



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**TÍTULO**

**DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN LA DETERMINACIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS EN BOMBAS DE TORBELLINO CONECTADAS EN SERIE Y EN PARALELO**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros  
Electromecánicos

**Autores:**

Gallegos Cuenca Alex David

Toaquiza Curco Darwin Ramiro

**Tutor Académico:**

Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso

**LATACUNGA - ECUADOR**

**MARZO – 2022**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Gallegos Cuenca Alex David, Toaquiza Curco Darwin Ramiro declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN LA DETERMINACIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS EN BOMBAS DE TORBELLINO CONECTADAS EN SERIE Y EN PARALELO”, siendo el Dr. 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

.....  
Gallegos Cuenca Alex David  
C.C: 171857117-5  
Cel: 0998222320

.....  
Toaquiza Curco Darwin Ramiro  
C.C: 172617007-7  
Cel: 0988503646



## 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 la determinación de curvas características en bombas de torbellino conectadas en serie y en paralelo**, de los postulantes **Gallegos Cuenca Alex David**, **Toaquiza Curco Darwin Ramiro**, 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 de 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: 175836725-2



## 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: **Gallegos Cuenca Alex David, Toaquizza Curco Darwin Ramiro** con el título de Proyecto de titulación “**Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en la determinación de curvas características en bombas de torbellino conectadas en serie y en paralelo**” 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: Ph.D. Enrique Torres  
CC: 1757121940





## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Marzo 2022

En calidad de técnico de laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, confirmo la realización del proyecto como material didáctico “Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en la determinación de curvas características en las bombas de torbellino conectadas en serie y paralelo”, diseñado por los señores estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica; Alex David Gallegos Cuenca con C.I 171857117-5 y Darwin Ramiro Toaquiza Curco con C.I 172617007-7.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que el interesado pueda hacer el uso del mismo para los fines que crea conveniente.

---

Técnico de laboratorio  
Nombre: Jorge Villarroel  
C.I: 0502943491



## AGRADECIMIENTO 1

*Primero, quiero agradecer a Dios por enseñarme el camino correcto de la vida, guiándome y fortaleciéndome cada día, principalmente a mis padres, gracias por su amor y cariño ya que nunca dejaron que me rindiera.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi en especial a la carrera de Ingeniería Electromecánica, por permitirme acceder a la enseñanza académica, contribuyendo a mi formación profesional a cada uno de mis docentes que han sabido guiarme y compartir su conocimiento.*

*Mi agradecimiento a mi tutor de tesis Dr. C. Héctor Luis Laurencio Alfonso, en este proceso supo guiarme mediante sus conocimientos y experiencia; y a todas las personas que han contribuido con el desarrollo de la presente investigación.*

*Alex Gallegos*



## DEDICATORIA 1

*Esta tesis la dedico con mucho amor y cariño a mis padres Francisco Gallegos y María del Carmen que, con su apoyo incondicional, paciencia, comprensión y motivación han estado conmigo en todo momento apoyándome en todas mis decisiones sin lo cual hubiese sido imposible lograr culminar mis estudios.*

*A mis hermanos Mauricio y Mateo que estuvieron apoyándome en cada instancia de mi formación académica.*

*Y, por último, pero sin menos preciar a mis amigos los cuales siempre creyeron en mí, en especial esa persona que me acompañó dándome ánimos de forma incondicional.*

*A todos y cada uno gracias que sin ustedes no hubiera logrado llegar hasta aquí, el haber llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y momentos tristes por eso momentos que nos hace crecer y valorar a las personas que nos rodean.*

*Alex Gallegos*



## AGRADECIMIENTO 2

*Agradezco a mis padres de todo corazón por toda la paciencia, esfuerzo y sacrificios que han hecho por mí, dándome ánimos de forma incondicional y sin titubear para llegar a este día.*

*Agradecer a toda mi familia con la que siempre conté de manera incondicional en todos los aspectos de mi vida y de manera especial a mis tíos por parte de mi madre, que los considero como mis hermanos, su apoyo moral ha sido fundamental en esta etapa tan esperada; ya que son las personas con las que más confianza tengo.*

*Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de convertirme en un profesional y a la carrera de ingeniería electromecánica que me supo acoger durante toda mi formación universitaria.*

*Como no mencionar a todos aquellos profesionales que conocí a lo largo de mi formación que me supieron transmitir sus conocimientos y las estrategias para culminar con éxito mi carrera, a mi tutor Dr. Héctor Luis Laurencio Alfonso mi más profunda consideración y gratitud.*

*Toaquiza Darwin*



## DEDICATORIA 2

*Esta propuesta tecnológica, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que me acompañaron en el recorrido laborioso de este trabajo y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación, primero y antes que todo, doy gracias a mis padres, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por qué han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, a mi tutor Dr. Héctor Luis Laurencio Alfonso, que con su amplia experiencia y conocimientos me orientaron al correcto desarrollo y culminación con éxito este trabajo. 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.*

*Toaquiza Darwin*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO 1.....	v
DEDICATORIA 1 .....	vi
AGRADECIMIENTO 2.....	vii
DEDICATORIA 2 .....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	2
2.1. Problema .....	2
2.1.2 Matriz causa-efecto .....	3
2.1.3. Formulación del problema .....	3
2.2. Objeto y campo de acción.....	4
2.2.1. Objeto de estudio.....	4
2.2.2. Campo de acción .....	4
2.3. Beneficiarios .....	4
2.3.1 Beneficiarios directos.....	4
2.3.2 Beneficiarios indirectos.....	4
2.4. Justificación .....	4

2.5. Hipótesis .....	5
2.6. Objetivos.....	5
2.6.1 Objetivo general .....	5
2.6.2 Objetivos específicos .....	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
3.1. Antecedentes .....	7
3.2. Bombas hidráulicas .....	9
3.2.1.1 Bombas centrífugas .....	10
3.2.1.2 Bombas de torbellino o periféricas.....	10
3.2.1.2.1. Características de las bombas de torbellino .....	11
3.2.1.2.2. Elementos de las bombas de torbellino.....	11
3.2.2.1. Cavitación existente en las bombas de torbellino.....	13
3.3 Propiedades de los líquidos.....	14
3.3.1 Densidad.....	14
3.3.2 Peso Específico .....	14
3.3.3 Volumen Específico .....	14
3.3.4 Viscosidad .....	14
3.3.6 Compresibilidad .....	14
3.4 Tipos de Flujos.....	15
3.4.1 Flujo Laminar .....	15
3.4.2 Flujo Turbulento.....	15
3.5. Bombas en Serie y Paralelo .....	15
3.5.1. Bombas en Serie.....	15
3.5.2. Bombas en Paralelo .....	16
3.6. Métodos e instrumentos de medición de mecánica de los fluidos .....	18
3.6.1. Medición de presión .....	18
3.6.1.1. Medidor de presión piezorresistivo.....	18

3.6.1.2. Medidor de presión capacitivos. ....	19
3.6.1.3. Medidor de presión piezoeléctrico. ....	20
3.6.1.4. Medidor de presión resistivos. ....	20
3.6.2. Dispositivo para la medición de flujo. ....	21
3.6.2.1. Medidores volumétricos de flujo. ....	22
3.6.2.1.1. Medidores tipo turbina. ....	22
3.6.2.2. Medidor tipo paletas. ....	22
3.7. PLC LOGO de Siemens .....	23
3.8. Tuberías .....	25
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
4.1 Descripción del proyecto .....	26
4.2. Sistema de supervisión y adquisición de datos .....	27
4.2.1. PLC LOGO de Siemens 12/24 RCE .....	28
4.2.2. Fuente 12/24 V LOGO SQ6XD332661 .....	29
4.2.3. Pantalla HMI, DOP-107EG .....	29
4.3. Parámetros técnicos de las bombas de torbellino .....	30
4.3.1. Selección de los elementos de protección para las bombas de torbellino.....	30
4.3.1.2. Interruptor termomagnético .....	31
4.3.1.3 Pulsadores de marcha y paro.....	31
4.3.1.4 Paro de emergencia y luces indicadoras.....	32
4.4. Sensores de medición.....	32
4.4.1. Medidor de flujo JUJIE LWGY-N.....	32
4.4.2. Transmisores de presión XDB305 .....	33
4.5. Instrumento de medición para corriente y voltaje.....	34
4.5.1. Sensor de voltaje AC - ZMPT101B .....	34
4.6. Partes del sistema hidráulico.....	35
4.6.1. Válvula de bola tipo unión universal .....	37



4.6.2. Válvula de globo .....	37
4.7. Condiciones del fluido en las que va a trabajar el equipo .....	37
4.8. Ecuaciones .....	38
4.8.1. Caudal y Presión .....	38
4.8.2. Diferencia de Presión $\Delta P$ .....	38
4.8.3. Voltaje y Corriente .....	38
4.8.5. Rendimiento del Sistema $\eta$ .....	39
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	40
5.1. Correlación de la densidad y viscosidad del agua.....	41
5.2. Conexión y escalamiento de los sensores .....	42
5.3. Programación PLC LOGO de Siemens.....	46
5.4. Comunicación KEP Server .....	48
5.5. Diseño del entorno virtual.....	50
5.6. Resultados sistema en serie y paralelo .....	50
5.7 Presupuesto .....	54
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
6.1. Conclusiones.....	56
6.2. Recomendaciones .....	57
7. BIBLIOGRAFÍA.....	58
8. ANEXOS.....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tareas por objetivos .....	6
Tabla 3.1. Tuberías presión Pavco Wavin. ....	26
Tabla 4.1. Variables Dependientes e Independientes.....	26
Tabla 4.2. Entradas y salidas para el PLC.....	27
Tabla 4.3. Entradas y salidas para el PLC LOGO de Siemens. ....	28
Tabla 4.4. Datos nominales de las bombas. ....	30
Tabla 4.5. Rango de medición de medidor de flujo .....	33
Tabla 4.6. Parámetros del transmisor de presión. ....	34
Tabla 4.7. Accesorios del sistema. ....	36
Tabla 4.8. Propiedades del agua.....	38
Tabla 5.1. Marcas del PLC LOGO de Siemens en KEP Server utilizadas .....	49
Tabla 5.2. Registro de memorias del PLC LOGO de Siemens para conexión KEP Server. ....	49
Tabla 5.3. Costos directos. ....	54
Tabla 5.4. Costos indirectos. ....	56
Tabla 5.5. Costos Totales.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama causa-efecto de la necesidad del problema. ....	3
Figura 3.1. Bomba centrífuga.....	10
Figura 3.2. Bomba periférica .....	10
Figura 3.3. Partes de la carcasa y rodete de una bomba de torbellino: A. Succión, B. Descarga, C. Canal, D. Álabes .....	12
Figura 3.4. La presión producida en una bomba de torbellino se incrementa continuamente desde la succión hasta la descarga .....	13
Figura 3.5. Representación de la cavitación.....	13
Figura 3.6. Flujo laminar.....	15
Figura 3.7. Flujo turbulento .....	15
Figura 3.8. Bombas en serie .....	16
Figura 3.9. Curva característica de bomba en serie .....	16
Figura 3.10. Bombas en Paralelo .....	17
Figura 3.11. Curva característica de bomba en paralelo .....	17
Figura 3.12. Medidor de presión piezorresistivo .....	19
Figura 3.13. Transmisor capacitivo.....	19
Figura 3.14. Piezoeléctrico.....	20
Figura 3.15. Transmisor Resistivo .....	21
Figura 3.16. Medidor de flujo .....	21
Figura 3.17. Transmisor tipo turbina.....	22
Figura 3.18. Transmisor tipo turbina.....	23
Figura 3.19. Diagrama generalizado del PLC LOGO de Siemens .....	24
Figura 4.1. Arquitectura del sistema de adquisición de datos.....	27
Figura 4.2. PLC LOGO de Siemens 12/24 RCE.....	28
Figura 4.3. Fuente Siemens.....	29
Figura 4.4. Datos técnicos de pantalla HMI, DOP-107EG .....	29

Figura 4.5. Factor de servicio.....	30
Figura 4.6. Contactor META-MEC GMC-18.....	31
Figura 4.7. Interruptor termomagnético .....	31
Figura 4.8. Medidor de flujo JUJIE LWGY-N .....	32
Figura 4.9. Transmisor de presión XDB305 .....	33
Figura 4.10. Conexión eléctrica de transmisión de presión .....	34
Figura 4.11. Sensor de voltaje AC-ZMPT101B.....	35
Figura 4.12. Sensor de corriente AC-ACS712.....	35
Figura 4.13. Diseño del sistema hidráulico y sus accesorios. ....	36
Figura 4.14. Válvula de bola tipo unión universal .....	37
<b>Figura 4.15.</b> Válvula de compuerta.....	37
<b>Figura 5.1.</b> Diagrama P&ID del sistema de flujo.....	40
<b>Figura 5.2.</b> Curva de Temperatura vs Densidad.....	41
<b>Figura 5.3.</b> Curva de Temperatura vs Densidad.....	42
<b>Figura 5.4.</b> Circuito 1 de conexión general de los transmisores de presión, caudal y el PLC LOGO de Siemens. ....	42
<b>Figura 5.5.</b> Circuito 2, diagrama de control. ....	43
<b>Figura 5.6.</b> Diagrama de flujo y control <b>del sistema.</b> .....	43
<b>Figura 5.7.</b> Escalamiento para el LOGO de kPA-BITS. ....	45
<b>Figura 5.8.</b> Escalamiento en el PLC LOGO de Siemens. ....	45
<b>Figura 5.9.</b> Gráfico de escalamiento para el PLC LOGO de Siemens.....	46
<b>Figura 5.10.</b> Gráfico de escalamiento en el PLC LOGO de Siemens.....	46
<b>Figura 5.11.</b> Programación para el accionamiento de las bombas desde el Software y el HMI. ....	47
<b>Figura 5.12.</b> Programación para la visualización del flujo en LPM. ....	47
<b>Figura 5.13.</b> Programación para la visualización de la Presión en kPa y PSI.....	48
<b>Figura 5.14.</b> Declaración de variables del interfaz de comunicación del sistema y el PLC LOGO de Siemens. ....	48

<b>Figura 5.15.</b> Panel de comportamiento de variables. ....	50
<b>Figura 5.16.</b> Datos adquiridos de la Bomba 1 .....	51
<b>Figura 5.17.</b> Datos adquiridos de la bomba 2 en presencia de la bomba 1 apagada.....	51
<b>Figura 5.18.</b> Curvas Características de las bombas en funcionamiento independiente .....	52
<b>Figura 5.19.</b> Datos adquiridos de las bombas conectadas en serie .....	52
<b>Figura 5.20.</b> Datos adquiridos de las bombas conectadas en paralelo .....	53
<b>Figura 5.21.</b> Curvas características de las dos bombas en serie y paralelo.....	53
<b>Figura 5.22.</b> Datos adquiridos de bombas 1 y 2 independientes, serie y paralelo .....	54



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

#### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

### TÍTULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN LA DETERMINACIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS EN BOMBAS DE TORBELLINO CONECTADAS EN SERIE Y EN PARALELO”

**Autores:** Gallegos Cuenca Alex David

Toaquiza Curco Darwin Ramiro

#### RESUMEN

El desarrollo de este proyecto tuvo como objetivo principal implementar un sistema que permitirá la adquisición y supervisión de datos en la determinación de curvas características, esto con el propósito de obtener un banco confiable, funcional y manipulable, que permita a las personas desarrollar conocimientos, destrezas sobre las características de los sistemas de bombeo en serie y paralelo con tablas de resultados y graficas de las curvas del sistema. La implementación del sistema cuenta con etapas de estudio como la medición de presión, esto en la succión como en la descarga de la bomba y el caudal en la descarga de la bomba, valores que se usaron para elegir el sensor de flujo y los transductores de presión, para la adquisición y supervisión de datos se realizó en el software libre, PLC LOGO de Simens y pantalla delta HMI en el que se incluyeron ecuaciones obtenidas después de su respectiva calibración para cada uno de los sensores. Se desarrollo ensayos con la válvula de salida en diferentes posiciones a la hora de regular el paso del agua, en donde las variables físicas como presión y caudal son visualizadas en el software libre, el mismo que produce un registro en el bloc de notas de los valores de presión, caudal, voltaje, corriente, potencia y rendimiento. Los registros permitieron la realización de las curvas características y estos determinan que, en un sistema de bombeo conectado en serie, cuando el caudal se encuentra en cero  $m^3/s$ , su altura de elevación es de 91,03 m, y a un caudal de 0,0003  $m^3/s$ , su altura de elevación es de 25,15 m, dando el rendimiento del sistema en un 6 %, además que en un sistema de bombeo en conectado en paralelo, cuando el caudal se encuentra en cero  $m^3/s$ , su altura de elevación es de 74,05 m, y a un caudal de 0,00043  $m^3/s$ , su altura de elevación es de 41,4 m, dándonos un rendimiento del sistema en un 14 %.

**Palabras Clave:** Transductor, supervisión, calibración, rendimiento, altura de elevación.



**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**  
**ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY**  
**ELECTROMECHANICAL ENGINEERING**

**TITLE:** "DESIGN OF A SCADA SYSTEM FOR DATA ACQUISITION IN THE DETERMINATION OF CHARACTERISTIC CURVES IN SERIES AND PARALLEL CONNECTED VORTEX PUMPS".

**Authors:** Gallegos Cuenca Alex David

Toaquiza Curco Darwin Ramiro

**ABSTRACT**

The development of this project had as main objective to implement a system that will allow the acquisition and monitoring of data in the determination of characteristic curves, this with the purpose of obtaining a reliable, functional and manipulable bank, which allows people to develop knowledge, skills on the characteristics of pumping systems in series and parallel with tables of results and graphs of the curves of the system. The implementation of the system has stages of study as the pressure measurement, this in the suction and discharge of the pump and the flow in the pump discharge, values that were used to choose the flow sensor and pressure transducers, for the acquisition and monitoring of data was performed in the free software, logo and delta HMI screen in which equations obtained after their respective calibration for each of the sensors were included. Tests were carried out with the outlet valve in different positions at the time of regulating the water flow, where the physical variables such as pressure and flow are visualized in the free software, which produces a record in the notepad of the values of pressure, flow, voltage, current, power and performance. The records allowed the realization of the characteristic curves and these determine that, in a pumping system connected in series, when the flow rate is at zero  $\text{m}^3/\text{s}$ , its head is 91,03 m, and at a flow rate of 0,0003  $\text{m}^3/\text{s}$ , its head is 25,15 m, giving us a system efficiency of 6 %, in addition to a pumping system connected in parallel, when the flow rate is at zero  $\text{m}^3/\text{s}$ , its head is 74,05 m, and at a flow rate of 0,00043  $\text{m}^3/\text{s}$ , its head is 41,4 m, giving us a system efficiency of 14 %.

**Keywords:** Transducer, monitoring, calibration, performance, head.



## 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 del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**: Bonilla Correa Brayan Alexander, cuyo título versa **“IMPLMENTACIÓN DE UN SISTEMA HIL (HARDWARE IN THE LOOP) PARA EL CONTROL DE NIVEL”**, 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 certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, agosto del 2021

Atentamente,

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Tema aprobado:** “Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en la determinación de curvas características en bombas de torbellino conectadas en serie y en paralelo”

**Fecha de inicio:**

25 octubre del 2021

**Fecha de finalización:**

Marzo del 2021

**Lugar de ejecución:**

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Latacunga. Parroquia San Felipe, Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:** Proyecto formativo

**Tipo de proyecto:**

El tipo de propuesta tecnológica corresponde al diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en la determinación de curvas características en bombas de torbellino conectadas en serie y en paralelo, utiliza agua como fluido de referencia, se conectaran dos bombas en serie y paralelo para observar el comportamiento del fluido, permitirá aumentar el aprendizaje de los estudiantes que cursen por la materia de mecánica de fluidos y materias afines para los estudiantes de la carrera de ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Equipo de trabajo:**

**Tutor**

Nombres:	Héctor Luis
Apellidos:	Laurencio Alfonso
Email:	hector.laurencio@utc.edu.ec
Cédula de identidad:	175836725-2

### **Ponente 1**

Nombres: Alex David  
Apellidos: Gallegos Cuenca  
Cédula de identidad: 171857117-5  
Email: alex.gallegos1175@utc.edu.ec

### **Ponente 2**

Nombres: Darwin Ramiro  
Apellidos: Toaquiza Curco  
Cédula de identidad: 172617007-7  
Email: darwin.toaquiza0077@utc.edu.ec

### **Área de conocimiento**

Área: Ingeniería industria y construcción

Sub área: 52 ingeniería y profesiones afines

### **Línea y sub líneas de investigación a las que se asocia la propuesta tecnológica:**

Línea de investigación: Procesos industriales.

