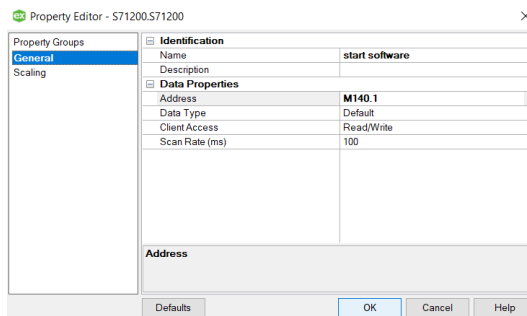
Colocar el IP del PLC



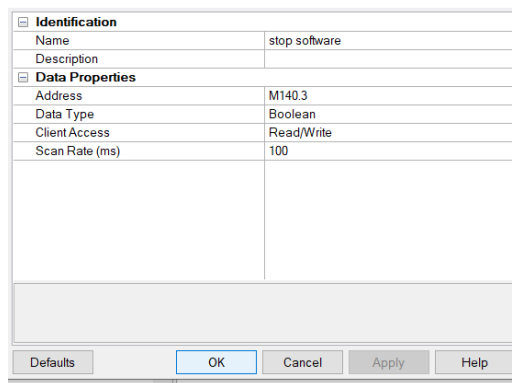
Dar clic en siguiente a todo hasta llegar a finalizar



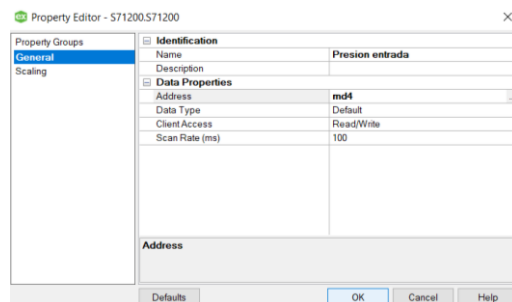
Crear nuevo tag para start esta variable viene desde el PLC %M140.1 y dar clic en OK



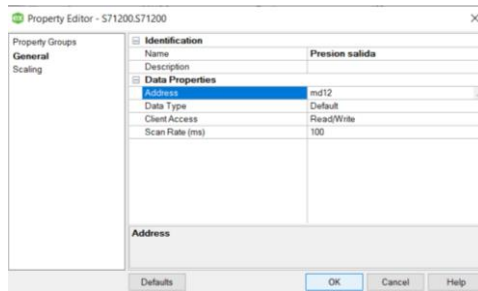
Crear nuevo tag para stop esta variable viene desde el PLC %M140.3 y dar clic en OK



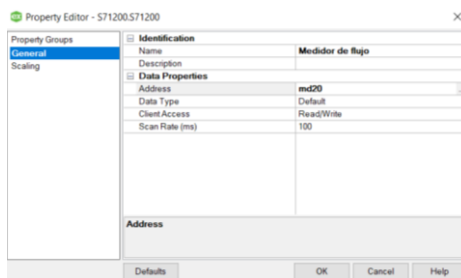
Crear nuevo tag para Presión de entrada esta variable viene desde el PLC %MD4 y dar clic en OK.



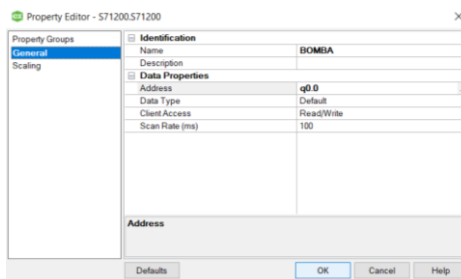
Crear nuevo tag para Presión de salida esta variable viene desde el PLC %MD12 y dar clic en OK.