Sub línea de investigación: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. Problema**

#### **2.1.1. Situación problemática**

Actualmente se han incrementado las investigaciones para mejorar los mecanismos de transporte de agua de un lugar a otro, lo que da como resultado una variedad de bombas con mayor eficiencia y mejor control. Así como se han desarrollado las máquinas para el transporte de agua, también se ha desarrollado diversos dispositivos para medir variables esto se debe a que en la antigüedad se hacía de forma manual utilizando los indicadores en diferentes equipos, donde un operario se encargaba de diagnosticar el estado de los procesos, pero al mismo tiempo ocurrió un error que redujo la productividad.

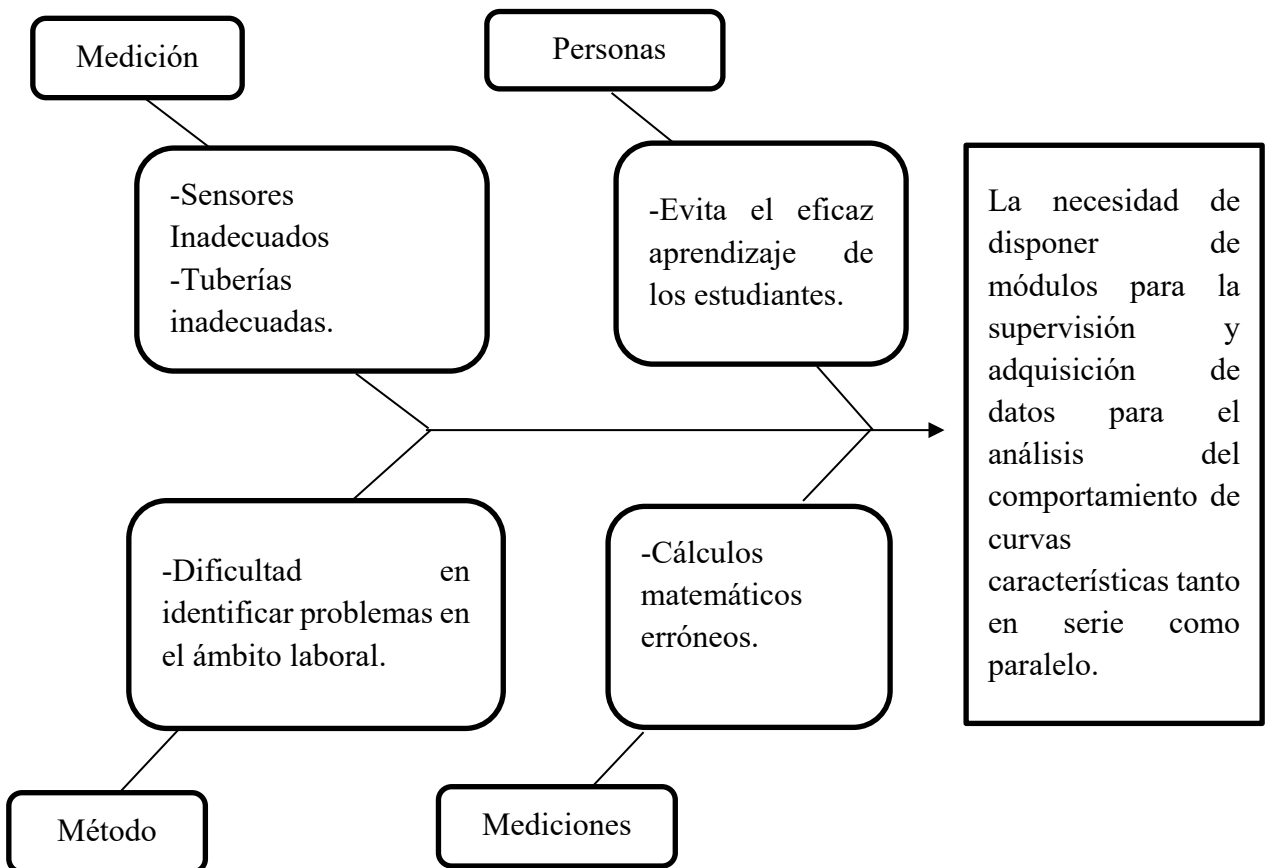
Mientras avanza la industria se ha notado la necesidad de optimizar y modernizar con sistemas automatizados, los mismos que permiten lograr mejores y precisos resultados con la toma de datos, evitando así la manifestación de operadores y sus errores, estas industrias además han

podido automatizar una abundancia de dispositivos, con la mejora en la inspección de calidad por intermedio de instrumentos de supervisión y adquisición, para optimizar su competitividad y eficacia.

Se puede decir que las principales causas que llevan al diseño de esta propuesta es la mejora en el control de calidad por medio de instrumentos de medición y control, para optimizar su competitividad y eficiencia. La automatización, construcción e implementación para procesos que requieran visualizar curvas características y adquisición de datos, servirá a los estudiantes ya que permitirá la simulación de situaciones extremas que puedan ocurrir en el ámbito laboral.

### 2.1.2 Matriz causa-efecto

A continuación, se presenta las causas y los efectos mediante el diagrama de Ishikawa



**Figura 2.1** Diagrama causa-efecto de la necesidad del problema.

### 2.1.3. Formulación del problema

La necesidad de reemplazar el módulo didáctico que con anterioridad se llevó a cabo con un microprocesador Arduino y con ello se pueda realizar un nuevo módulo que permita visualizar

las curvas características, supervisión y adquisición de datos.

## **2.2. Objeto y campo de acción**

### **2.2.1. Objeto de estudio**

La determinación de curvas características, mediante supervisión y adquisición de datos el diseño de un sistema SCADA

### **2.2.2. Campo de acción**

3311 tecnología de la Instrumentación

3311.07 Instrumentos Electrónicos

3313.25 Bombas y Equipos para Manipulación de Líquidos

## **2.3. Beneficiarios**

### **2.3.1 Beneficiarios directos**

Los beneficiarios directos serán los estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

### **2.3.2 Beneficiarios indirectos**

Los beneficiarios indirectos serán todas aquellas personas que cursen asignaturas afines a Mecánica de Fluidos y empleadores de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2.4. Justificación**

Esta investigación se realiza con el objetivo de aportar un mecanismo para adquirir conocimientos en temas relacionados con la mecánica de fluidos y pueda mejorar la capacidad académica de los estudiantes.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi existe la necesidad de potenciar el módulo experimental para el desarrollo de prácticas en la asignatura Mecánica de Fluidos, que son fundamentales para la formación integral del ingeniero electromecánico.

Uno de los aportes que tiene este proyecto es la de mejorar el módulo, e incentivar a realizar más de estos trabajos a futuro, como lo es, el desarrollo de un módulo para visualizar curvas características y adquisición de datos en bombas de torbellino conectadas en serie y paralelo mediante un sistema de adquisición y monitoreo de datos.

Lo destacado del proyecto es que mostrará partes principales de un sistema de adquisición y monitoreo de datos utilizando un log de control de procesos, eliminando así los componentes

obsoletos y renovando por otros como son los sensores de presión, caudal y pantalla HMI para visualización de gráficas y datos.

El desarrollo del sistema ayuda a que los estudiantes puedan aprovechar los PLCs LOGOS de Siemens disponibles en el laboratorio de electromecánica y así poder desarrollar las prácticas y obtener sólidos conocimientos de gran importancia para el desarrollo académico del estudiante tanto en lo teórico como en lo práctico, dando como resultado una comprensión eficaz del funcionamiento de los controles avanzados.

## **2.5. Hipótesis**

El diseño del sistema permitirá visualizar y adquirir datos en la determinación de curvas características de las bombas conectadas en serie y paralelo, que brindará más conocimiento y horas de práctica en control de procesos industriales y de fluido a los estudiantes de mecánica de fluidos, instrumentación, control industrial y materias similares.

## **2.6. Objetivos**

### **2.6.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de adquisición y supervisión para la obtención de datos tales como presión, caudal y determinación de curvas características, utilizando bombas de torbellino con un sistema de tuberías conectadas en serie y paralelo.

### **2.6.2 Objetivos específicos**

- Investigar información sobre sistemas de adquisición y supervisión de datos en procesos industriales en fuentes bibliográficas.
- Seleccionar los materiales que se ajusten a las necesidades de las instalaciones, teniendo en cuenta su resistencia mecánica, para el adecuado funcionamiento del módulo.
- Desarrollar la programación en software libre utilizando un PLC LOGO de Siemens y una pantalla HMI para la visualización de gráficas y datos del proceso.
- Realizar el análisis de validación e impactos de la implementación del módulo, en base a toma de datos y comprobación de resultados.

## **2.7. Sistema de tareas**

Estas son actividades que se realizarán para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados.

**Tabla 2.1** Tareas por objetivos

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad</b>
Investigar información sobre sistemas de adquisición y supervisión de datos en procesos industriales en fuentes bibliográficas.	*Investigación de sistemas de adquisición y monitoreo en procesos industriales	*Artículos científicos referentes a los sistemas SCADA. *Proyectos similares que puedan ser de guía para el desarrollo de este trabajo.	*Registro de bases de datos de artículos científicos. *Base de datos de instituciones de nivel superior
Seleccionar los materiales que se ajusten a las necesidades de las instalaciones, teniendo en cuenta su resistencia mecánica, para el adecuado funcionamiento del módulo.	*Revisión bibliográfica de documentos referentes a instalaciones de transporte de fluidos. *Análisis de posibles alternativas de materiales a utilizarse tomando en consideración su costo.	*Obtención de elementos básicos para resolver el impedimento. *Selección de materia prima para su posterior construcción.	*Libros, artículos, revistas científicas e internet. *Receptación de información y comparación de características propias de cada material.
Desarrollar la programación en software libre utilizando un LOGO y una pantalla HMI para la visualización de gráficas y datos del proceso.	*Comparación de diferentes tipos de hardware libre. *Investigación acerca de la programación del en LOGO y pantalla HMI	*Aptitudes necesarias para programar un hardware libre. *Lenguaje de programación óptimo para el proyecto	*Curso de programación para el LOGO y el HMI. *Comparación de proyectos con características iguales
Realizar el análisis de validación e impactos de la implementación del módulo, en base a toma de datos y comprobación de resultados.	*Estudio y análisis de resultado en el tema de factibilidad. *Evaluación de costos de fabricación e instalación. *Verificar que el módulo implementado no sea perjudicial para el medio ambiente.	*Viabilidad del proyecto. *Determinación de posibles fallas que afecten al medio ambiente. *Costos finales de implementación.	*Determinación del impacto social. *Contabilizando los costos y gastos. *Observación de posibles fallas durante operación en la maquinaria.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1. Antecedentes

El presente estado revisa algunos ejemplos relevantes de la bibliografía disponible, que permita identificar en forma general la atención investigativa y analítica que está teniendo en el tema del diseño de un sistema SCADA, ante la imposibilidad de ser una revisión exhaustiva de la bibliografía disponible, se ha extraído los aspectos relevantes que resultaron ser puntos de confluencia conceptual e investigativa de la situación desde diversas perspectivas, y por ende que pueden servir como fulcros para pesquisas y trabajos posteriores.

SCADA es un grupo de aplicaciones de programa diseñadas especialmente para ejecutarse en PC de control informático, con comunicación digital con aparatos y actuadores e interfaces gráficos de elevado grado para el operador. La importancia de los sistemas de monitoreo, y adquisición de datos, llamado SCADA es un aspecto fundamental de los procesos de producción automáticos en la industria actual. Se enfatizan aspectos técnicos y funcionales de la implementación de sistemas de SCADA, lo que permite a los hombres interactuar con los procesos en diferentes industrias sin aceptar riesgos en la fábrica porque crean condiciones para el control remoto y la toma de decisiones de una cabina de control.

Este tipo de software constituye un avance de gran impacto en la automatización industrial, ya que permite ilustrar gráficamente los procesos productivos en pantalla y crear alarmas y advertencias en tiempo real, para el manejo confiado y pleno del proceso que se desea controlar [1].

Frente a los cambios tecnológicos que avanzan día a día, las empresas han visto la necesidad de incorporar en los procesos industriales funciones de supervisión y adquisición, favoreciendo el surgimiento de aplicaciones de software que permiten monitorear, adquirir datos y las funciones del proceso. Los sistemas de gráfica tales como pantallas, HMI, MMI, SCADA, paneles de operador son parte de las aplicaciones más simples en la actualidad [2].

Los sistemas SCADA están diseñados principalmente como herramienta de supervisión y adquisición. entre los objetivos podemos destacar

- Economía: es más fácil ver lo que sucede en una instalación desde la oficina que enviar a un operador para realizar la tarea. No requiere revisión específica
- Accesibilidad: permite tener acceso a la configuración, ver el estado que se encuentra trabajando el proceso desde la mesa que está encima de la mesa de trabajo

- **Mantenimiento:** la recopilación de datos brinda la capacidad de extraer y almacenar datos de un proceso y presentarlos de una manera que los usuarios no capacitados logren comprender. La misma aplicación se puede programar de manera que nos avise cuando se aproximen las fechas de revisión o cuando una máquina tenga más fallos considerados normales [3].

Diseñar y construir un banco de pruebas para el análisis de bombas operadas en configuración individual, serie y paralelo, para obtener un resultado teórico para compararlo con los resultados prácticos y lograr que el error no exceda del 10%. De cuyo trabajo se aduce la siguiente conclusión: En esta investigación se obtuvo un margen de error entre el análisis teórico vs práctico que no supera el 10% la problemática en diferencia de error radica porque las longitudes equivalentes y coeficientes de fricción tabulados cambian de valoración según el autor del libro, la longitud equivalente de la válvula de compuerta tabulado no coincide con el dato de pérdida generado en nuestro sistema también porque se utilizó un rotámetro que tiene un rango de error de +/- 5% y una bomba centrífuga cual no tiene la suficiente información para determinar la eficiencia, potencia y NPSH (Net Positive Suction Head o Altura Neta Positiva en la Aspiración) [4].

Diseño, construcción y puesta a prueba de un banco de bombas en serie, paralelo y mixto, diseñar, construir e implementar un banco de pruebas de bombas centrífugas para el respectivo análisis de su funcionamiento en diferentes condiciones y verificar los puntos de mejor operación, buscando relacionar la parte teórica, experimental y fortalecer el laboratorio de máquinas hidráulicas, el método utilizado fue el realizar la experimentación en el módulo teniendo en cuenta que no se desfase mucho de los resultados teóricos y así comprobar la teoría, entonces, ejecutado esas acciones se tiene la siguiente conclusión: Si se observa cada bomba trabajando individualmente y la gráfica cuando ambas trabajan en serie se concluye que la teoría se cumple a cabalidad y lo mismo sucede cuando se conectan en paralelo [5].

El diseño del dispositivo puede tener la ventaja de funcionamiento en serie o paralelo según el rendimiento deseado. La unidad consta de dos bombas centrífugas, un tanque de agua y líneas de circulación con válvulas en la entrada y salida de la bomba, tres sensores de presión y un sensor de flujo. Donde se puede dar por concluido lo siguiente: En este equipo se obtuvieron las curvas  $H(Q)$ ,  $N(Q)$ ,  $fl(Q)$ , el mapa de una bomba centrífuga, el estudio adimensional de magnitudes, ensayos de cavitación y obtención de las curvas NPSH, acoplamiento en serie de



dos bombas de características iguales y diferentes, acoplamiento en paralelo de dos bombas de características iguales y diferentes [6].

Diseño y construcción de un banco de pruebas, describe en su objetivo: Un banco de pruebas diseñado y construido para determinar la eficiencia de una bomba centrífuga de uso doméstico haciendo lo siguiente: Se realizaron experimentos para encontrar la eficiencia óptima de cuatro bombas, respectivamente, Pedrolo, Meyers, Barrow, Paolo y bombas paralelas idénticas, primero Pedrolo -Meyers y luego Barrow -Paolo, también paralelo. Primero la bomba Pedrolo-Meyers, luego la bomba Pedrolo-Meyers-Barrow y la bomba Pedrolo-Meyers-Barrow-Paolo, las cuales en la búsqueda del punto óptimo de eficiencia determinaron que la variable para el funcionamiento de la misma es el valor mayor. 94,6L/min, cuando se trabaja en paralelo con las 4 bombas, asimismo. Presión máxima. 80 m.c.a, cuando se trabaja en serie con las bombas Pedrolo-Meyers [7].

En la experimentación las bombas Pedrolo y Meyer alcanzando la máxima eficiencia de 30% y las bombas Barrow y Paolo solo pueden bombear hasta un promedio de 20L/min con una eficiencia máxima de 25%, este fenómeno se da debido a las características físicas y geométricas de las mismas, asimismo para alcanzar un caudal de 80m, se debe conectar las bombas pedrollo-meyers en paralelo mientras que para obtener una mayor altura de carga de 80m se debe acoplar las mismas bombas en serie. [8].

Automatización de la adquisición de datos en un banco de pruebas de bombas centrífugas instaladas en serie y paralelo. Automatización de bancos de prueba de bombas centrífugas instalados en serie y paralelo en el Instituto Politécnico de Chimborazo para un banco confiable, práctico y funcional que permita a los estudiantes desarrollar sus conocimientos y habilidades en características de sistemas de bombeo, gráficas y tablas de resultados. Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, permitieron afirmar que los sistemas en serie producen incrementos de la presión de bombeo a caudal constante, mientras que los sistemas en paralelo aumentan el caudal a presiones de bombeo constantes [9].

### **3.2. Bombas hidráulicas**

Una bomba es un tipo de máquina generadora para líquidos que convierte la energía mecánica de un impulsor rotatorio en energía cinética y potencial requerida [10].

#### **3.2.1 Tipos de bombas**

Existen diferentes tipos de bombas como lo son las bombas centrífugas y periféricas las cuales están agrupadas en la familia de las bombas dinámicas según como se requiera clasificarlas [11].

### 3.2.1.1 Bombas centrífugas

También conocida como bomba rotativa dinámica, su trabajo es convertir la energía en velocidad y luego en energía de presión. Esto significa que convierten la energía mecánica en energía hidráulica. De esta manera es posible mover el mayor volumen de líquido posible [12].

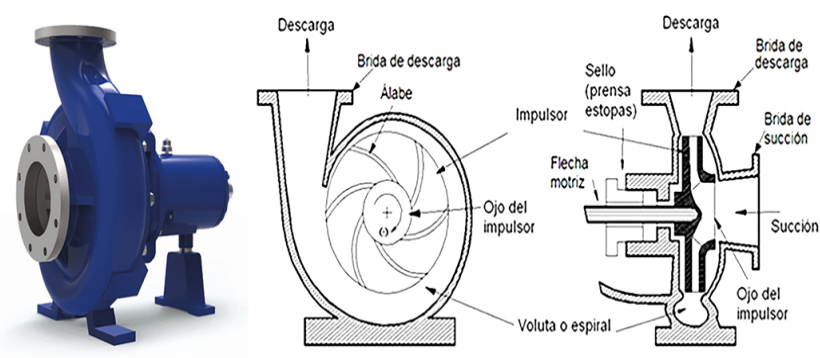


Figura 3.1. Bomba centrífuga [13].

### 3.2.1.2 Bombas de torbellino o periféricas

Las bombas periféricas también se conocen como bombas de tipo turbina, de vértice o de torbellino, este tipo de bomba de agua se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas, dentro del canal anular por donde gira el impulsor [14].



Figura 3.2. Bomba periférica [15].

### **3.2.1.2.1. Características de las bombas de torbellino**

En las bombas de torbellino el impulsor mal llamado turbina, generalmente de bronce, son relativamente más pequeño que en las bombas centrífugas y en su mayoría funciona exclusivamente al interior del cuerpo, por lo que es un riesgo de que si la bomba está inactiva durante largos periodos de tiempo, alguna partícula de óxido lo trabe y consiguientemente se quemé el motor. También son rotativas, y al mismo tiempo es un tipo de bomba hidráulica que convierte la energía mecánica de un impulsor en energía cinética. Las entradas de las tuberías son de una pulgada y puede llegar a una altura máxima de 22 metros, así que debido a la geometría de su cuerpo el fluido es transportado hacia las tuberías de salida por la forma de su impulsor también conocidas como bombas tipo turbina, de vértice o de torbellino; en este tipo de bomba de agua se producen remolinos en el fluido por intermedio de los álabes a velocidades muy altas, dentro del canal anular donde gira el impulsor [16].

#### **Ventajas de las bombas de torbellino**

- Su construcción es simple y el precio es bajo.
- La línea de descarga puede interrumpirse sin dañar la bomba.
- Flujo suave no pulsante.
- El impulsor y el eje son las únicas partes en movimiento.
- Se ajustan a servicios comunes, suministros de agua, hidrocarburos.

#### **Desventajas de las bombas de torbellino**

- Rendimiento bajo
- Pueden tener fallas si no se utilizan con frecuencia.
- Un mantenimiento más difícil

### **3.2.1.2.2. Elementos de las bombas de torbellino**

#### **Álabe**

Es una pieza curva del impulsor que va pegada al cubo.

#### **Diámetro de succión**

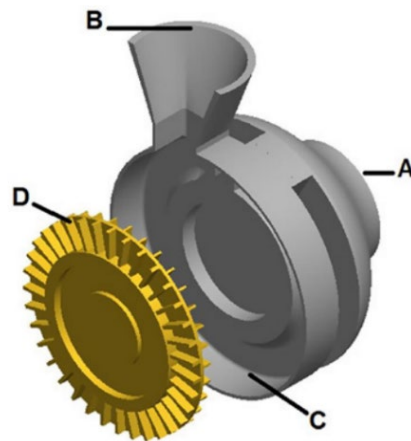
Es la parte circular que está a la entrada de la bomba en el lado de succión y se encuentra antes de los álabes.

#### **Impulsor**

Consiste en una serie de álabes de diferentes formas según el uso previo de la bomba, que giran en una carcasa circular.

El impulsor es impulsado por un motor y es una parte móvil de la bomba, por lo que está completamente conectado al eje. El líquido penetra axialmente a través de la tubería de succión en la entrada del impulsor, sufre un cambio de dirección más o menos brusco, se vuelve radial, permanece axial, acelera y absorbe trabajo.

Los impulsores hacen que las partículas de líquido giren muy rápidamente para ser expulsadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, creando una altura dinámica que hace que salgan del rotor a gran velocidad hacia la bobina, aumentando la presión interna del rotor a lo largo del eje. El ascenso del fluido se produce por la reacción entre éste y el impulsor sometido al movimiento de rotación [17].



**Figura 3.3.** Partes de la carcasa y rodete de una bomba de torbellino: A. Succión, B. Descarga, C. Canal, D. Álabes [18].

### **Difusor**

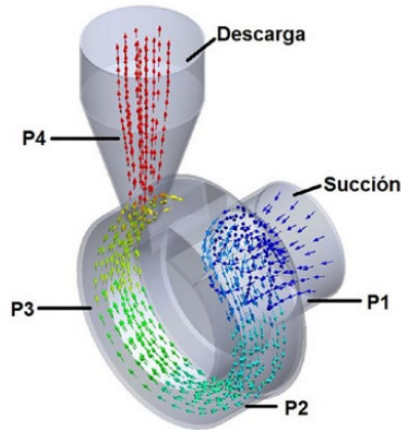
Es la parte del conducto hidráulico, dando soporte y continuidad estructural, guiando el líquido una vez que abandona el impulsor y entra en la cámara espiral, transformando la energía cinética en energía de presión.

### **Voluta de la bomba**

La función principal de la voluta es la de recoger el líquido a alta velocidad, cambiar el sentido de su movimiento y girarlo hacia la brida de impulsión de la bomba. La voluta es también un convertidor de energía, ya que reduce la velocidad, aumenta la presión del fluido a medida que el espacio aumenta la distancia entre el impulsor y la carcasa. La voluta está dispuesta en forma de espiral, de esa manera, que la separación entre esta y el impulsor es mínima en la parte superior; la separación va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión; en algunas bombas existe, a la salida del impulsor, una directriz de álabes que guía el líquido a la salida del impulsor antes de introducirlo en la voluta [19].

### 3.2.2. Fenómenos del sistema hidráulico

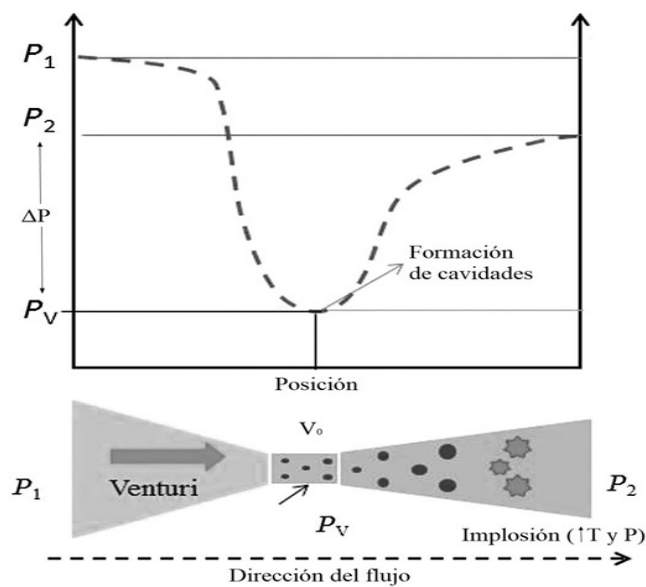
Estos aparecen en los sistemas hidráulicos debido a la existencia de flujos transitorios, así como mezclas de aire y agua, los mismos que necesitan ser tratados correctamente.



**Figura 3.4.** La presión producida en una bomba de torbellino se incrementa continuamente desde la succión hasta la descarga [20].

#### 3.2.2.1. Cavitación existente en las bombas de torbellino

Este es un fenómeno que está muy relacionado en la mecánica de fluidos especialmente con la operación de todos los sistemas hidráulicos que causan problemas cuando se operan fuera de las condiciones de diseño. Cavitación es la formación de bolsas localizadas de vapor dentro del fluido, formadas en las proximidades de las superficies sólidas que limitan el flujo normal del fluido [21].



**Figura 3.5.** Representación de la cavitación [22].

La cavitación ocurre cuando la presión en el punto donde se forman estas bolsas cae a la presión de vapor de fluido en cuestión. Esto se debe a que la diferencia de presión en las máquinas que trabajan con fluido son normalmente del mismo orden que las presiones absolutas.

### **3.3 Propiedades de los líquidos**

La mecánica de fluidos es una combinación de investigación teórica y experimental presentada por ingenieros hidráulicos y matemáticos que estudian las leyes del movimiento de los líquidos y sus procesos en el contexto de los sólidos y abordan este problema desde un punto de vista analítico. Una característica fundamental de los fluidos es la fluidez, debido a que el fluido cambia de forma de manera continua cuando se encuentra sometida a un esfuerzo cortante, por más pequeño que este sea; unos se moverán más rápidos que otros debido a la densidad de cada fluido, pero ante la presencia de un esfuerzo cortante siempre se moverán [23].

#### **3.3.1 Densidad**

Se define como la masa por unidad de volumen. Sus unidades en el sistema internacional son [kg/m<sup>3</sup>]. Para un fluido homogéneo, la densidad no varía de un punto a otro.

#### **3.3.2 Peso Específico**

El peso específico es el peso por unidad de volumen. En el sistema internacional sus unidades son [N/m<sup>3</sup>] [23].

#### **3.3.3 Volumen Específico**

Es aquel volumen ocupado por la unidad de masa. Para un fluido homogéneo se define como  $v = V/m = 1/\rho$ , mientras que para un fluido homogéneo es su valor en un punto, En todos los casos,  $v = 1/\rho$ . Sus unidades en el sistema internacional son [m<sup>3</sup>/kg] [23].

#### **3.3.4 Viscosidad**

La viscosidad se ve reflejada en la resistencia al movimiento del fluido y tiene un papel semejante al de rozamiento en el movimiento de los sólidos. En el caso de los fluidos perfectos o no viscosos su efecto es muy pequeño y no se tiene en cuenta, mientras que en el caso de los fluidos reales o viscosos su efecto tiene relevancia y no se debe despreciar [23].

#### **3.3.5 Presión**

Es una magnitud escalar que se usa para medir la fuerza que se ejerce sobre una superficie en dirección perpendicular y en el sistema internacional su unidad es el Pascal (1 Pa=1 N/m<sup>2</sup>) [23].

#### **3.3.6 Compresibilidad**

Es el cambio que sufre el volumen de una sustancia al someterlos a una presión o compresión determinada manteniendo constantes otros parámetros [23].

### 3.4 Tipos de Flujos

Existen dos tipos de flujos, el comportamiento de los fluidos se describe a continuación

#### 3.4.1 Flujo Laminar

Se denomina flujo laminar que se caracteriza por bajas velocidades y la mayoría con régimen viscoso se identifica ya que se mueven en líneas paralelas sin estremecerse.

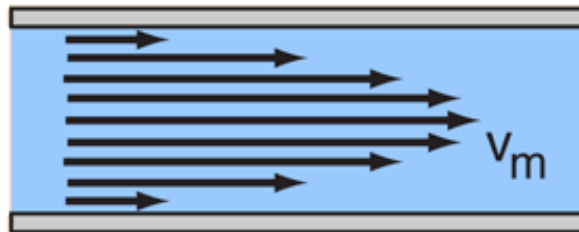


Figura 3.6. Flujo laminar [24].

#### 3.4.2 Flujo Turbulento

El líquido se da de una forma caótica, las partículas se mueven de forma discontinua en direcciones transversales, formando pequeños remolinos periódicos.

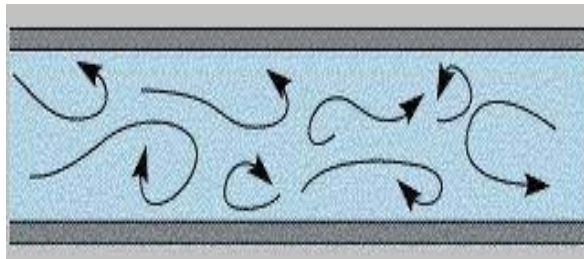


Figura 3.7. Flujo turbulento [24].

### 3.5. Bombas en Serie y Paralelo

#### 3.5.1. Bombas en Serie

En esta conexión se puede obtener una mayor altura de elevación, mientras se mantiene constante el caudal. La característica principal de esta configuración, se encuentra en que el caudal que descarga la primera bomba es captado por la segunda y el que ésta descarga es impulsado por la siguiente, con el propósito de aumentar la altura de elevación.

En un sistema de bombeo donde se conectan dos bombas o más en serie, es importante tener en cuenta que el comportamiento del conjunto como resultado de sumar las dos bombas para obtener un caudal constante. El caudal de cada una de las bombas es el mismo y corresponde al caudal de funcionamiento del sistema [25].

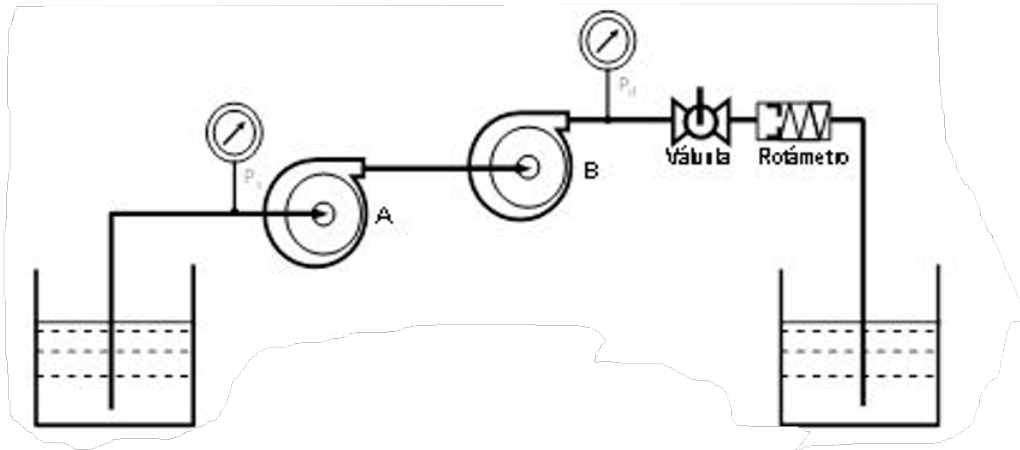


Figura 3.8. Bombas en serie [25].

### Ventajas de una conexión en Serie

- Operar este sistema de bombeo está en que cada bomba suma su altura de elevación de bombeo, manteniendo el mismo caudal.
- Se podrá elevar el agua a una altura mayor

### Desventajas de una conexión en Serie

- Su eficiencia no aumentará
- Su caudal no aumentará se mantendrá con el mismo, sea el número de bombas que se utilice

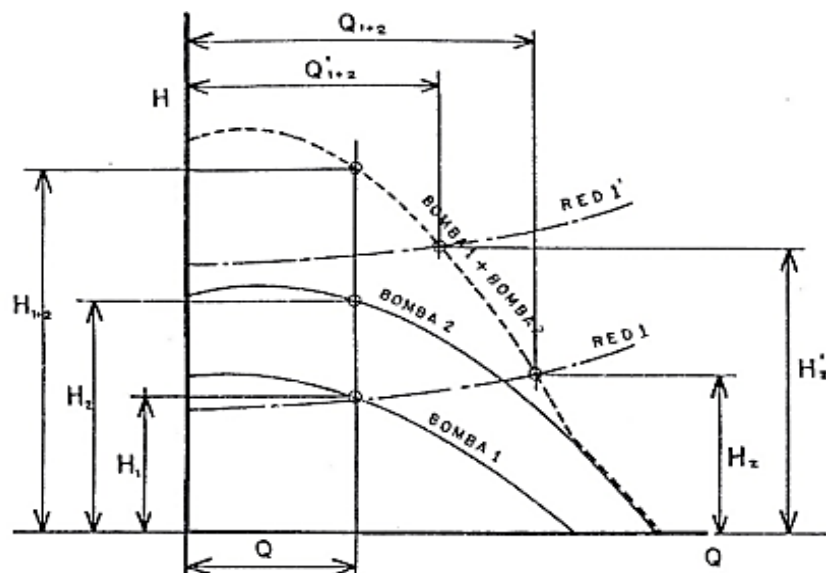


Figura 3.9. Curva característica de bomba en serie [25].

### 3.5.2. Bombas en Paralelo

En este caso se va a colocar 2 o más bombas a aspirar desde un mismo lugar, con el propósito de aumentar el caudal elevado, En el caso de una estación de bombeo con dos bombas instaladas



en paralelo y para una sola tubería, debemos conocer el comportamiento del conjunto, que se proporcionará sumando los caudales de cada bomba manteniendo el salto. El caudal de cada bomba será el que corresponda a cada una, con el salto de funcionamiento [25].

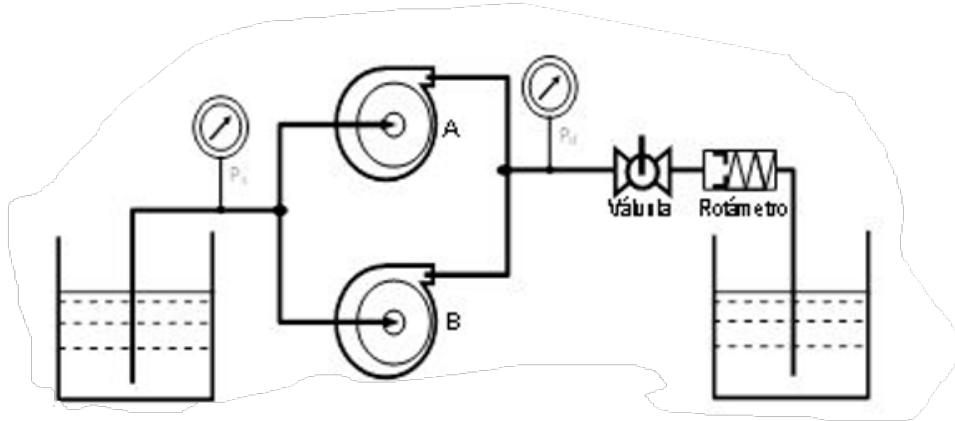


Figura 3.10. Bombas en Paralelo [25].

#### Ventajas de una conexión en Paralelo

- Las conexiones en paralelo es que solo funciona una bomba cuando la demanda es baja y se encienden más bombas cuando aumenta el caudal.
- Las bombas en paralelo aumentan el caudal

#### Desventajas de una conexión en Paralelo

- Los sistemas en paralelo integran más y más bombas en el sistema y, a medida que disminuyen las contribuciones de flujo individuales de cada bomba, el rendimiento de cada bomba se deteriora
- El caudal total es dividido entre las bombas en funcionamiento.

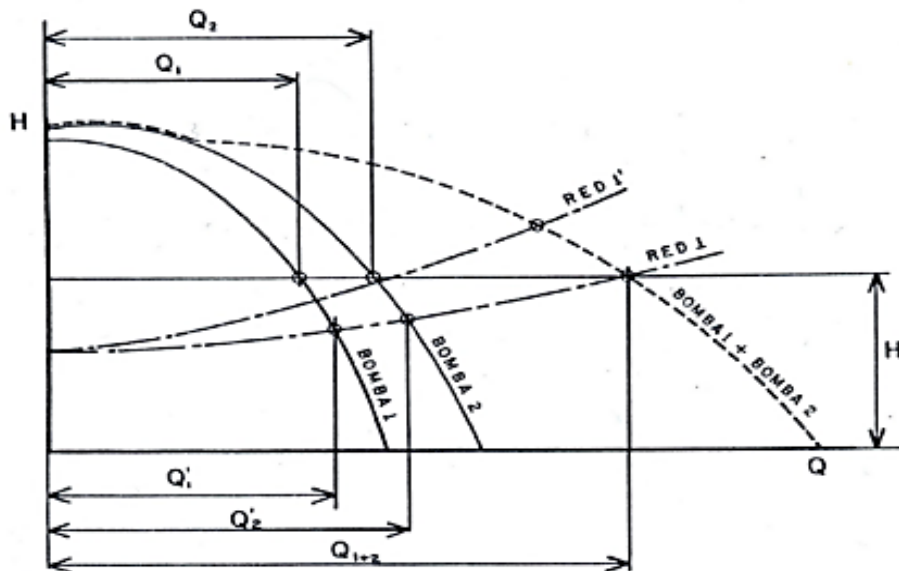


Figura 3.11. Curva característica de bomba en paralelo [25].

### **3.6. Métodos e instrumentos de medición de mecánica de los fluidos**

Los sistemas modernos pueden analizar los diversos procesos y técnicas utilizados para medir diferentes tipos de fluidos para caracterizar la presión, la velocidad, la temperatura y la concentración en las mediciones de líquidos. El equipo que realiza la medición de flujo volumétrico se conoce comúnmente como medidor de flujo o medidores de caudal.

El medidor de flujo registra datos de peso o volumen que fluyen a través de una sección transversal particular por unidad de tiempo. Dentro de los medidores de tasa se incluyen el orificio, la boquilla, el medidor Venturi, el rotámetro y el vertedero [26].

Los medidores de flujo volumétrico se pueden establecer de dos formas:

- Por medio de dispositivos de desplazamiento positivo.
- Por medio de dispositivos de presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, etc.

#### **3.6.1. Medición de presión**

La presión se mide utilizando una variedad de transductores mecánicos como diafragmas, cápsulas, tubos de Bourdon y manómetros que indican el valor de los cambios de presión a través de la relación entre longitud, distancia, desplazamiento y presión medida. La mayoría de los transductores requieren más precisión y estabilidad para que respondan linealmente, es por eso que ahora se utilizan transductores electrónicos. Es decir que el transductor emitirá una señal eléctrica dependiendo de la variación de presión que exista [27].

Un transductor de presión da señales sin amplificar como 2 V a 10 V. La función de un transmisor de presión consiste en amplificar la señal y transformarla en una señal estandarizada en la industria como por ejemplo 4 a 20 mA o de 0 a 10 V.

##### **3.6.1.1. Medidor de presión piezorresistivo.**

Es un dispositivo que utiliza el cambio de resistividad de algunos materiales semiconductores cuando se someten a tensión mecánica para obtener efectos electrónicos. El material más utilizado en la mayoría de los productos de instrumentación es la familia de silicio que se encuentra en la mayoría de los productos electrónicos. Una técnica común utilizada hoy en día para los medidores de tensión, es que están conectadas de tal manera que forman un circuito de puente de Wheatstone para maximizar el rendimiento del sensor y minimizar la posibilidad de errores. Estas tecnologías son adecuadas para medir presión absoluta, de vacío y presión diferencial [28].