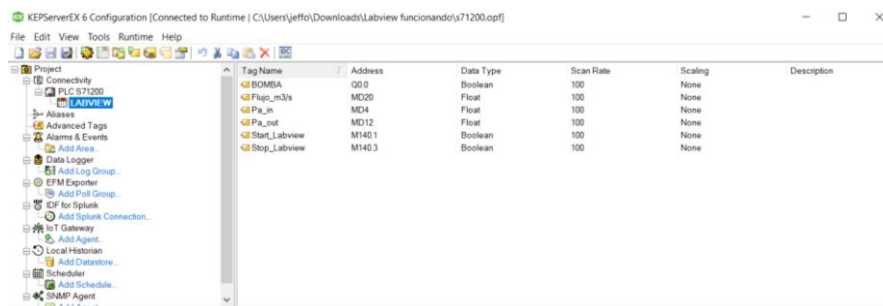
Crear nuevo tag para Medidor de flujo esta variable viene desde el PLC %MD20 y dar clic en OK.



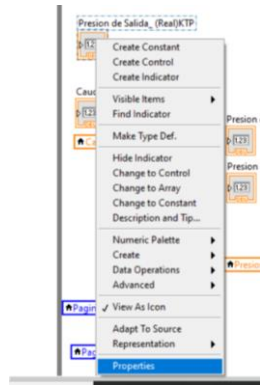
Crear nuevo tag para Bomba esta variable viene desde el PLC %Q0.0 y dar clic en OK



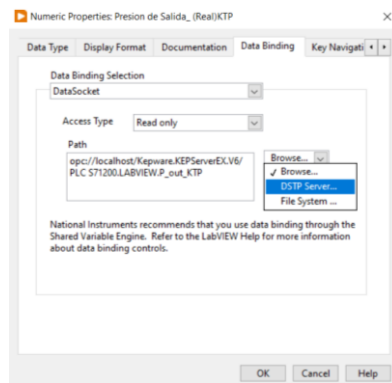
Por último, automáticamente se guardan todas las variables agregadas y este tag se debe enlazar con el software para supervisar y adquirir datos.



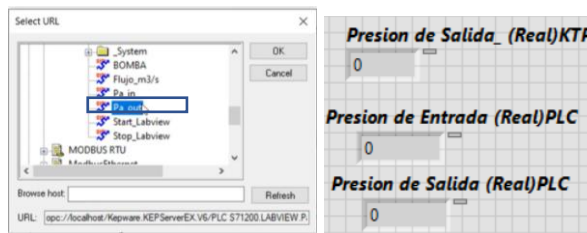
Dentro del software se encuentra la variable de presión salida, dar clic en propiedades e ingresar



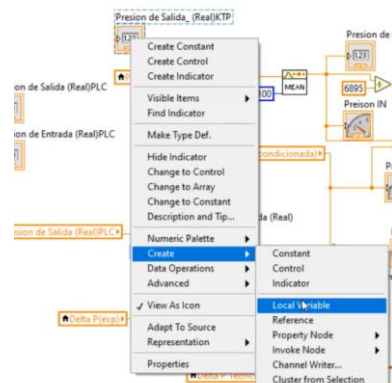
Luego dirigir a Data Binding. En la opción Browse escoger DSTP Server y dar clic en OK



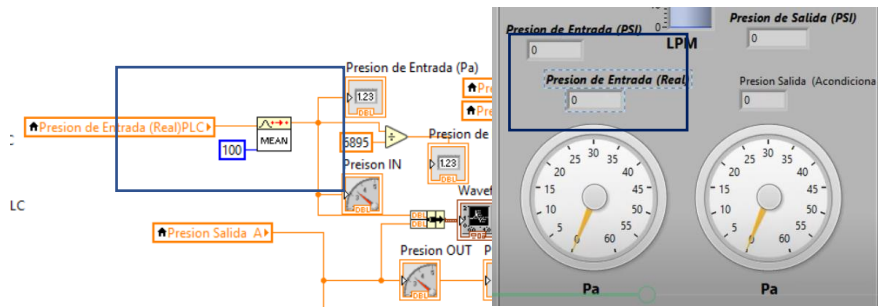
Elegir kep Server e ingresar a PLC S71200 en la opción del software para enlazar las variables en este caso la presión de salida, dar clic en Ok y ahí se enlaza con el software como se observa en la imagen.



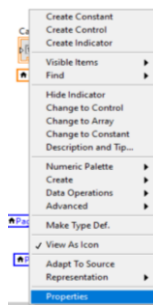
En el software dar clic derecho la variable de presión de salida que está enlazada con el OPC, créate y seleccione local variable y por último seleccionar change to read.



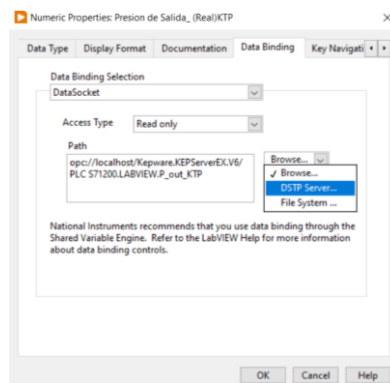
Esa variable de presión se envía por un filtro promediado para estabilizar un poco, por que varía mucho, de ahí se indica en la pantalla principal.



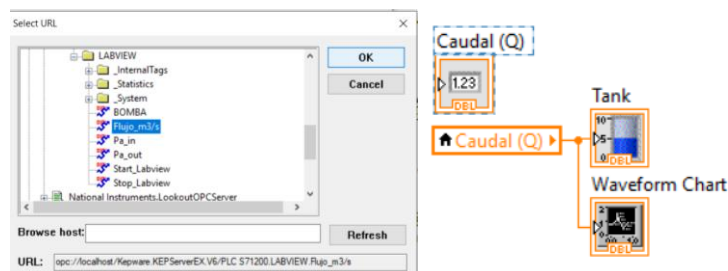
Lo mismo se realiza para la variable de Caudal, dar clic e ingresar en propiedades



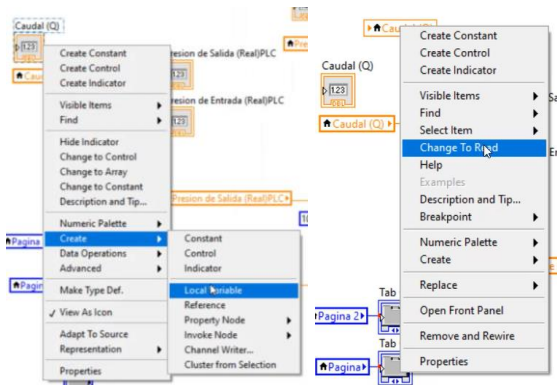
Luego dirigir a Data Binding, DataSocket, Read only. En la opción Browse escoger DSTP Server y dar clic en OK



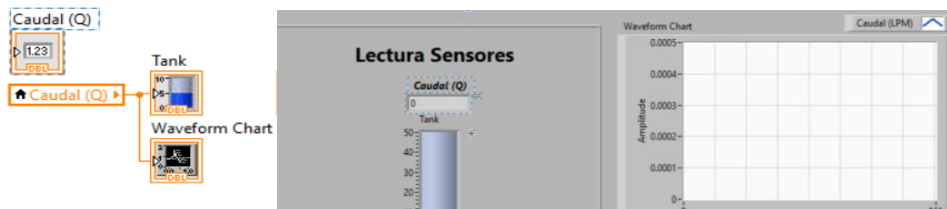
Elegir kep Server e ingresar a PLC S71200 en la opción del software para enlazar las variables en este caso el Flujo, dar clic en Ok y ahí se enlaza con el software como se observa en la imagen.



En el software dar clic derecho la variable de caudal que está enlazada con el OPC, créate y seleccione local variable y por último seleccionar change to read.