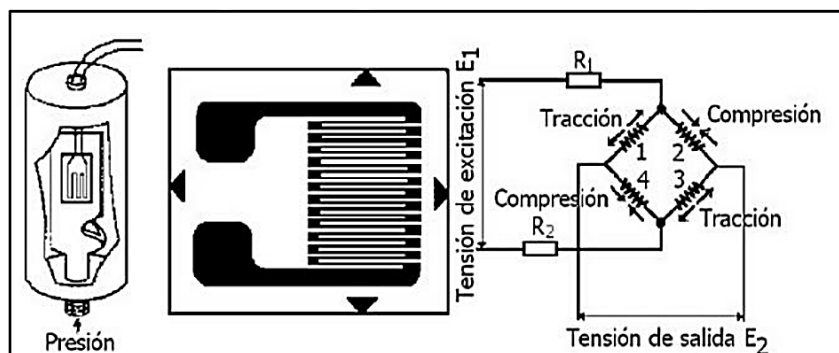


Figura 3.12. Medidor de presión piezorresistivo [28].

**Ventajas:**

- Tiene un bajo costo de elaboración.
- Posee diferentes niveles de presión que pueden ser conseguidos de acuerdo a la aplicación requerida.
- Se pueden conseguir diferentes sensibilidades mayores a 10mv/V, tiene buena linealidad a temperatura constante

**Desventajas:**

- Gran desviación inicial
- Limitación por alta temperatura
- Requiere fuente de poder externa

**3.6.1.2. Medidor de presión capacitivos.**

Este transductor de presión usa capacitores y no resistencias como elementos del puente de Wheatstone. Con esto se produce presión a la membrana y su capacitancia varía según la presión que se le aplicada, el material de diafragma por lo general esta echo de metal, silicio o cerámica. Estos transductores pueden llegar a medir presiones bajas, se utilizan frecuentemente en transmisores de presión manométrica, diferencial y aplicaciones de medición de presión, flujo o nivel [28].

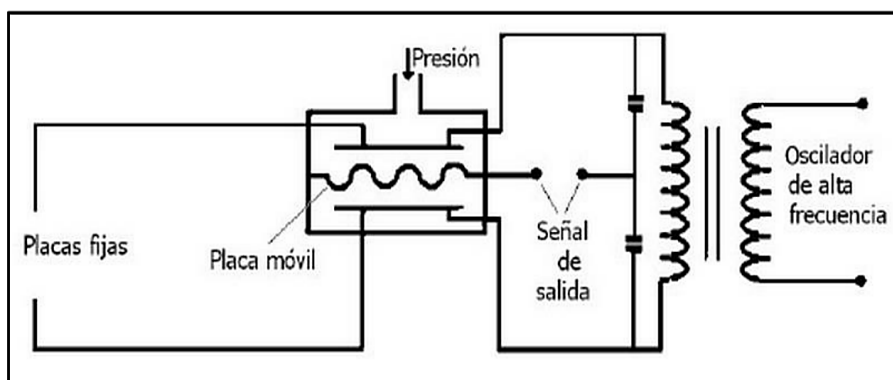


Figura 3.13. Transmisor capacitivo [28].

**Ventajas:**

- Útiles a la hora de medir presiones muy bajas.
- Su fabricación es rígida.
- No afecta la medición por vibración.

**Desventajas:**

- Llega a ser sensible a la temperatura.
- Requiere calibrar para producir una señal estándar.
- Necesita una fuente de poder externa.

**3.6.1.3. Medidor de presión piezoeléctrico.**

El transductor de presión utiliza piezoelectricidad que no es más que la generación de un potencial eléctrico por la acumulación de presión en una sustancia cristalina específica como el cuarzo o el titanato de bario entre otros [29].

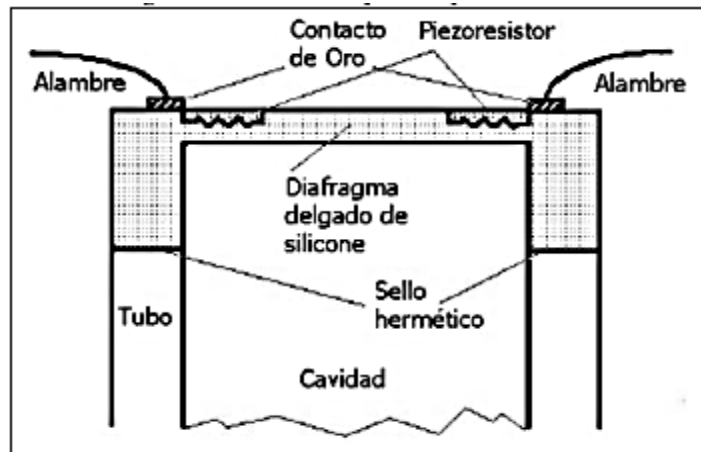


Figura 3.14. Piezoeléctrico [29].

**Ventajas:**

- Posee una sensibilidad alta
- Tiene un bajo costo de fabricación
- Posee una rigidez mecánica alta

**Desventajas:**

- Su respuesta en frecuencia es limitada
- Tiene problemas a la hora de su acondicionamiento

**3.6.1.4. Medidor de presión resistivos.**

Los transductores resistivos tienen un principio de funcionamiento diferente, en el que la resistencia del elemento cambia por que varía la presión. Estos elementos están constituidos

por un elemento elástico que puede ser un diafragma o fuelle, los mismos que hacen variar la resistencia de un potenciómetro en función de la presión aplicada [29].

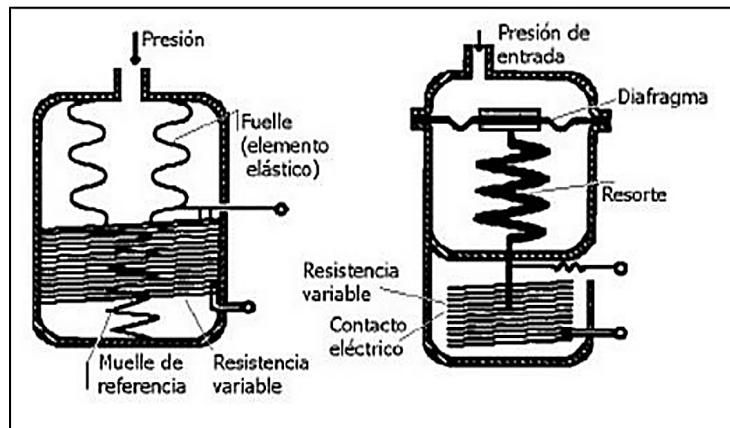


Figura 3.15. Transmisor Resistivo [29].

### 3.6.2. Dispositivo para la medición de flujo.

La medición del flujo en un canal cerrado, permite determinar el volumen o masa que circula por el sistema por unidad de tiempo.

Los medidores de flujo pueden determinar la tasa de flujo volumétrico del líquido directamente por el dispositivo de desplazamiento positivo o indirecto mediante dispositivos de: presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, etc.

Existe una gran variedad de medidores de flujo, pero por su funcionamiento podemos nombrar los siguientes:

- Medidores de desplazamiento positivo.
- Medidores volumétricos.
- Medidores diferenciales.
- Medidores de flujo másico.



Figura 3.16. Medidor de flujo [30].

### 3.6.2.1. Medidores volumétricos de flujo.

Los flujómetros volumétricos permiten medir el flujo del sistema interrumpiendo el flujo del líquido en determinados volúmenes como puede ser en tuberías. Para la selección de estos flujómetros se deben tomar en cuenta varios parámetros importantes como son la viscosidad, temperatura a la que van a trabajar y a su vez la presión a la estarán sometidos [30].

#### 3.6.2.1.1. Medidores tipo turbina.

Este medidor está compuesto por una turbina la misma que rota conforme el fluido circula a través del medidor, una bobina electromagnética que se encuentra ubicada en las paredes de la tubería es quien detecta el giro de la turbina para producir así impulsos eléctricos los cuales son directamente proporcional con el caudal que en ese instante pasa por la tubería [30].

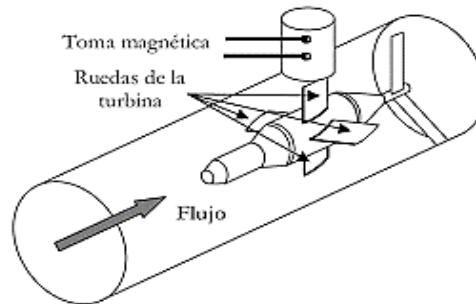


Figura 3.17. Transmisor tipo turbina [30].

#### Ventajas:

- Instrumento muy preciso para medir caudal
- Rango para medir caudales es muy amplio
- Rápida respuesta y excelente repetitividad
- Fácil interfaz a sistemas de computación
- Rango de operación amplio de temperaturas y presiones

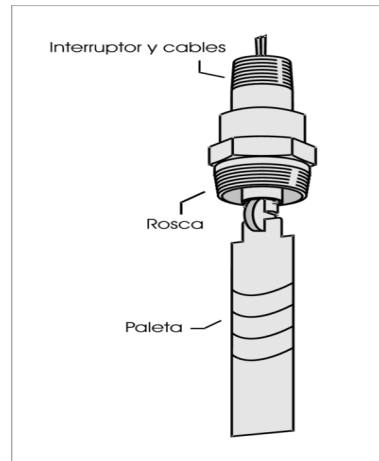
#### Desventajas:

- Un desgaste de los rodamientos puede ser el problema principal
- Instrumento de manipulación delicada
- El exceso de velocidad puede averiar los rodamientos
- En Ecuador no existen

### 3.6.2.2. Medidor tipo paletas.

Es un sensor de flujo que tiene un mecanismo sencillo y preciso que consiste en una paleta que se ubica transversal con el fluido que se requiera medir. El fluido hace rotar a la paleta que se

encuentra constituida por imanes permanentes los mismos que al pasar por la bobina que se encuentra en el eje del sensor, se crea una señal que es proporcional a la velocidad del caudal [30].



**Figura 3.18.** Transmisor tipo turbina [30].

#### **Ventajas:**

- Buena duración y exactitud
- Fácil accesibilidad para mantenimiento
- Rápida respuesta y alta repetitividad

#### **Desventajas**

- Sensibilidad en sus paletas
- La viscosidad de los fluidos influye mucho en este sensor
- Mayor resistencia al flujo
- Su costo es elevado y varía dependiendo el rango requerido

### **3.7. PLC LOGO de Siemens**

Es un módulo controlador lógico programable, de Siemens., Estructuralmente corresponde a la norma DIN 43880, por lo que encaja en el carril DIN de un distribuidor. Ejemplos de aplicaciones son el control de iluminación, el control de persianas enrollables o la automatización simple entre muchos otros [31].

#### **3.7.1. Estructura general del PLC LOGO de Siemens**

Incluye un controlador con unidad de manejo y visualización. Con la unidad de control y visualización del PLC LOGO de Siemens pueden crearse y editarse programas, así como manejarse funciones del sistema. Por intermedio de la interfaz Ethernet o de un cable de PC, se pueden cargar o subir programas externos desde un software de programación LOGO!Soft Comfort. Con este software además es posible realizar una simulación del circuito en el ordenador, además de crear programas, e imprimir esquemas generales [31].

En los módulos lógicos LOGO se encuentran integradas las funciones básicas habituales en la práctica listas para su uso, AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, evaluación de flancos positivos/negativos. dependiendo del tipo de dispositivo.

Este software ofrece las siguientes funciones:

- Visualización acorde a los menús de aplicaciones
- Sistema de trabajo basado en proyectos de red
- Visualización dividida para la barra de herramientas "Estándar" para interfaces de software comunes. La barra de herramientas se muestra "Herramientas", y en el modo de proyecto, la barra de herramientas "Red"
- Pantalla de ventana dividida con cambio de foco y función Arrastrar y soltar
- Al elaborar proyectos de red se puede guardar, cargar, crear y cerrar dicho proyecto
- Nueva configuración de control de acceso en línea, con diferentes modos de acceso
- Tiene la posibilidad de crear conexiones por intermedio de la configuración de bloques de función NI y NQ

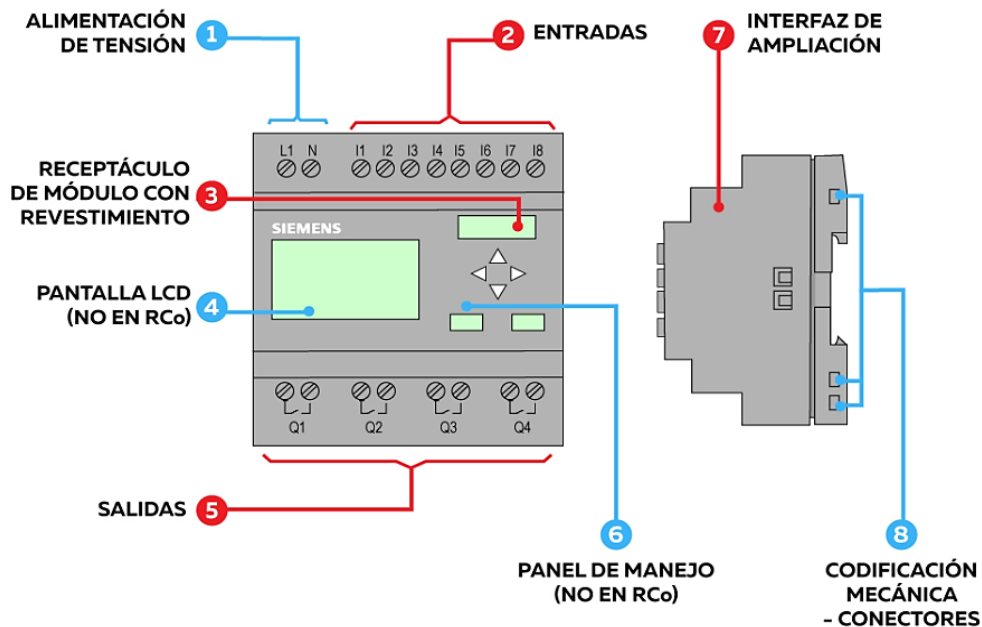


Figura 3.19. Diagrama generalizado del PLC LOGO de Siemens [31].

### 3.7.2. Funcionamiento del PLC LOGO de Siemens

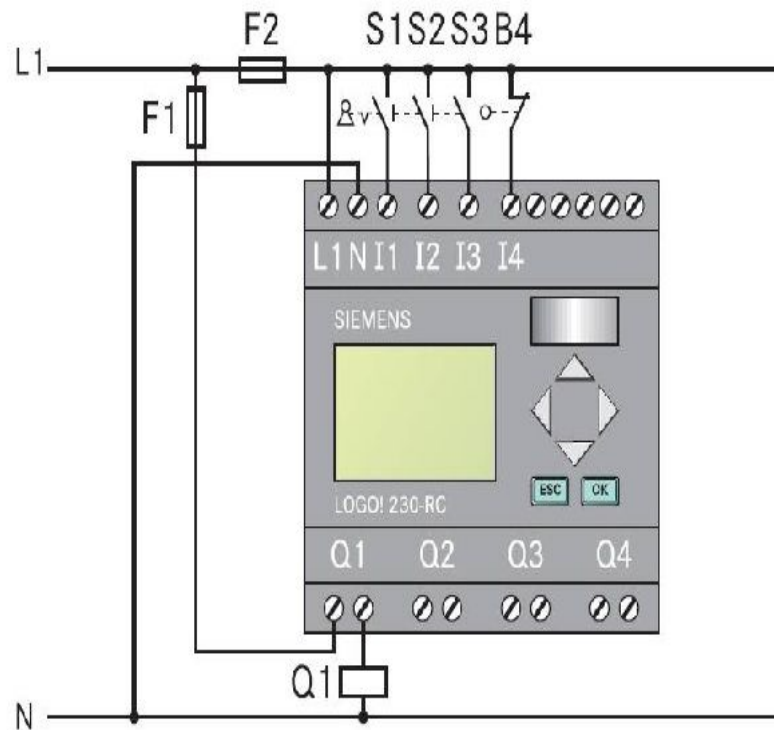
Su programación es fácil de hacer utilizando los seis botones que están situados en el panel frontal, desde los cuales puede ingresar el programa. Posee una pantalla LCD para la visualización del programa, estado de entradas y salidas, parámetros, de forma gráfica.



Otra forma de trabajar es usar el software especial SIEMENS para programar en una computadora externa y luego implementar, conectando el ordenador con LOGO, mediante un cable distribuido por la propia SIEMENS. También se puede simular el programa en su computadora antes de introducirlo en el PLC LOGO de Siemens [31].

**Funcionamiento:**

- La tensión de alimentación en un rango admisible de 115V AC.
- Se conectan las entradas ya sea para pulsadores, interruptores, sensores, en los correspondientes bornes de entradas. Tenemos 8 entradas posibles: I1, I2....hasta I8. En el caso de requerir más se pueden comprar módulos de ampliación.
- Se conectan las diferentes salidas en los 4 bornes de salida utilizables Q1, Q2, Q3 y Q4. En el estado conectado ( $Q = 1$ ) puede circular como máximo una corriente de 8A para 230 V A.C [31].



**Figura 3.20.** Diagrama de conexión PLC LOGO de Siemens [31].

**3.8. Tuberías**

Al ser un sistema SCADA y con pérdidas demasiado pequeñas es despreciable. Lo único a ser utilizado de este apartado es el dimensionamiento de la tubería que se encuentra en el módulo físico ya que es el mismo tamaño para el desfogue del fluido en el recipiente, tanto como en la entrada y salida de la bomba que son de ½ in [32].

**Tabla 3.1.** Tuberías presión Pavco Wavin.

Icontec Sello de Calidad RES 0501		Icontec Sello de Calidad NTC 382		Tuberías Presión PAVCO WAVIN						
				Diámetro Nominal		Referencia	Peso	Diámetro Exterior Promedio		Espesor de Pared Mínimo
mm	pulg.			g/m	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	
<b>RDE 9 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 500 PSI		21	1/2	2900266	218	21.34	0.84	2.37	0.09	16.60
<b>RDE 11 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 400 PSI		26	3/4	2900210	304	26.67	1.05	2.43	0.09	21.81
<b>RDE 13.5 PVC</b> Presión de Trabajo a 23°C: 315 PSI		21	1/2	2902449	157	21.34	0.84	1.58	0.06	18.18
		33	1	2900213	364	33.40	1.31	2.46	0.09	28.48

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Descripción del proyecto

El presente proyecto se basa en la adquisición de datos de presión, caudal y la determinación de curvas características en bombas de torbellino, conectas mediante tuberías en serie y paralelo, esto permitirá identificar el comportamiento que tiene la presión y el caudal al momento de verificar las curvas en función del Voltaje-Caudal, Corriente-Caudal, Altura-Caudal y Rendimiento-Cauda.

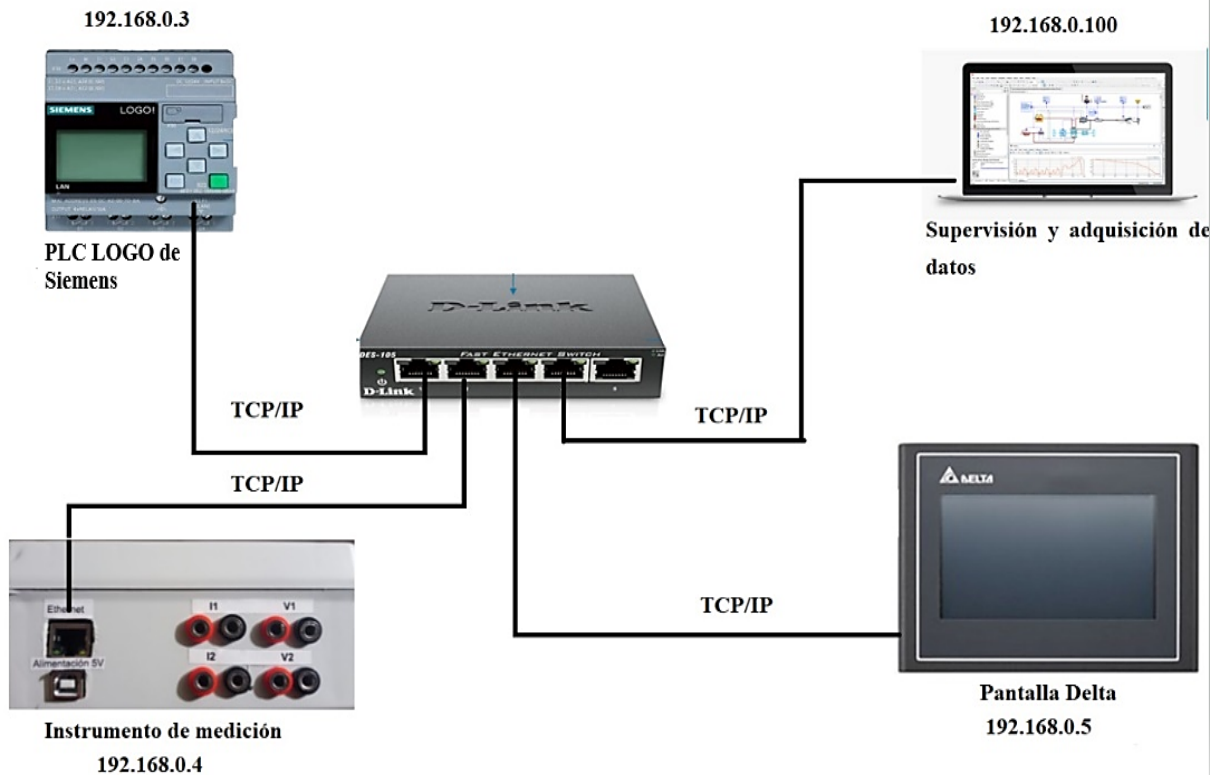
El diseño del sistema de supervisión y adquisición de datos tendrá como precedente varios antecedentes bibliográficos, ya que para la utilización de componentes se requieren especificaciones técnicas que se pueden encontrar tanto como textos impresos y digitales para una correcta manipulación de los mismos.

**Tabla 4.1.** Variables Dependientes e Independientes

Variables Dependientes	Variables Independientes
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Manipulación de la válvula de salida del agua.
Presión (Pa)	

## 4.2. Sistema de supervisión y adquisición de datos

El sistema permitirá la visualización y monitoreo de las variables de medición que se utilizaron como son: la presión de entrada, presión de salida y caudal de salida de todo el sistema, sea en serie o en paralelo la conexión de las tuberías.



**Figura 4.1.** Arquitectura del sistema de adquisición de datos.

A continuación, se presenta en la Tabla 4.2 los elementos de conexión utilizados, para la elección del PLC.

**Tabla 4.2.** Entradas y salidas para el PLC.

Elementos	Representación	Input/Output	Digital/Análogo	Función
Sensor Presión	P 1	Input	Análogo	Medidor de presión
Sensor Presión	P 2	Input	Análogo	Medidor de presión
Sensor Presión	P 3	Input	Análogo	Medidor de presión
Sensor Caudal	C 1	Input	Digital	Medidor de Caudal
Contacto 1 NO	Q 1	Output	Digital	Contacto NO de la bomba
Contacto 1 NC	Q 2	Output	Digital	Contacto NC de la bomba
Contacto 2 NO	Q 3	Output	Digital	Contacto NO de la bomba
Contacto 2 NC	Q 4	Output	Digital	Contacto NC de la bomba


De acuerdo a los requisitos de la Tabla 4.2 el PLC que se considera es el PLC LOGO de Siemens 12/24 RCE por que cumple con el mínimo de entradas y salidas de conexión requeridas.

**Tabla 4.3.** Entradas y salidas para el PLC LOGO de Siemens.

Elementos	Representación	Input/Output	Digital/Análogo	Función	PLC LOGO terminales de conexión
Sensor Presión	P 1	Input	Análogo	Medidor de presión	I7
Sensor Presión	P 2	Input	Análogo	Medidor de presión	I8
Sensor Presión	P 3	Input	Análogo	Medidor de presión	I1
Sensor Caudal	C 1	Input	Digital	Medidor de Caudal	I5
Contacto 1 NO	B 1	Output	Digital	Contacto NO de la bomba	Q1
Contacto 1 NC	B 1	Output	Digital	Contacto NC de la bomba	Q2
Contacto 2 NO	B 2	Output	Digital	Contacto NO de la bomba	Q3
Contacto 2 NC	B 2	Output	Digital	Contacto NC de la bomba	Q4

#### 4.2.1. PLC LOGO de Siemens 12/24 RCE

Es un módulo lógico universal de Siemens en donde se puede crear y editar programas, así como manejarse funciones del sistema. Los programas externos se pueden cargar desde el módulo de programa utilizando el software de programación LOGO SoftComfort a través de una interfaz Ethernet o un cable de PC. También puede simular circuitos desde su computadora, programar e imprimir esquemas generales.

PLC LOGO de Siemens 12/24 RCE	Características técnicas
 <p>The image shows a Siemens LOGO 12/24 RCE PLC module. It is a grey, rack-mountable device with a small LCD screen on the front panel. The screen displays 'SIEMENS LOGO!' and 'LAN'. Below the screen are several buttons and a green emergency stop button. The top of the module has a terminal block with 12 digital inputs and 24 digital outputs. The bottom of the module has a terminal block for power and communication.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación y programación por Ethernet.</li> <li>• Pantalla 6 líneas de 6 caracteres, 4 colores.</li> <li>• Alimentación categoría 1 es decir, 12 V DC, 24 V DC, 24 V AC</li> <li>• 8 entradas Digitales, 4 de las cuales también son entradas Analógicas.</li> <li>• salidas a Relé, Soportan 240VAC/VDC 16A máx.</li> </ul>

**Figura 4.2.** PLC LOGO de Siemens 12/24 RCE [33].

#### 4.2.2. Fuente 12/24 V LOGO SQ6XD332661

Para la utilización del logo 8 es necesario utilizar una fuente que sea compatible, esta se encarga de reducir el voltaje de entrada de 100 a 240 V (AC) y la salida de 24 V (DC).


Fuente 12/24 V LOGO SQ6XD332661	Características técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fuente de alimentación Regulada</li> <li>● Entrada Monofásica 120/240 V AC o DC</li> <li>● Salida tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente: 12/24 V DC/4,0 A</li> <li>● Protección: IP20</li> <li>● Montaje carril DIN.</li> </ul>

Figura 4.3. Fuente Siemens [33].

#### 4.2.3. Pantalla HMI, DOP-107EG

La pantalla DOP-107EG de HMI de Delta se establece con más de 30 protocolos de comunicación de los fabricantes de PLC más consolidados y su programación es fácil e intuitiva con el software gratuito DOPSoft 4.0 que contiene una amplia biblioteca de símbolos gráficos con un aspecto moderno y la posibilidad de programar mediante macros.


Pantalla HMI, DOP-107EG	Características técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelo DOP-107EG</li> <li>● Tipo de pantalla: 7" TFT LCD (65.535 colores)</li> <li>● CPU ARM: Cortex-A8 (800MHz)</li> <li>● Flash ROM (Bytes): 256 MB</li> <li>● Puerto de red: 1 puerto, 10/100 Mbps</li> <li>● USB: 1 USB Slave Ver 2,0, 1 USB Host Ver 2,0</li> <li>● Serial COM Puerto (COM2): RS-232 (admite control de flujo de hardware) / RS-485* 2</li> <li>● Resistente al agua Grado: IP65 / NEMA4 / UL Tipo 4X</li> <li>● Voltaje: DC + 24V (-15% ~ + 15%) (utiliza una fuente de alimentación aislada).</li> <li>● Suministrado por circuito de clase 2 o SELV (aislado de la red eléctrica por doble aislamiento)</li> </ul>

Figura 4.4. Datos técnicos de pantalla HMI, DOP-107EG [34].

### 4.3. Parámetros técnicos de las bombas de torbellino

Las bombas de torbellino son de marca Paolo y Leo, sus potencias son de 0.5 Hp. Las características técnicas de las bombas se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.4.** Datos nominales de las bombas.

<b>Bomba 1</b>		
<b>Marca:</b> Paolo	<b>Voltaje:</b> 110/220 V	<b>Corriente:</b> 5/2,5 A
<b>Potencia:</b> 0, 37 kW	<b>Qmax:</b> 40 L/min	<b>Frecuencia:</b> 60 Hz
<b>Bomba 2</b>		
<b>Marca:</b> Leo	<b>Voltaje:</b> 110/220 V	<b>Corriente:</b> 5/2,5 A
<b>Potencia:</b> 0.37 kW	<b>Qmax:</b> 40 L/min	<b>Frecuencia:</b> 60 Hz

#### 4.3.1. Selección de los elementos de protección para las bombas de torbellino

Para proteger las bombas, necesitamos conocer la corriente a plena carga para elegir los elementos de protección adecuados. la ecuación matemática se representa de la siguiente manera.

$$I_{pe} = I_n * I_{nb} \tag{4.1}$$

$I_{nb}$  = corriente nominal de la bomba (Amp)

$I_n$  = 1.25 factor de servicio datos de la bomba 5HP, 3400 rpm

$I_{pe}$  = Corriente consumida a plena carga (Amp)

Hp	Service Factor					
	Synchronous Speed, Rpm					
	3600	1800	1200	900	720	600
1/20	1.4	1.4	1.4	1.4	...	...
1/12	1.4	1.4	1.4	1.4	...	...
1/8	1.4	1.4	1.4	1.4	...	...
1/6	1.35	1.35	1.35	1.35	...	...
1/4	1.35	1.35	1.35	1.35	...	...
1/3	1.35	1.35	1.35	1.35	...	...
1/2	1.25	1.25	1.25	1.15*	...	...
3/4	1.25	1.25	1.15*	1.15*	...	...
1	1.25	1.15*	1.15*	1.15*	...	...
1-1/2-125	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*
150	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*
200	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	...
250	1.0	1.15*	1.15*	1.15*	...	...

**Figura 4.5.** Factor de servicio [35].

#### 4.3.1.1. Contactor META-MEC GMC-18

Utilizando el contactor marca META-MEC, la bobina de 110 V con frecuencia 50 - 60 Hz, la cual cierra los contactos cuando la bobina está energizada, ayudándonos a controlar el arranque y parada de las bombas.



Figura 4.6. Contactor META-MEC GMC-18 [35].

#### 4.3.1.2. Interruptor termomagnético

El interruptor térmico de META-MEC se utiliza en circuitos de control de bombas. Este interruptor térmico magnético nos ayuda a proteger el circuito de mando que controla el arranque de las bombas.



Figura 4.7. Interruptor termomagnético [35].

#### 4.3.1.3 Pulsadores de marcha y paro

Para el accionamiento de las bombas de pulsadores marca SIEMENS normalmente cerrado, el cual es necesario para apagar la bomba, esté abre el circuito de mando mediante un pulso. También se usó un pulsador marca SIEMENS normalmente abierto para el arranque, este cierra el circuito de mando mandando a activar la bomba.



#### 4.3.1.4 Paro de emergencia y luces indicadoras

Además, se instala un interruptor de emergencia tipo hongo en la parte inferior del panel, cuando el módulo está dañado o anormal, tiene la función de realizar una parada temporal, evitando una situación peligrosa que afecte la operación del módulo y la seguridad de la persona.

Las luces indicadoras que se encuentran colocadas debajo del paro de emergencia en el tablero de control, son de 220 V, marca Siemens, las cuales tienen la función de indicar al personal, el estado de la bomba, sea “MARCHA” cuando el sistema se encuentre en funcionamiento, o “PARO” cuando el sistema se encuentra deshabilitado.

#### 4.4. Sensores de medición

##### 4.4.1. Medidor de flujo JUJIE LWGY-N

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.

Medidor de flujo JUJIE LWGY-N	Características técnicas
 The image shows a flow meter with a stainless steel body and a black cable. The brand name 'JUJIE' is visible on the top left of the device. The device has a threaded connection on the left side and a cable extending from the top.	<ul style="list-style-type: none"><li>● Modelo: LWGY-N</li><li>● Brida de Conexión: DN15-DN200</li><li>● Rango de medición: 0.6-6 m<sup>3</sup>/h</li><li>● Tipo de acoplamiento: ANSI brida</li><li>● Diámetro interior de la tubería de unión: 1 pulgada</li><li>● Ambiente: líquido limpio</li><li>● Tensión de alimentación: 12 -24 VDC</li><li>● Salida de señal: Pulso de 4-20mA</li><li>● Soportar la presión: 6.3 MPa</li><li>● Temperatura: -100- 150</li><li>● Comunicación:RS485(Modbus-RTU)</li></ul>

Figura 4.8. Medidor de flujo JUJIE LWGY-N [36].




**Tabla 4.5.** Rango de medición de medidor de flujo

Diámetro(mm)	Rango de flujo estándar m <sup>3</sup> /h	Rango de flujo extendido m <sup>3</sup> /h	Índice de presión estándar (MPa)
DN4	0,04-0,25	0,04-0,4	6,3
DN6	0,0-0,6	0,06-6	6,3
DN10	0,2-1,2	0,15-1,5	6,3
DN15	0,6-6	0,4-8	6,3
DN20	0,8-8	0,45-9	6,3
DN25	0,1-10	0,5-10	6,3
DN32	1,5-15	0,8-15	6,3
DN40	2-20	1-20	6,3
DN50	4-40	2-40	2,5
DN65	7-70	4-70	1,6
DN80	10-oct	5-100	1,6
DN100	20-200	10-200	1,6
DN125	25-250	13-250	1,6
DN150	30-300	15-300	1,6

#### 4.4.2. Transmisores de presión XDB305

Los transmisores de presión de la serie XDB305 se fabrican con tecnología internacional avanzada de sensor de resistencia piezoeléctrica y puede elegir entre una variedad de núcleos de sensor para adaptarse a su aplicación. El acero inoxidable es adecuado por que posee una alta estabilidad a largo plazo y múltiples salidas de señal. Debido a que se usa en diferentes ambientes y climas, es ampliamente utilizado en diferentes campos.

Transmisor de Presión XDB305	Características técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Estructura integrada de acero inoxidable</li> <li>● Tamaño pequeño, cómodo de instalar y operar</li> <li>● 4-20mA, 0,5-4,5 V, 0-5V, 0-10V, I2C, varios voltajes Salida</li> <li>● Función completa de protección contra sobretensiones</li> <li>● Para aplicaciones como aire, agua, aceite</li> <li>● Proporcionar OEM, personalización flexible</li> </ul>

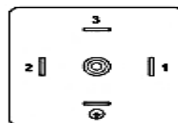
**Figura 4.9.** Transmisor de presión XDB305 [36].

**Tabla 4.6.** Parámetros del transmisor de presión.

Parámetros	Rangos
Rango de medición:	0 ~ 600Bar
Precisión:	± 1,0% FS
Señal de salida:	4-20mA (2 cables)
Tensión de alimentación:	12 ~ 36(24) VDC
Temperatura de funcionamiento:	-40 ~ 105 °C
Temperatura de compensación:	-20 ~ 80 °C
Corriente de funcionamiento:	≤ 3mA
Deriva de temperatura (cero y sensibilidad):	≤ ± 0,03% FS/°C
Estabilidad a largo plazo:	≤ ± 0,2% FS/año
Tiempo de respuesta:	≤ 3ms
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
Material de la carcasa:	acero inoxidable 304
Clase de protección:	IP65

### Conexión eléctrica

- Pin1: suministro + (rojo)
- Pin2: salida + (negro)
- Con cable blindado



	1- Hirschman(DIN)		
<b>4-20mA (2 wire)</b>	1	+Supply	Red
	2	+Output	Black
<b>0-10V, 0-5V, 0.5-4.5V (3 wire)</b>	1	+Supply	Red
	2	GND	Black
	3	+Output	Green

**Figura 4.10.** Conexión eléctrica de transmisión de presión [36].

## 4.5. Instrumento de medición para corriente y voltaje

### 4.5.1. Sensor de voltaje AC - ZMPT101B

El módulo transformador de voltaje alterno ZMPT101B permite medir voltaje alterno este voltaje AC no puede ser medido directamente por el ADC del Arduino pues escapa al rango de

entrada (0V a 5V). El módulo ZMPT101B reduce el voltaje AC de entrada a un voltaje que pueda ser leído por el Arduino o cualquier otro microcontrolador.

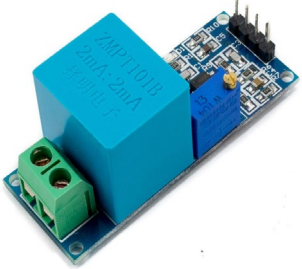
Sensor de voltaje AC - ZMPT101B	Características técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Voltaje de alimentación: 3.3V - 5VDC</li> <li>● Voltaje alterno de entrada: 250VAC máx.</li> <li>● Señal de salida: analógica senoidal</li> <li>● Dimensiones: 5 cm x 2 cm x 2.4 cm</li> <li>● Corriente nominal de entrada y salida: 2mA</li> <li>● Ratio entrada-salida 1000:1000</li> <li>● Diferencia de fase: &lt;math&gt;&lt;30^\circ&lt;/math&gt; (a 50ohm)</li> <li>● Rango lineal: 0-3mA (a 50ohm)</li> <li>● Linealidad: 1%</li> <li>● Precisión: 0.2%</li> <li>● Aislamiento eléctrico entrada: hasta 3000V</li> </ul>

Figura 4.11. Sensor de voltaje AC-ZMPT101B [37].

#### 4.5.2. Sensor de corriente ACS712

Este módulo basado en el circuito integrado ACS712 de Allegro Micro Systems permite medir la cantidad de corriente que fluye a través de un circuito de corriente alterna (AC) o corriente directa (DC). El método para medir es a través de un sensor de efecto hall que provee un voltaje de salida proporcional a la corriente que fluye en el circuito.


Sensor de corriente ACS712	Características técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sensor lineal de efecto hall de bajo offset</li> <li>● Alta precisión de medida debido a la cercanía del sensor de efecto hall al elemento de paso (ambos se encuentran dentro del IC).</li> <li>● Baja resistencia del elemento de paso para una baja disipación de potencia (1,2 mΩ típico)</li> <li>● Capacidad de sobrevivir a picos de corriente de hasta 5 veces la corriente nominal de operación.</li> <li>● Las terminales del elemento conductor se encuentran aisladas eléctricamente (Hasta 2,1 KV) por lo que evita la necesidad de aislamiento externo (optoacopladores).</li> </ul>

Figura 4.12. Sensor de corriente AC-ACS712 [37].

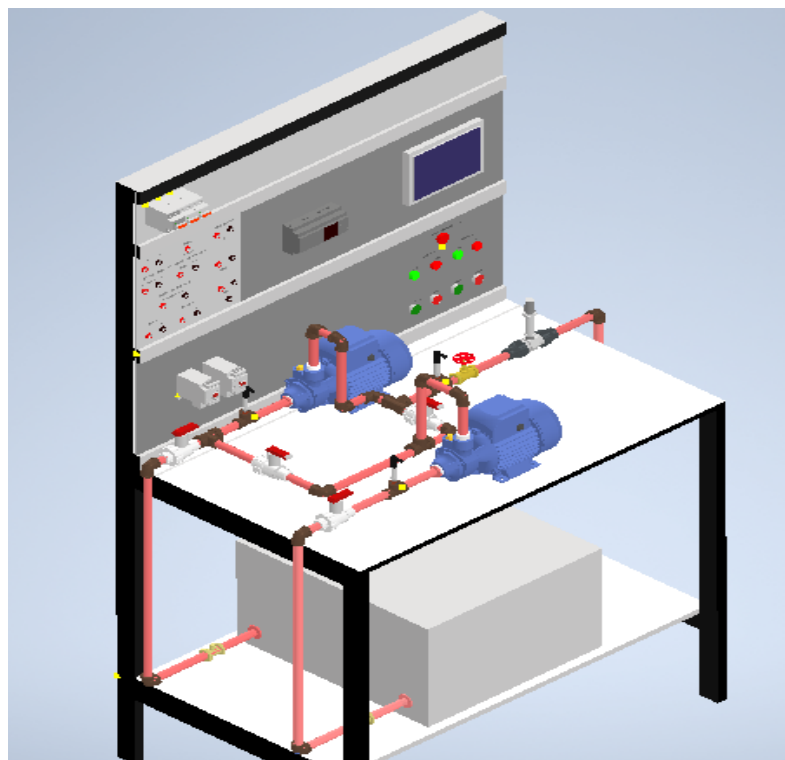
#### 4.6. Partes del sistema hidráulico

El módulo consta de las siguientes partes físicas:

**Tabla 4.7.** Accesorios del sistema.

Descripción	Cantidad
1. Válvulas de bola de ½ in.	4
2. Válvula check de ½ in.	2
3. Universal de ½ in.	3
4. Reducción ampliación de 1 in a ½ in.	2
5. Uniones de ½ in.	2
6. Codos y tees ½ in.	20
7. Salida de fluido	1
8. Entrada de fluido	2
9. Tanque	1

El agua es el fluido que se utiliza en la experimentación del módulo, puesto que el diseño del sistema hidráulico se basa en las características del mismo, por lo que la utilización de otro líquido que no sea agua puede causar daños internos en las tuberías.