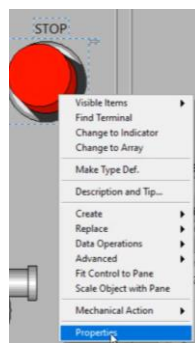


Entonces esta variable se indica en la pantalla principal como se observa en la imagen

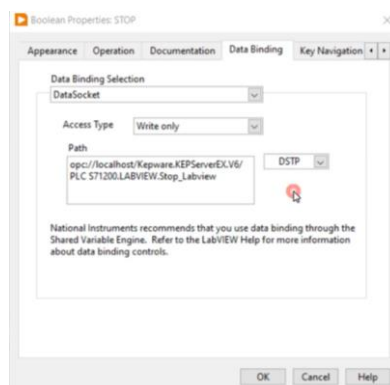


Este proceso es el mismo para la presión de salida, led indicador de la bomba

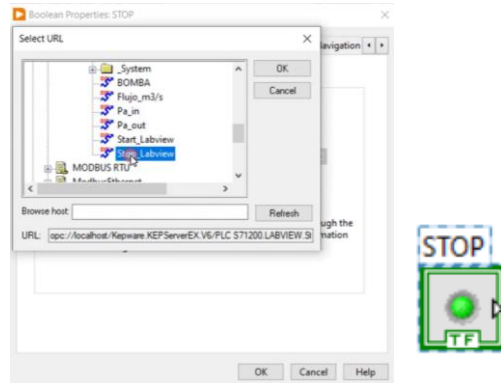
En el caso de los pulsadores es el mismo proceso, dar clic e ingresar en propiedades



Luego dirigir a Data Binding, DataSocket, White only. En la opción Browse escoger DSTP Server y dar clic en OK.

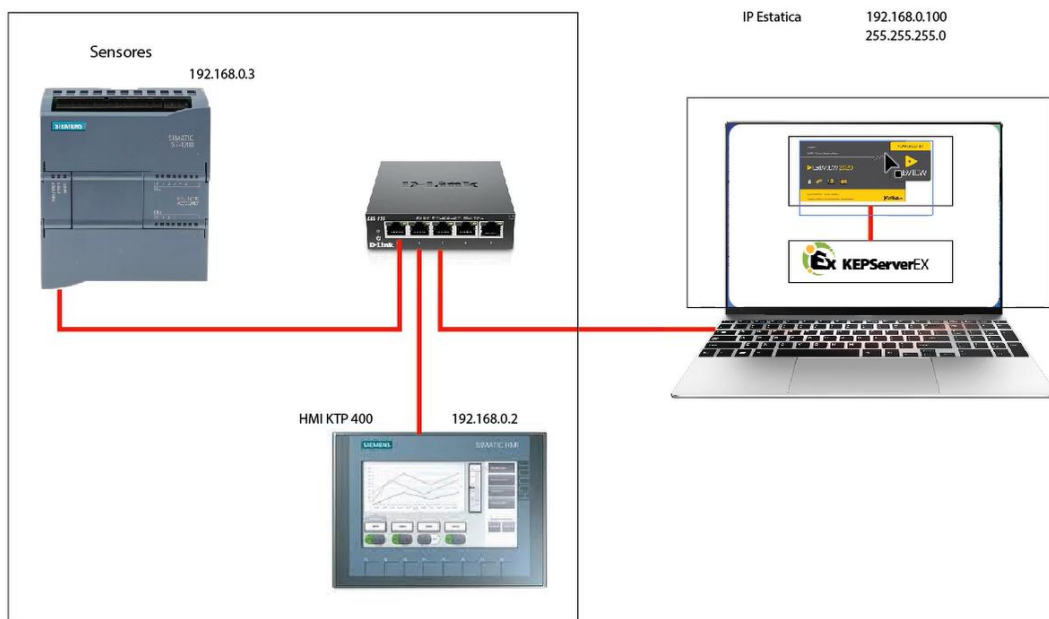


Elegir kep Server e ingresar a PLC S71200 en la opción del software para enlazar las variables en este caso el pulsador stop, dar clic en Ok y ahí se enlaza con el software como se observa en la imagen.

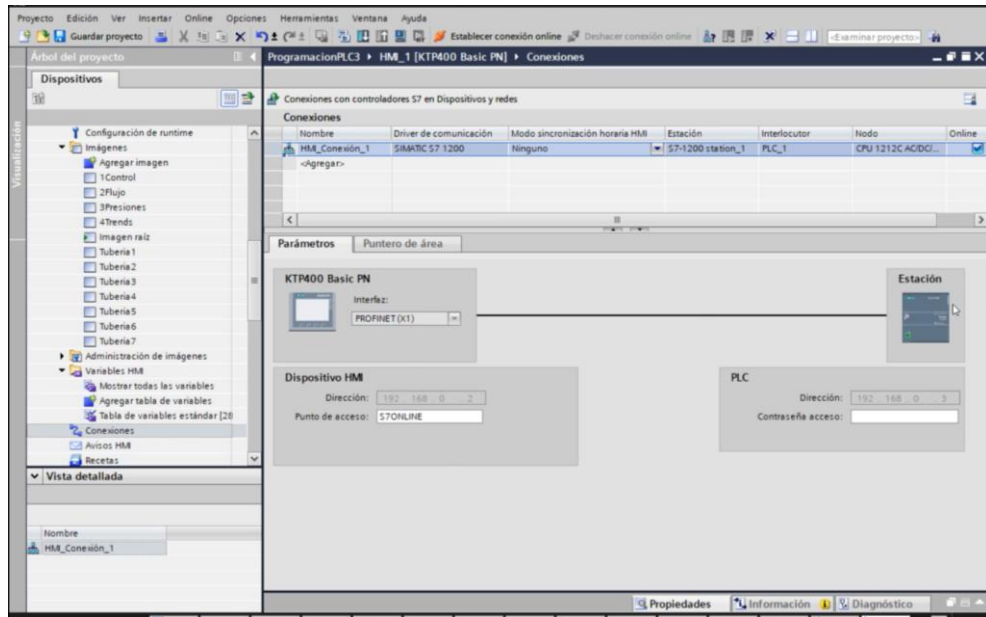


Este procedimiento es el mismo para el pulsador start

Este es el procedimiento del enlace entre el PLC, PC, KEPServer, para un funcionamiento correcto el KEPServer debe estar abierto además la IP debe ser estática para que se conecten entre ellos.