**Figura 4.13.** Diseño del sistema hidráulico y sus accesorios.

#### 4.6.1. 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.



Figura 4.14. Válvula de bola tipo unión universal [38].

#### 4.6.2. Válvula de globo

Es adecuada para utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, desde el control de caudal hasta el control abierto-cerrado (On-Off). El tapón de la válvula está en contacto firme con el asiento cuando la válvula está cerrada pero cuando el tapón de la válvula está abriéndose del asiento, la válvula se encontrará abierta.

Por lo tanto, el control de caudal está determinado no por el tamaño de la abertura en el asiento de la válvula, sino más bien por el levantamiento del tapón de la válvula (la distancia desde el tapón de la válvula al asiento).



Figura 4.15. Válvula de compuerta [38].

#### 4.7. Condiciones del fluido en las que va a trabajar el equipo

En este caso el fluido a utilizar es el agua, y se usará la densidad del agua a temperatura ambiente que en este caso es 20° C. Las propiedades del agua son las siguientes:

**Tabla 4.8.** Propiedades del agua.

<b>Propiedades</b>	
Densidad ( $\rho$ )	998,2 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica ( $\mu$ )	1,139x10 <sup>-3</sup> N.s/m <sup>2</sup>

En el Anexo A se adjunta la tabla de propiedades del agua.

El agua es el fluido que se utiliza en la experimentación del módulo, puesto que el diseño del sistema hidráulico se basa en las características del mismo, por lo que la utilización de otro líquido que no sea agua puede causar daños internos en las tuberías.

#### **4.8. Ecuaciones**

##### **4.8.1. Caudal y Presión**

Para determinar el caudal y la presión se utilizará los valores dados tanto del medidor de flujo como del medidor de presión.

##### **4.8.2. Diferencia de Presión $\Delta P$**

La presión de entrada de la bomba representa la presión disponible cuando la línea de succión hace contacto con la bomba de aumento de presión. La presión de entrada se toma de la presión de agua generada por un grupo de bombas que extraen agua del tanque. La presión de entrada puede ser positiva o negativa, pero normalmente la presión de entrada negativa ocurre cuando el grupo bombas succiona agua desde el depósito que se encuentra debajo del grupo de presión. Para determinar la diferencia de presión se ingresó la fórmula en la programación del software libre, la ecuación matemática se representa de la siguiente manera:

$$\Delta P = P_{salida} - P_{entrada} \quad (4.2)$$

Donde:

$\Delta P$ = Diferencia de presión (Pa)

$P_{salida}$ = Presión de salida (Pa)

$P_{entrada}$  = Presión de entrada (Pa)

##### **4.8.3. Voltaje y Corriente**

Para determinar el voltaje y la corriente se utilizará los valores tomados por el instrumento de medición que se mostraran en el sistema de adquisición y supervisión de datos de la pantalla HMI.

#### 4.8.4 Altura de Elevación $\Delta H$

La altura de elevación describe la altura máxima a la que puede bombear el líquido una bomba, 1 m de altura de elevación son equivalentes a aprox. 9806.38 Pa de presión.

la ecuación matemática se representa de la siguiente manera:

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho * g} \quad (4.3)$$

Donde:

$\Delta H$  = Altura de elevación (m)

$\Delta P$  = Diferencia de presión tomando los datos proporcionados por el sistema de adquisición de datos (Pa)

$\rho$  = Densidad del agua (constante a temperatura ambiente  $998 \frac{kg}{m^3}$ )

$g$  = Gravedad (constante  $9.8 \frac{m}{s^2}$ )

#### 4.8.5. Rendimiento del Sistema $\eta$

Es el coeficiente que resulta de dividir la potencia hidráulica de salida sobre la potencia de entrada de la bomba, esto representa el porcentaje de potencia que se transmite al fluido con respecto del suministrado de potencia al eje.

$$\eta = \frac{Ne}{Ns} \quad (4.4)$$

$\eta$  = Rendimiento del sistema

$Ne$  = Potencia de entrada (W)

$$Ne = Voltaje * Corriente \quad (4.5)$$

$Ns$  = Potencia de salida (W =  $\frac{kg \cdot m^2}{s^3}$ )

$$Ns = Q * \Delta P \quad (4.6)$$

$Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$\Delta P$  = Diferencia de presión (Pa =  $\frac{kg}{m \cdot s^2}$ )

#### 4.8.6. Porcentaje de error relativo

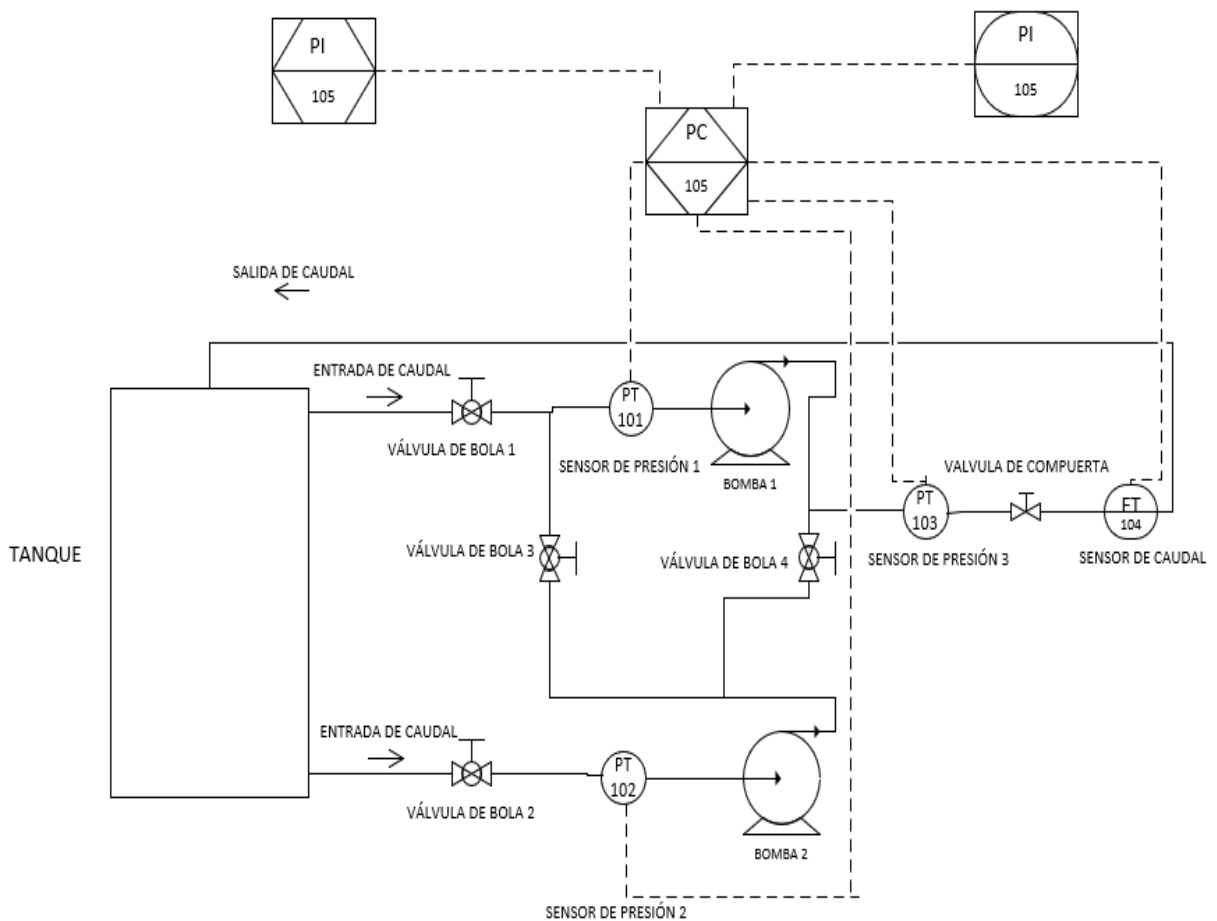
Para el cálculo del porcentaje de error que existe entre la experimentación y la teoría se utiliza la siguiente ecuación:

$$ERROR = \frac{TEÓRCIO-EXPERIMENTAL}{TEÓRICO} (100\%) \quad (4.7)$$

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El módulo está destinado al aprendizaje y capacitación de futuros profesionales en procesos industriales siendo un sistema de bombeo de agua, que será bombeado desde el tanque de reserva por medio de un actuador que en este caso viene a ser la bomba de agua, hacia el mismo tanque de depósito pasando teóricamente por un sensor de caudal y 3 transmisores de presión lo cual será recibido por una variable virtual para poder adquirir y monitorear sus datos por medio de un controlador lógico programable como el PLC LOGO de Siemens, por medio de un código libre de programación, de esta manera se procesaran el resto de señales sucesivamente lo que permitirá realizar el proceso de supervisión y adquisición de datos de las tuberías conectadas tanto en serie como en paralelo.

La supervisión y adquisición de datos será recibido por la programación que por medio de tres entradas analógicas y una entrada digital enviaran las señales hacia el PLC LOGO de Siemens, y de la misma manera enviará una señal digital hacia la PC y la pantalla HMI para poder visualizar los datos de Presión y caudal.



**Figura 5.1.** Diagrama P&ID del sistema de flujo.

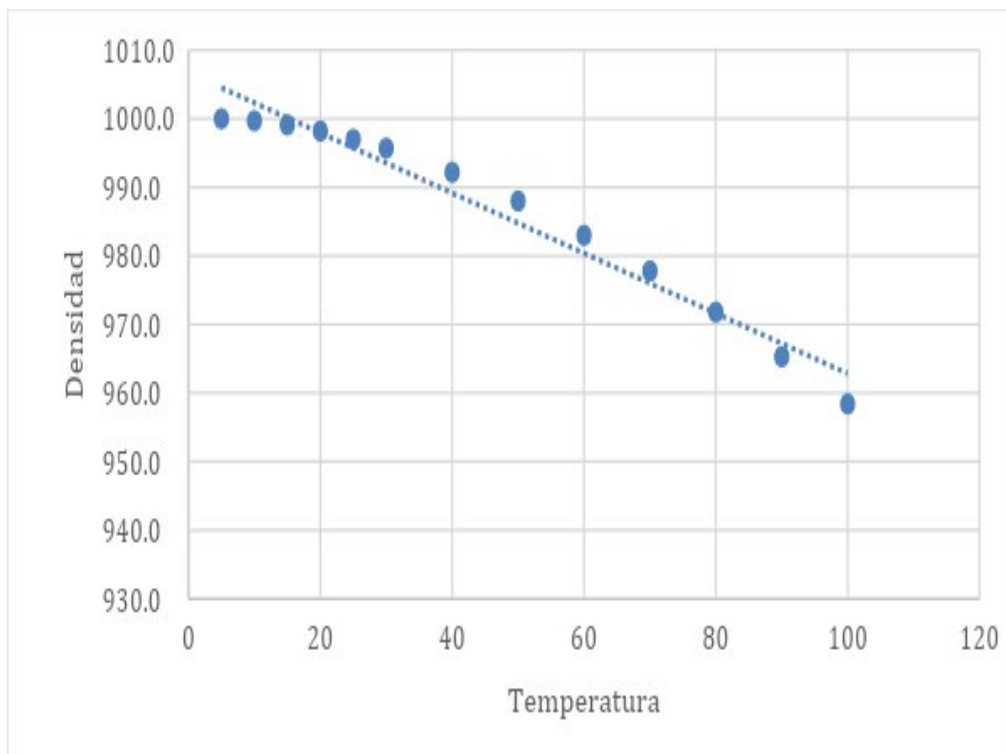


## 5.1. Correlación de la densidad y viscosidad del agua

Para la experimentación en la instalación se utiliza agua, para desarrollar la fórmula es importante elegir los valores de la densidad y viscosidad referente a la temperatura, luego se procede a graficar y de esta manera obtener la fórmula polinómica para la densidad y la fórmula logarítmica para la viscosidad porque tienen un valor de R más cercano al uno como se puede observar en las siguientes gráficas

### 5.1.1. Densidad del agua

En donde podemos observar la gráfica de la densidad del agua con respecto a temperatura, obteniendo de este modo su forma polinómica.



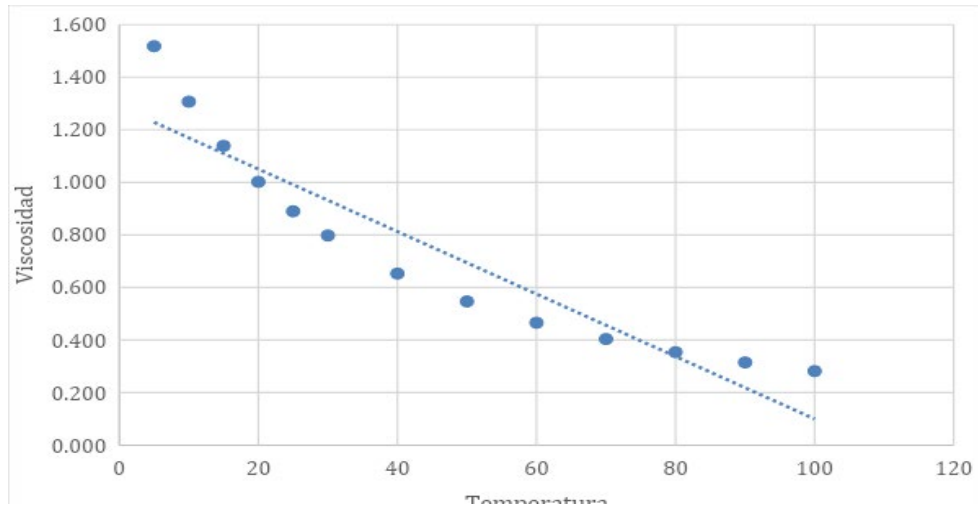
**Figura 5.2.** Curva de Temperatura vs Densidad.

Fórmula de la densidad a distintas temperaturas:

$$\rho = -0.0034x^2 - 0.0906x + 1001.1 \quad (5.7)$$

### 5.1.2. Viscosidad del agua

En donde podemos observar la gráfica de la viscosidad del agua con respecto a temperatura, obteniendo de este modo su forma logarítmica.



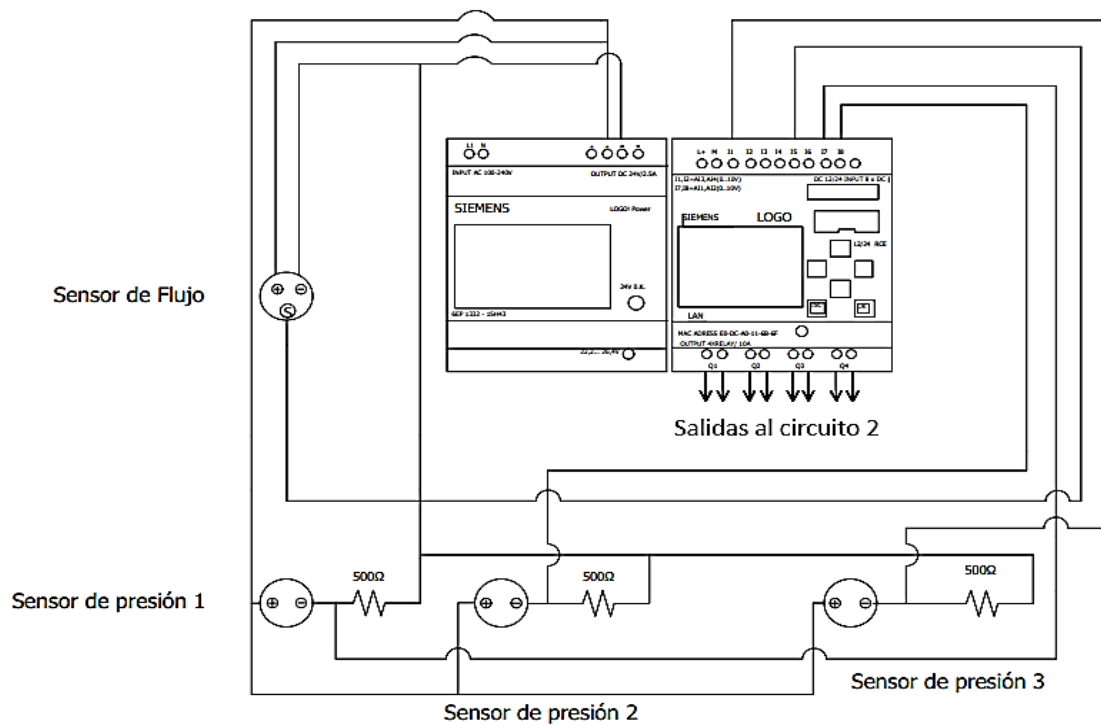
**Figura 5.3.** Curva de Temperatura vs Densidad

Fórmula de la viscosidad a distintas temperaturas:

$$\mu = -0.439 \ln \ln (x) + 2.2853 \quad (5.8)$$

## 5.2. Conexión y escalamiento de los sensores

A continuación se presentan los diagramas de conexión de los sensores y el PLC LOGO de Siemens.



**Figura 5.4.** Circuito 1 de conexión general de los transmisores de presión, caudal y el PLC LOGO de Siemens.

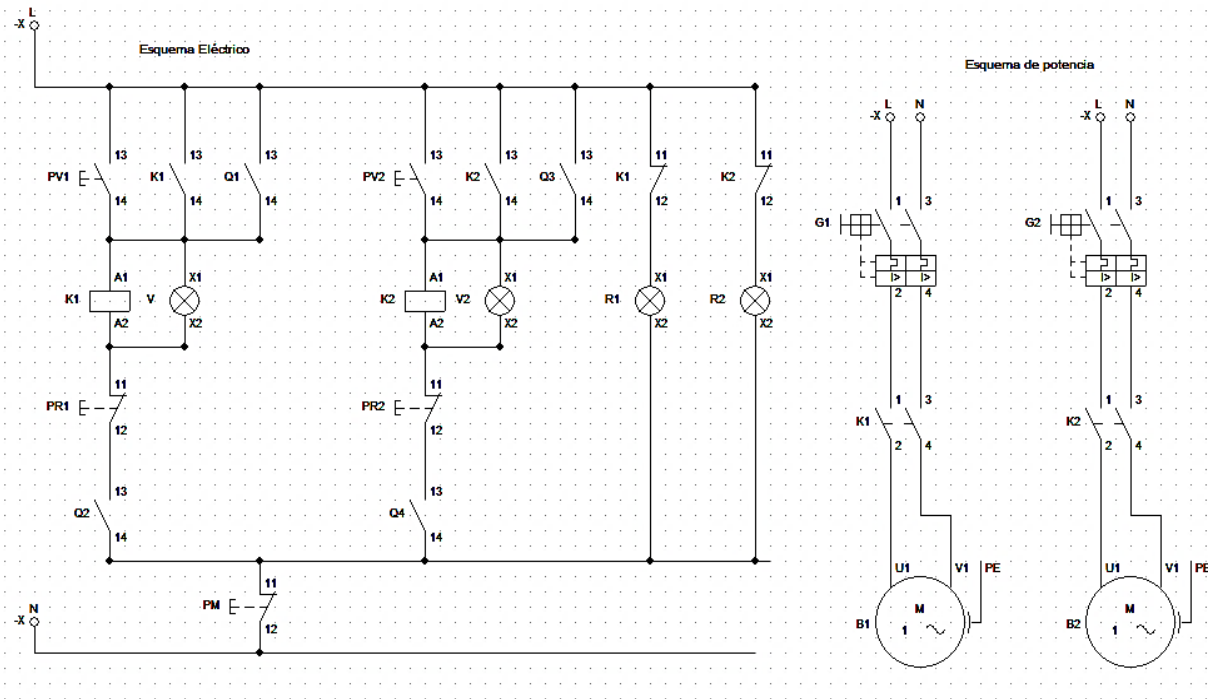


Figura 5.5. Circuito 2, diagrama de control.