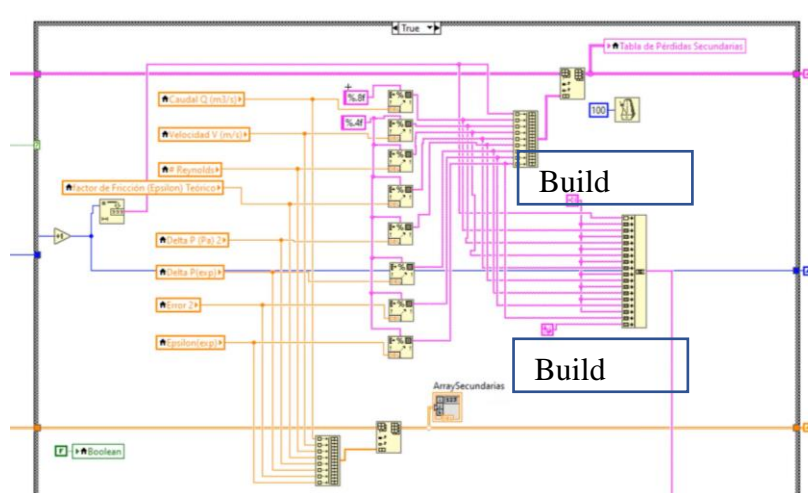


El IP del HMI KTP 400 y PLC se muestra en la siguiente imagen

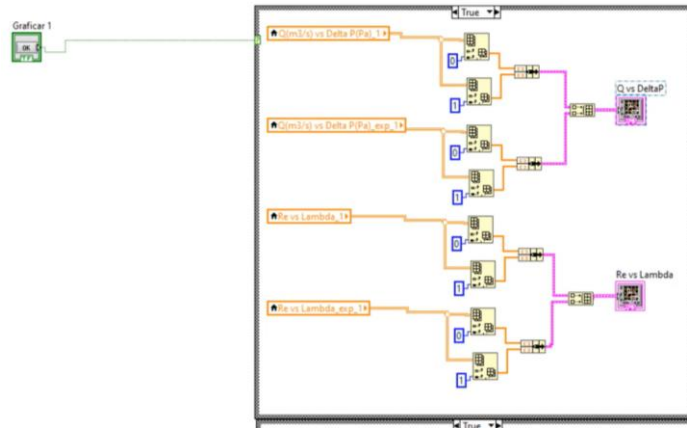


4. Programación software

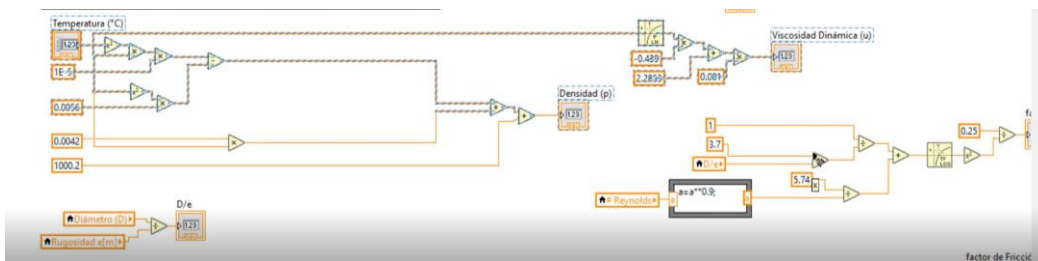
Una vez agregadas las variables en el software las de color naranja son flotantes y el color rosado es string. Para eso es necesario realizar una transformación de número a string, también se puede condicionar el número decimal que se requiera. Para visualizar la tabla de datos en tiempo real se utiliza un build Array.



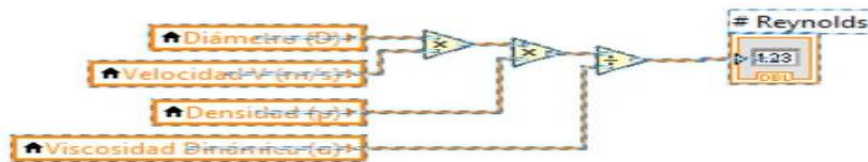
En esta estructura se van guardando los datos para luego graficar las curvas, las variables se van guardando en Array para posteriormente poder graficar.



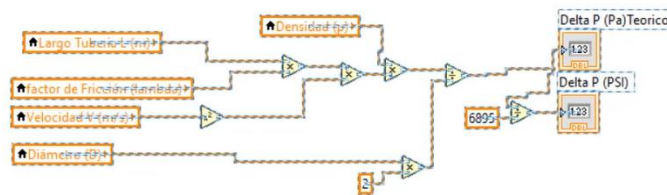
En esta parte de la programación se aplican las fórmulas de densidad, viscosidad, factor de fricción y D/e.



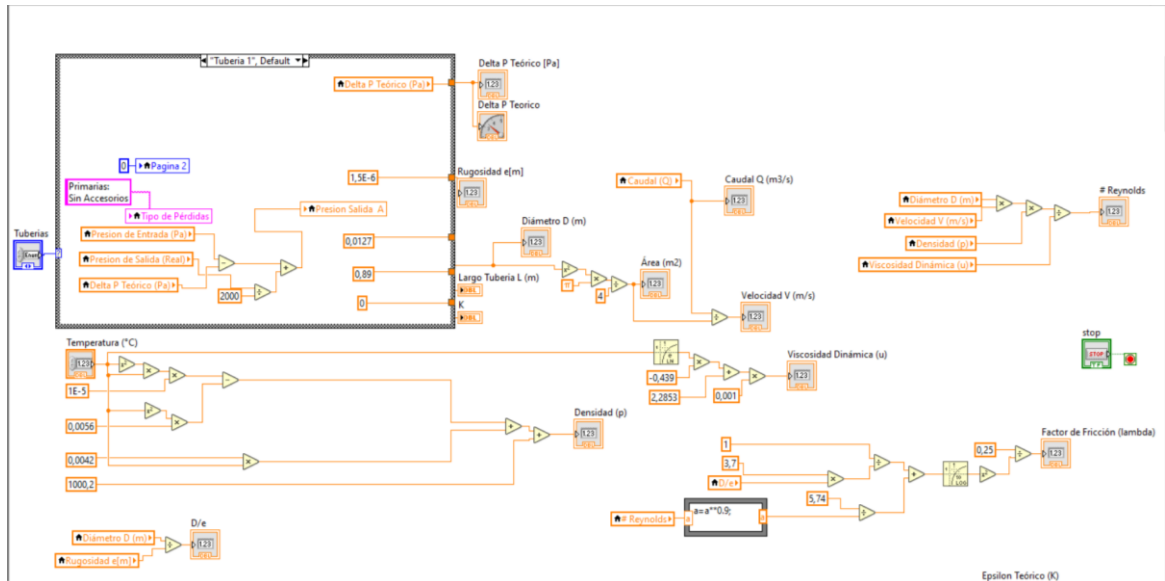
Con esta fórmula se calcula el número de Reynolds



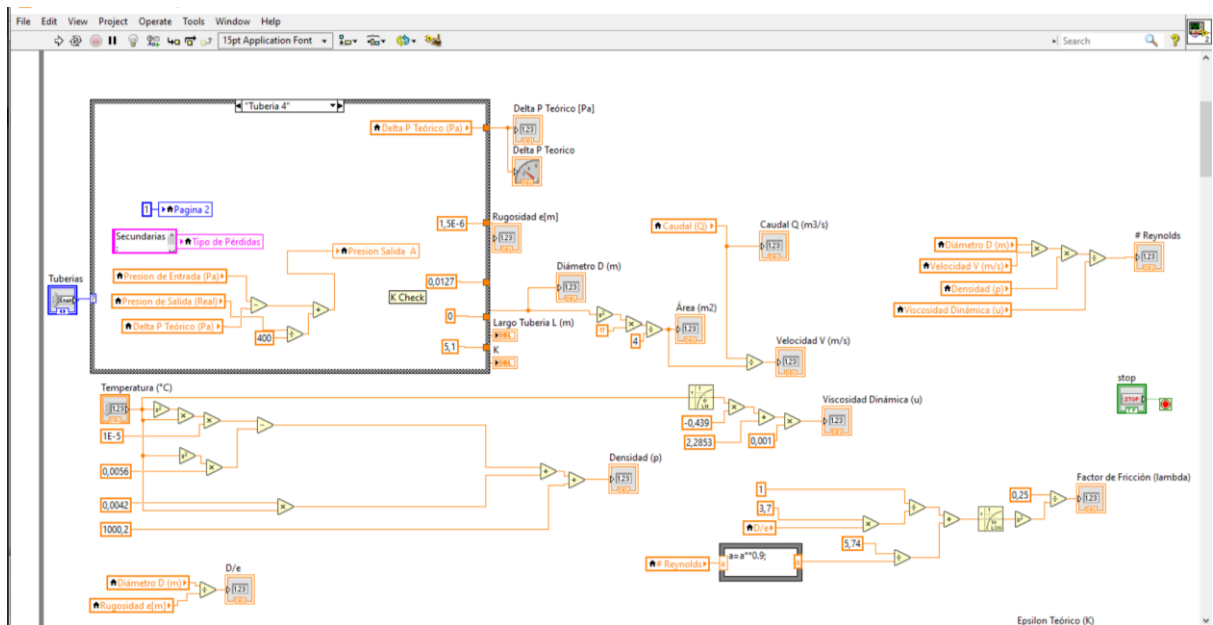
Con esta fórmula se calcula la pérdida de carga Teórico