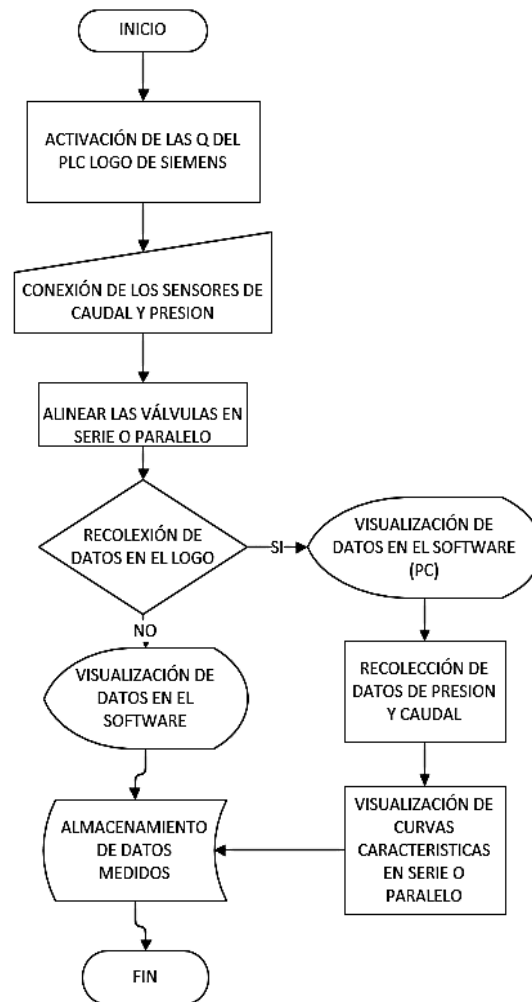


Figura 5.6. Diagrama de flujo y control del sistema.

### 5.2.1. Escalamiento de los transmisores de presión de dos hilos

El escalamiento de los sensores ayuda a transformar una señal dentro de un rango a otro al analizar la relación entre la entrada y la salida del transmisor. La gran mayoría de los transmisores son lineales, por lo que el escalamiento corresponde a una ecuación lineal.

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \quad (5.9)$$

Valores de voltaje estándar

1 V - 5 V o 2V - 10V

Datos Transmisor

4 mA - 20 mA

Aplicación de la Ley de Ohm utilizando 2V - 10V

$$R1 = \frac{V}{I}$$
$$R1 = \frac{2 V}{0,004 A}$$

$R1 = 500 \Omega$

$$R2 = \frac{V}{I}$$
$$R2 = \frac{10 V}{0,02 A}$$

$R2 = 500 \Omega$

### Escalamiento PLC LOGO de Siemens para las presiones

Datos

0 MPa - 1 MPa = 0 kPa - 1000 kPa

Resolviendo la ecuación de la recta para el escalamiento de las presiones tomando los 1000 bits y llevándolos a kPa para que puedan ser leídos por el PLC LOGO de Siemens.

Tomamos el resultado de la ecuación que es:  $y = 1.25x - 250$  y colocamos en la parte de la programación del PLC LOGO de Siemens como se puede ver en la figura 5.6.

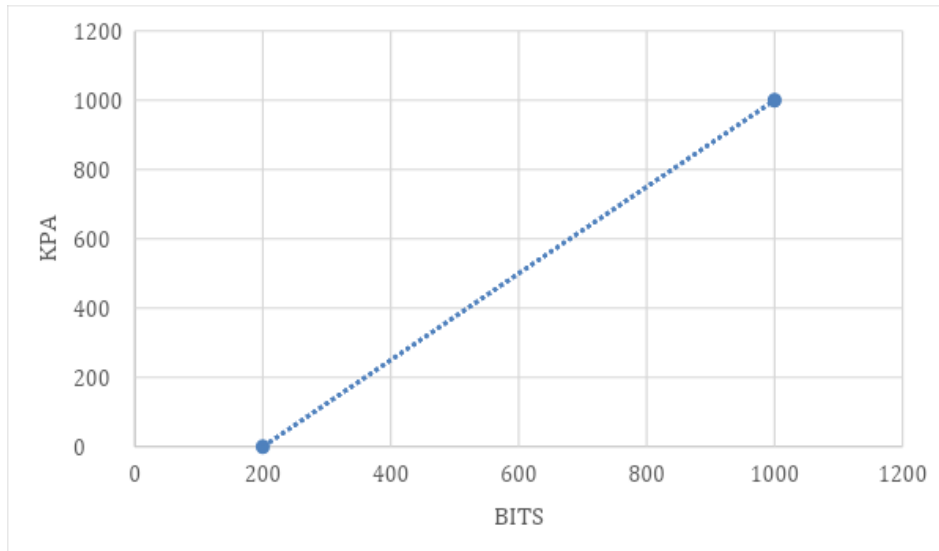


Figura 5.7. Escalamiento para el LOGO de kPa-BITS.

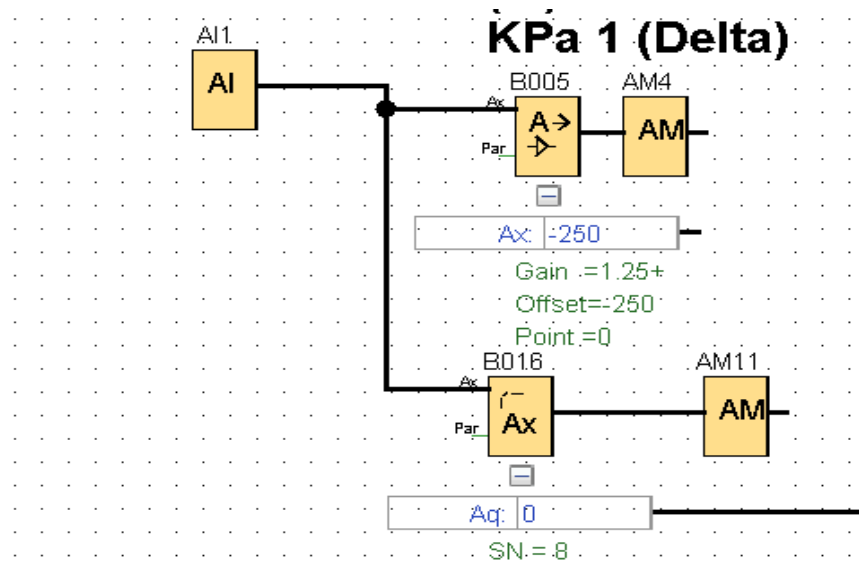


Figura 5.8. Escalamiento en el PLC LOGO de Siemens.

### 5.2.2 Escalamiento del medidor de flujo 3 hilos

Escalamiento:

Especificaciones del medidor de flujo:

Rango de flujo

$$0,6 - 6 \frac{m^3}{h} \qquad 0,000166 - 0,00166 \frac{m^3}{s} \qquad 10 - 100 \frac{L}{min}$$

Banda de frecuencia

$$138,3 - 1383 \text{ Hz}$$

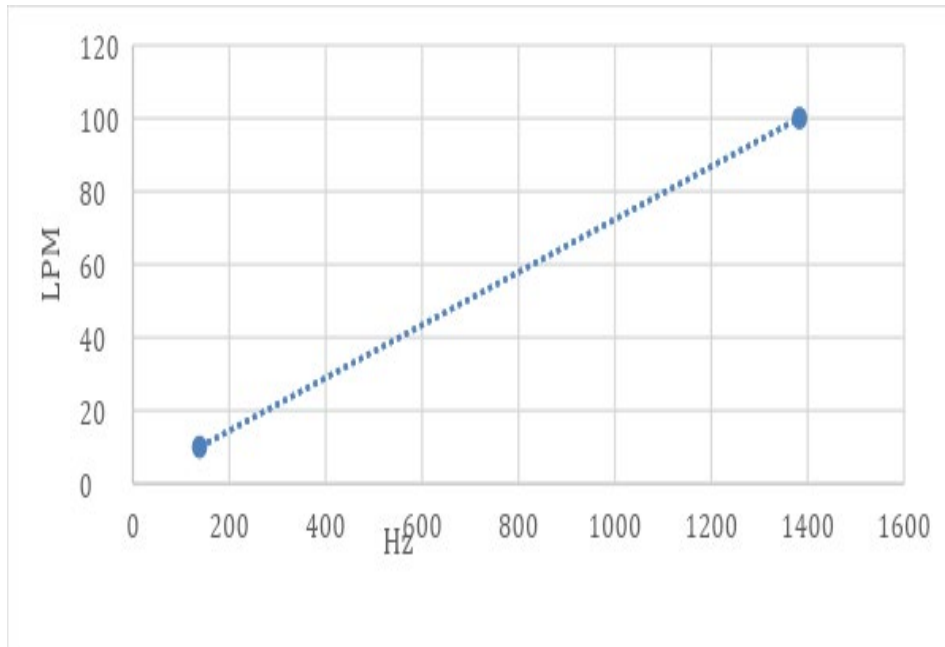


Figura 5.9. Gráfico de escalamiento para el PLC LOGO de Siemens.

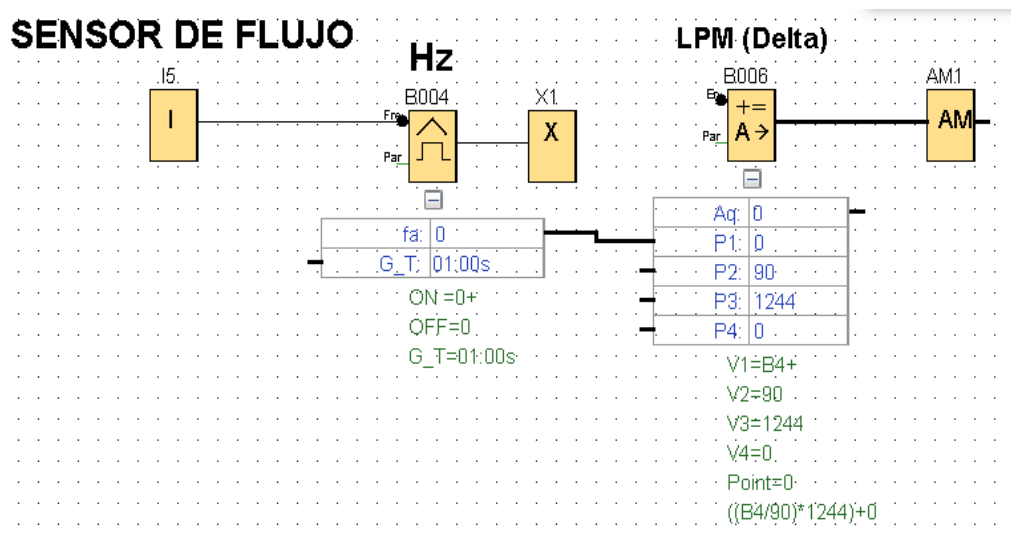


Figura 5.10. Gráfico de escalamiento en el PLC LOGO de Siemens.

### 5.3. Programación PLC LOGO de Siemens

En esta sección se realizó la programación para activar y desactivar las bombas mediante marcas (M) las cuales nos permiten la comunicación entre el PLC LOGO de Siemens, el software libre y la pantalla Delta HMI estas marcas corresponden al encendido y apagado de las bombas desde la pantalla y desde el software, y estas a su vez van conectas a una salida (Q) el cual representa a las bombas.

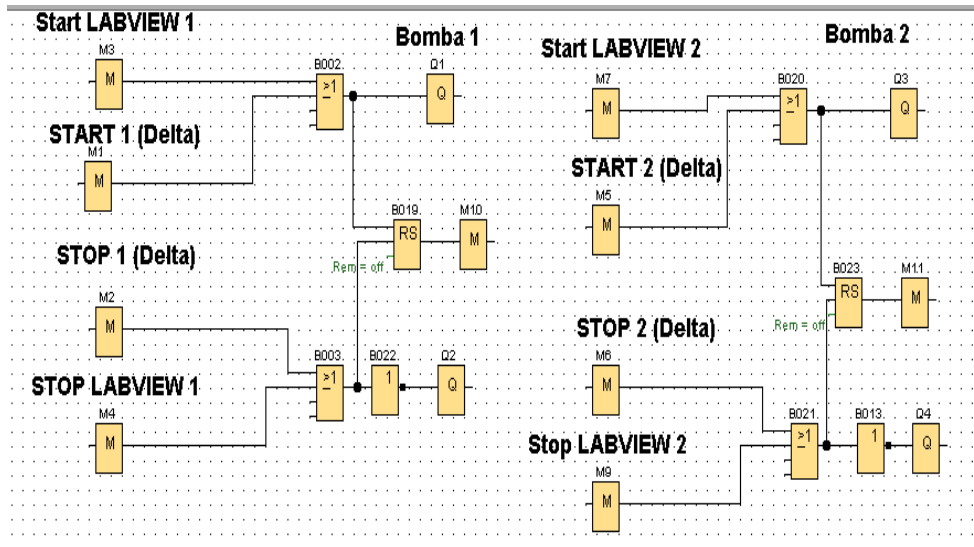


Figura 5.11. Programación para el accionamiento de las bombas desde el Software y el HMI.

El escalamiento para la señal digital que anteriormente se realizó del sensor de flujo que va de 138.3 a 13833 Hz y eso acondicionándolo a L/min para la visualización en la pantalla Delta HMI.

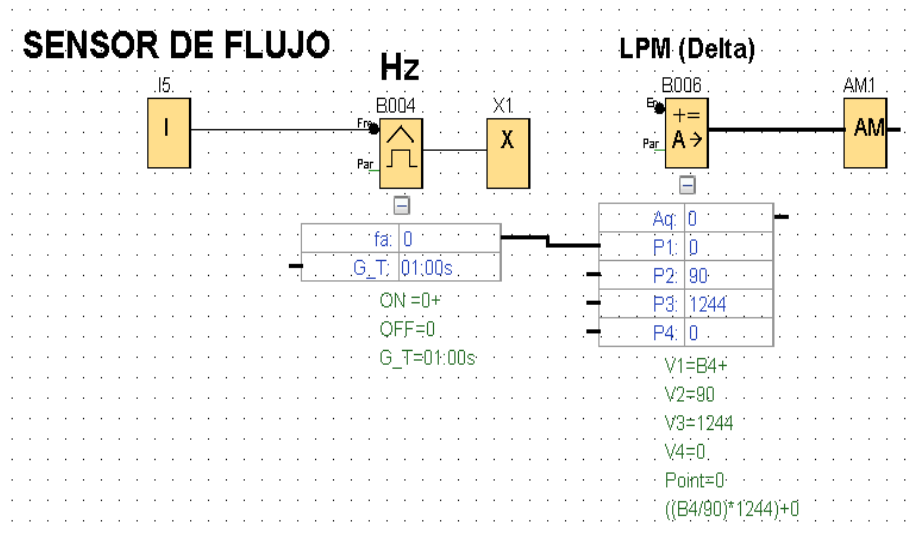


Figura 5.12. Programación para la visualización del flujo en LPM.

Para la programación de los transmisores de presión se realizó el escalamiento de las señales analógicas de Bits a kPa y esta a su vez llevándolas a PSI, para los sensores de presión hay que tener en cuenta que al usar el LOGO se debe activar en configuraciones las entradas analógicas siendo (AI1) la entrada del borne (I7), (AI2) la entrada del borne (I8) y (AI3) la entrada del borne (I1) del LOGO.

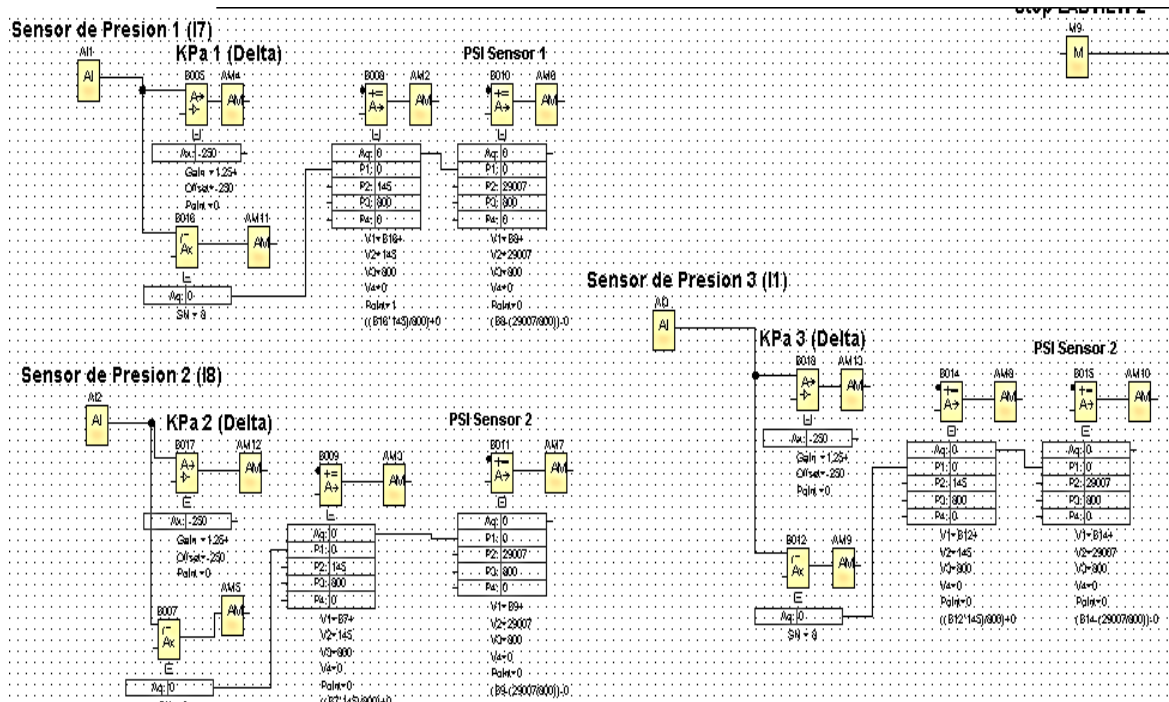


Figura 5.13. Programación para la visualización de la Presión en kPa y PSI.

#### 5.4. Comunicación KEP Server

El software KEP Server permite un intercambio de comunicación para adquirir información de distintos dispositivos industriales, se utilizó este medio para la interfaz entre el sistema y el PLC LOGO de Siemens. Se declara las variables analógicas para la comunicación con el PLC LOGO de Siemens con sus respectivos tipos de datos detallados para una comunicación eficiente entre dispositivos.

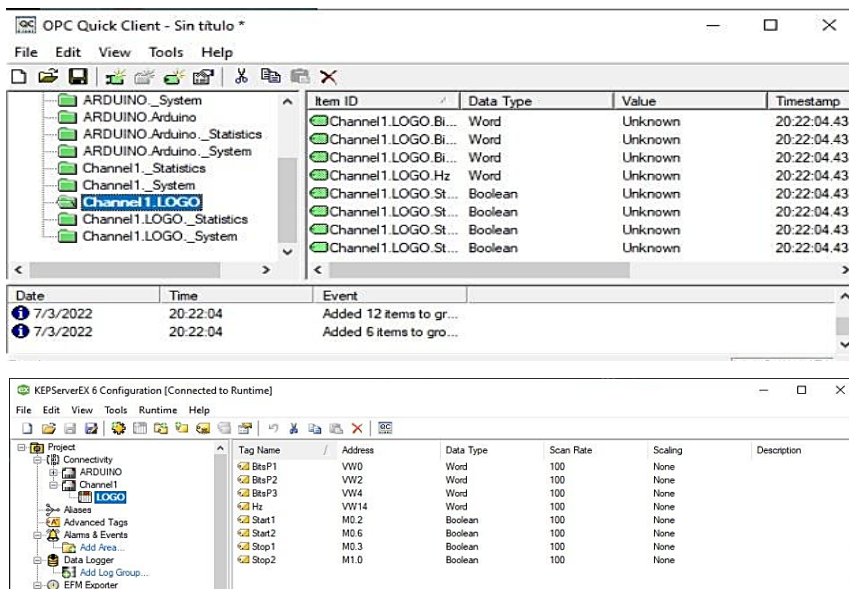


Figura 5.14. Declaración de variables del interfaz de comunicación del sistema y el PLC LOGO de Siemens.