La programación para cada tubería se realiza en un ciclo White, aquí se dan las condiciones en el caso de las pérdidas primarias hay que ubicar el diámetro de la tubería, longitud, rugosidad, también tenemos el cálculo de la velocidad. Este proceso se repite para la tubería 3,4.



En el caso de las tuberías para pérdidas secundarias simplemente se aplica el coeficiente de resistencia, este proceso se repite para la tubería 4,5,6,7.



Anexo K: Manual de Mantenimiento

En este presente documento se detalla los pasos a seguir para dar mantenimiento

1. Sistema de flujo

- Para cualquier tipo de mantenimiento es de mucha importancia que el sistema quede sin agua, para lo cual se recomienda abrir las dos válvulas que están ubicadas en la parte trasera de la estructura.



2. Para dar mantenimiento a las tuberías en caso de haber fugas de agua, las tuberías cuentan con uniones universales al inicio y final con el objetivo de desarmar línea por línea.

- Sea el caso de fugas en los acoples rápidos de 1/4 que van conectados a los transmisores de presión por medio de una manguera negra, la mejor manera es volver a soldar con Pega tanque transparente que es para líquidos y después se aplica el Pega tanque blanco.
- Si la fuga de agua es por las uniones, codos, tees, válvulas y cualquier accesorio, la mejor manera de resolver este inconveniente es mediante el desarmado de las partes afectadas para facilidad del trabajo utilizar una llave de pico y un playo de presión. Aplicar teflón lo suficiente y además colocar sellador Sika por todo el teflón, como último paso volver a unir estos accesorios utilizando las respectivas llaves.

3. Para el mantenimiento en el tablero de control

- Desenergizar el tablero de control, y proceder a colocar la tarjeta de precaución antes de dar inicio a la actividad.
- Verificar el estado de los componentes del tablero de control eléctrico, si existen anomalías deberían registrarse en las observaciones.
- Desempolvar el equipo el polvo es causante de muchas de las averías, ya que no podemos decir que un sistema está en sus óptimas condiciones si el mismo se encuentra sucio.
- Reapretar los tornillos del sistema de fuerza, partes electrónicas y del control.

- Organizar el cableado el orden siempre es importante cuando se trata de tableros de control eléctrico, cuando necesites echarles un vistazo rápido lo ideal es que sepas cuál cable está conectado a la parte que tocas.
- Verificar que los cables no estén unidos.
- Utilizar las respectivas herramientas en este caso el multímetro.

4. Mantenimiento en el módulo de sensores

- El módulo de los sensores, se puede abrir ya que cuenta con pernos y tornillos para la sujeción, de esta manera tener un control en los bornes en caso de desconectarse se puede soldar con cautín y aislar con Taípe.
- Si el medidor de flujo no está funcionando es necesario aflojar las uniones universales de entrada y salida del medidor, luego se procese a limpiar la aleta que se atasca por la suciedad y ya no gira.
- Una vez limpio volver a conectar las uniones a la tubería para probar el funcionamiento.

5. Mantenimiento de la bomba

- Comprobar que la velocidad de la bomba de agua se corresponde con la salida.
- Examinar las bridas por si existen fugas, fisuras, desgastes o partes oxidadas que puedan hacer peligrar el funcionamiento.
- Examinar y reparar sellos.
- Comprobar la elevación de la bomba de agua respecto a su base.
- Comprobar que los puntos de montaje son seguros.
- Inspeccionar el sello mecánico y embalaje.
- Comprobar los acoplamientos.
- Limpiar los filtros.
- Eliminar la acumulación de polvo y suciedad de las bombas.