**Tabla 5.1.** Marcas del PLC LOGO de Siemens en KEP Server utilizadas

M1	M0.0	Start delta bomba 1
M2	M0.1	Stop delta bomba 1
M3	M0.2	Start Software libre bomba 1
M4	M0.3	Stop Software libre bomba 1
M5	M0.4	Start delta bomba 2
M6	M0.5	Stop delta bomba 2
M7	M0.6	Start Software libre bomba 2
M8	M0.7	
M9	M1.0	Stop Software libre bomba 2
M10	M1.1	
Q1	Q0.0	Bomba 1 NA
Q2	Q0.1	Bomba 1 NC
Q3	Q0.2	Bomba 2 NA
Q4	Q0.3	Bomba 2 NC

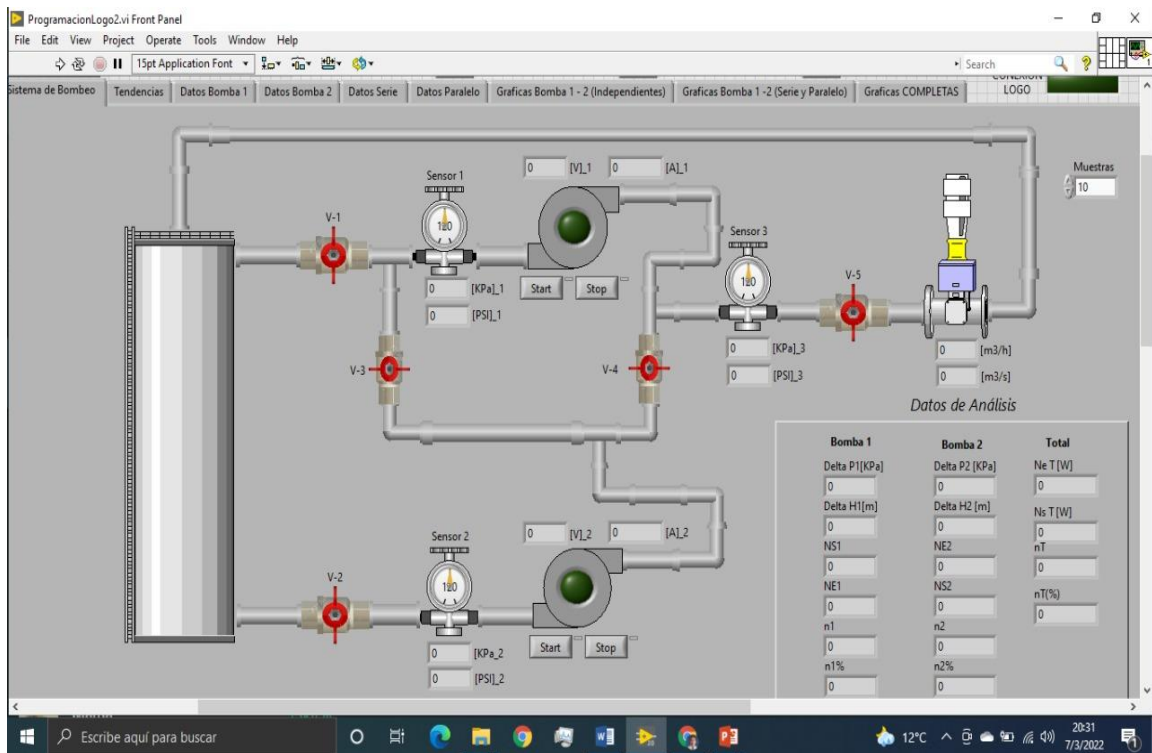
**Tabla 5.2.** Registro de memorias del PLC LOGO de Siemens para conexión KEP Server.

I	Address	Q	Address	M	Address
I1	I0.0	Q1	Q0.0	M1	M0.0
I2	I0.1	Q2	Q0.1	M2	M0.1
I3	I0.2	Q3	Q0.2	M3	M0.2
I4	I0.3	Q4	Q0.3	M4	M0.3
I5	I0.4	Q5	Q0.4	M5	M0.4
I6	I0.5	Q6	Q0.5	M6	M0.5
I7	I0.6	Q7	Q0.6	M7	M0.6
I8	I0.7	Q8	Q0.7	M8	M0.7
I9	I1.0	Q9	Q1.0	M9	F1.0
I10	I1.1	Q10	Q1.1	M10	F1.1
I11	I1.2	Q11	Q1.2	M11	F1.2
I12	I1.3	Q12	Q1.3	M12	F1.3
I13	I1.4	Q13	Q1.4	M13	F1.4
I14	I1.5	Q14	Q1.5	M14	F1.5
I15	I1.6	Q15	Q1.6	M15	F1.6
I16	I1.7	Q16	Q1.7	M16	F1.7
I17	I2.0			M17	M2.0
I18	I2.1			M18	M2.1
I19	I2.2			M19	M2.2
I20	I2.3			M20	M2.3
I21	I2.4			M21	M2.4
I22	I2.5			M22	M2.5
I23	I2.6			M23	M2.6
I24	I2.7			M24	M2.7
				M25	M3.0
				M26	M3.1
				M27	M3.2

El PLC LOGO de Siemens utiliza los mismos registros del PLC S7-200 y con esto se facilita la comunicación tanto del PLC LOGO de Siemens, pantalla delta y Software libre.

### 5.5. Diseño del entorno virtual

De la misma manera tenemos el diseño del panel de control de la planta donde se puede observar el comportamiento de las variables.



**Figura 5.15.** Panel de comportamiento de variables.

En este lugar tenemos la ubicación del tanque, y tuberías para una mejor interacción con el usuario y así poder supervisar las variables a medidas, así como un registro de datos separado de cada variable.

### 5.6. Resultados sistema en serie y paralelo

En el sistema de supervisión y adquisición de datos podemos guardar datos que vamos recopilando al accionar las bombas para que de esta manera interactúen los transmisores de presión y el sensor de caudal.

Hay que tener en cuenta que para sacar los datos se debe tomar las medidas con la válvula de salida cerrada con un caudal de 0, al activar las bombas y con la válvula de salida cerrada se procede a guardar el primer dato e ir abriendo la válvula de salida poco a poco hasta tomar diez datos y poder realizar una comparación de las gráficas tanto de la bomba 1, bomba 2 en presencia de la bomba 1 apagada, serie y paralelo de las 2 bombas en funcionamiento.

Tabla

Nº	Q (m3/h)	Q (m3/s)	Delta P [KPa]	Delta H [m]	Corriente (A)	Voltaje (V)	Ne	Ns	n	n%
1	0,0000	0,000000	343,7500	35,1110	5,9900	130,4140	786,6557	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,000000	306,2500	31,2807	5,8100	130,1960	753,7306	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,2386	0,000066	290,0000	29,6209	5,6150	130,0770	731,0384	19,2215	0,0255	2,5477
4	0,3644	0,000101	262,5000	26,8120	5,5030	130,5460	719,4557	26,5727	0,0369	3,6880
5	0,4512	0,000125	232,5000	23,7478	5,3440	129,8800	697,5841	29,1396	0,0411	4,1116
6	0,5944	0,000165	215,0000	21,9603	5,3000	129,5400	685,2717	35,4965	0,0519	5,1897
7	0,6725	0,000187	202,5000	20,6836	5,3850	129,5970	696,2635	37,8254	0,0538	5,3781
8	0,7289	0,000202	181,2500	18,5131	5,4420	129,5580	707,1036	36,6956	0,0542	5,4244
9	0,7939	0,000221	166,2500	16,9810	5,2500	131,1100	688,3275	36,6640	0,0565	5,6469
10	0,8460	0,000235	166,2500	16,9810	5,3220	131,7310	699,6519	39,0681	0,0555	5,5532
11	0,8677	0,000241	147,5000	15,0658	5,3720	130,9250	703,2143	35,5507	0,0536	5,3562
12	0,8850	0,000246	136,2500	13,9167	5,3660	130,7220	701,2235	33,4960	0,0499	4,9901
13	0,8894	0,000247	135,0000	13,7890	5,3100	130,9800	695,5038	33,3514	0,0470	4,7009
14	0,8894	0,000247	127,5000	13,0230	5,5060	130,7560	716,4567	31,4986	0,0433	4,3313

Guardar

**Figura 5.16.** Datos adquiridos de la Bomba 1

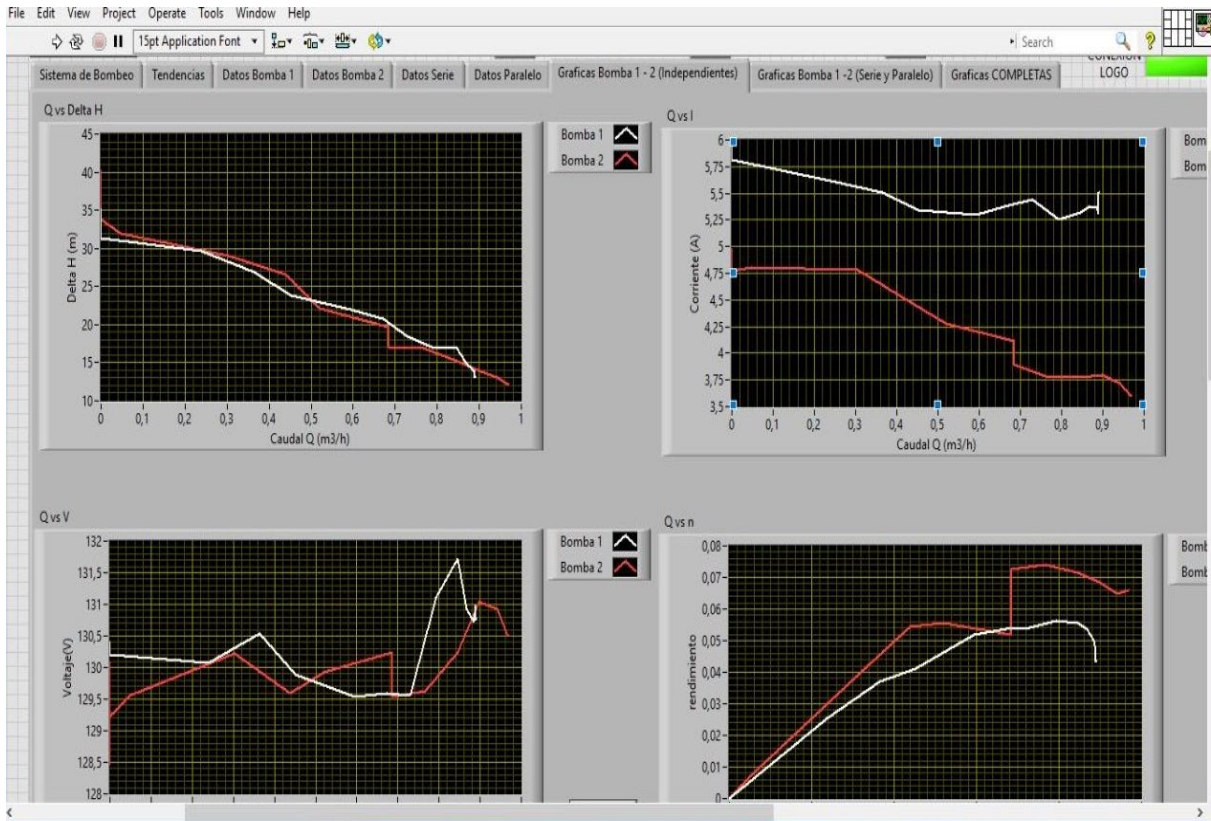
Tabla 2

Nº	Q (m3/h)	Q (m3/s)	Delta P [Kpa]	Delta H [m]	Corriente [A]	Voltaje [V]	Ne	Ns	n	n%
1	0,0000	0,000000	393,7500	40,2181	4,9820	130,0900	645,7299	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,000000	381,2500	38,9413	4,9310	128,8590	634,1880	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,000000	347,5000	35,4940	4,8700	128,4600	629,7403	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,000000	331,2500	33,8342	4,7730	129,2210	615,0705	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0477	0,000013	312,5000	31,9191	4,8000	129,5600	621,8880	4,1426	0,0067	0,6661
6	0,3037	0,000084	285,0000	29,1102	4,7800	130,2210	628,0460	24,0419	0,0382	3,8150
7	0,4382	0,000122	260,0000	26,5567	4,4600	129,5890	583,5060	31,6462	0,0545	5,4499
8	0,5206	0,000145	216,2500	22,0880	4,2800	129,9250	559,3593	31,2726	0,0556	5,5582
9	0,6855	0,000190	192,5000	19,6622	4,1130	130,2500	539,6076	27,8380	0,0519	5,1924
10	0,6855	0,000190	167,5000	17,1086	3,8970	129,5300	508,6289	31,8932	0,0724	7,2450
11	0,7679	0,000213	165,0000	16,8533	3,7790	129,6220	491,4280	35,1952	0,0741	7,4092
12	0,8460	0,000235	148,7500	15,1935	3,7720	130,2440	489,7265	34,9557	0,0716	7,1605
13	0,8980	0,000249	137,5000	14,0444	3,8000	131,0340	499,2891	34,3004	0,0685	6,8512
14	0,9414	0,000262	127,5000	13,0230	3,7200	130,9300	488,4174	33,3424	0,0649	6,4940

**Figura 5.17.** Datos adquiridos de la bomba 2 en presencia de la bomba 1 apagada

De los datos recopilados en el software tanto de la bomba 1 independiente y de la bomba 2 en presencia de la bomba 1 inactiva se puede apreciar las curvas características tanto de Altura de elevación – Caudal ( $\Delta H - Q$ ), Voltaje – Caudal ( $V - Q$ ), Corriente – Caudal ( $I - Q$ ) y Rendimiento – Caudal ( $\eta - Q$ ).

Se puede apreciar que la bomba 2 tiende a tener un mejor rendimiento y altura de elevación a comparación de la bomba 1.



**Figura 5.18.** Curvas Características de las bombas en funcionamiento independiente

### Datos en serie y paralelo

De los datos recopilados en el software esta vez con la conexión de las tuberías en serie y en paralelo, se puede apreciar las curvas características tanto de Altura de elevación – Caudal ( $\Delta H - Q$ ), Voltaje – Caudal ( $V - Q$ ), Corriente – Caudal ( $I - Q$ ) y Rendimiento – Caudal ( $\eta - Q$ ).

Tabla Serie

N°	Q (m³/h)	Q (m³/s)	Delta P [KPa]	Delta H [m]	Corriente (A)	Voltaje (V)	Ne	Ns	n	n%
1	0,0000	0,000000	1071,2500	109,4186	16,0750	92,2005	1361,0537	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,000000	891,2500	91,0332	10,4400	131,4585	1372,6132	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,3037	0,000084	870,0000	88,8627	10,1780	131,9560	1342,2577	73,3912	0,0547	5,4677
4	0,4555	0,000127	778,7500	79,5424	10,1700	131,2385	1332,9573	98,5403	0,0739	7,3926
5	0,6074	0,000169	681,2500	69,5836	9,5900	131,9900	1265,0526	114,9373	0,0909	9,0856
6	0,7419	0,000206	580,0000	59,2418	9,5200	132,7775	1264,6912	119,5228	0,0945	9,4507
7	0,8590	0,000239	531,2500	54,2624	9,5100	131,7050	1251,5376	126,7625	0,1013	10,1285
8	0,9631	0,000268	480,0000	49,0277	9,4000	132,2060	1240,8603	117,4259	0,0946	9,4633
9	0,9892	0,000275	407,5000	41,6225	9,5140	132,3040	1257,5722	111,9667	0,0890	8,9034
10	1,0672	0,000296	338,7500	34,6003	9,2890	132,7945	1231,0023	100,4248	0,0816	8,1580
11	1,0759	0,000299	315,0000	32,1744	9,1170	134,0105	1216,2423	94,1432	0,0774	7,7405
12	1,0846	0,000301	296,2500	30,2593	9,2160	133,5005	1226,4308	89,2534	0,0728	7,2775
13	1,0933	0,000304	246,2500	25,1522	8,9400	133,3835	1192,9974	74,7831	0,0627	6,2685

**Figura 5.19.** Datos adquiridos de las bombas conectadas en serie



Tabla Paralelo										
N°	Q (m3/h)	Q (m3/s)	Delta P [KPa]	Delta H [m]	Corriente (A)	Voltaje (V)	Ne	Ns	n	n%
1	0,0000	0,000000	725,0000	74,0523	10,8500	65,5800	760,7280	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0651	0,000018	726,2500	74,1800	10,7660	131,5640	1414,9211	13,1282	0,0093	0,9278
1	0,2690	0,000075	673,7500	68,8176	10,3500	132,3250	1372,2426	50,3404	0,0367	3,6685
1	0,6594	0,000183	591,2500	60,3909	10,3060	132,5700	1364,1707	108,3032	0,0794	7,9391
1	0,7202	0,000200	580,0000	59,2418	9,8540	132,0230	1308,1336	116,0280	0,0887	8,8697
1	1,0195	0,000283	538,7500	55,0285	10,0400	131,9600	1323,6000	152,5744	0,1153	11,5272
1	1,1887	0,000330	492,5000	50,3045	9,6880	132,4030	1283,0310	162,6235	0,1267	12,6749
1	1,2278	0,000341	455,0000	46,4742	9,6580	132,0790	1274,4644	155,1759	0,1218	12,1758
1	1,4013	0,000389	446,2500	45,5805	9,7660	132,1670	1287,1920	173,7030	0,1349	13,4947
1	1,4490	0,000403	430,0000	43,9207	9,6140	132,3260	1268,4198	173,0779	0,1365	13,6452
1	1,5141	0,000421	413,7500	42,2609	9,6770	132,2100	1284,3079	174,0163	0,1355	13,5494
1	1,5662	0,000435	406,2500	41,4948	9,3380	133,4255	1248,8406	176,2473	0,1411	14,1129

Figura 5.20. Datos adquiridos de las bombas conectadas en paralelo

Al obtener varios datos del punto de operación podemos ver que la las curvas tanto en serie como en paralelo tienen una diferencia en Altura de elevación – Caudal ( $\Delta H - Q$ ) y Rendimiento – Caudal ( $\eta - Q$ ), esto se debe a que en el sistema en paralelo aumentamos la velocidad del fluido en el tramo donde las dos bombas unen sus caudales por lo que en este sistema existe un mayor caudal.

Mientras que en la configuración en serie se da cuando que entrega mayor altura, vamos a darnos cuenta que al mismo caudal que entregue una sola bomba el sistema en serie con el mismo caudal entregara aproximadamente el doble de altura.

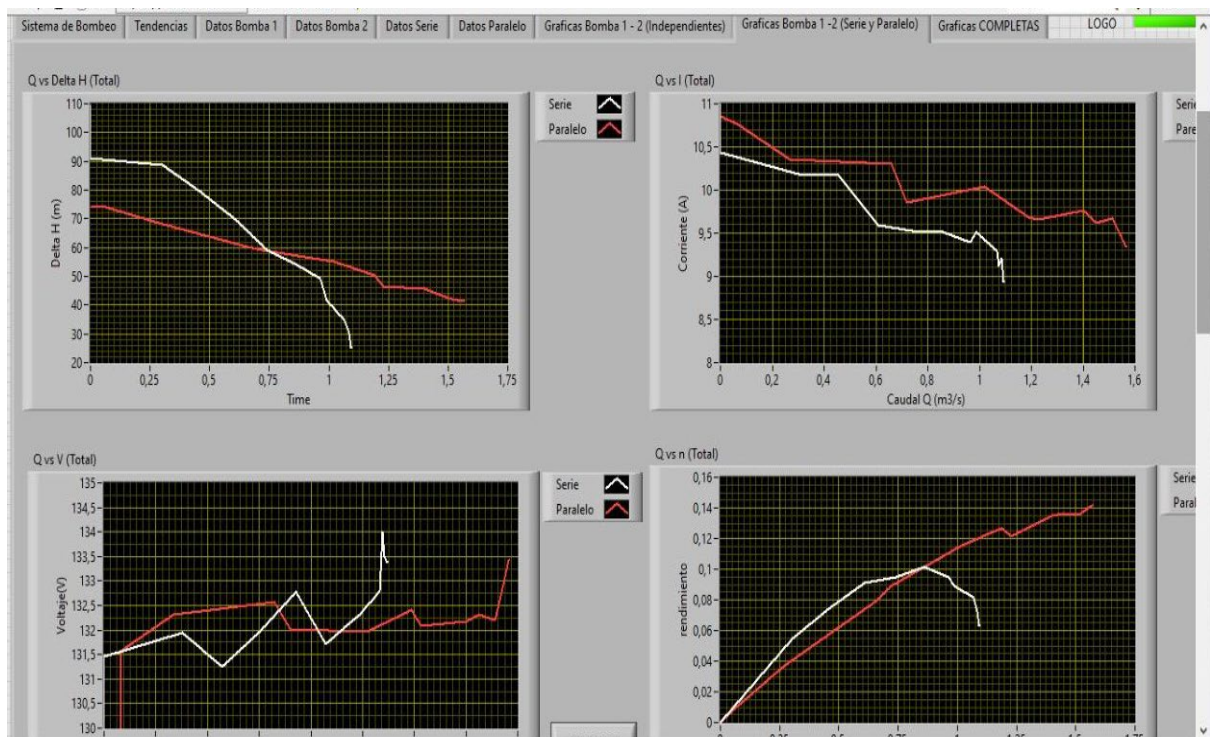
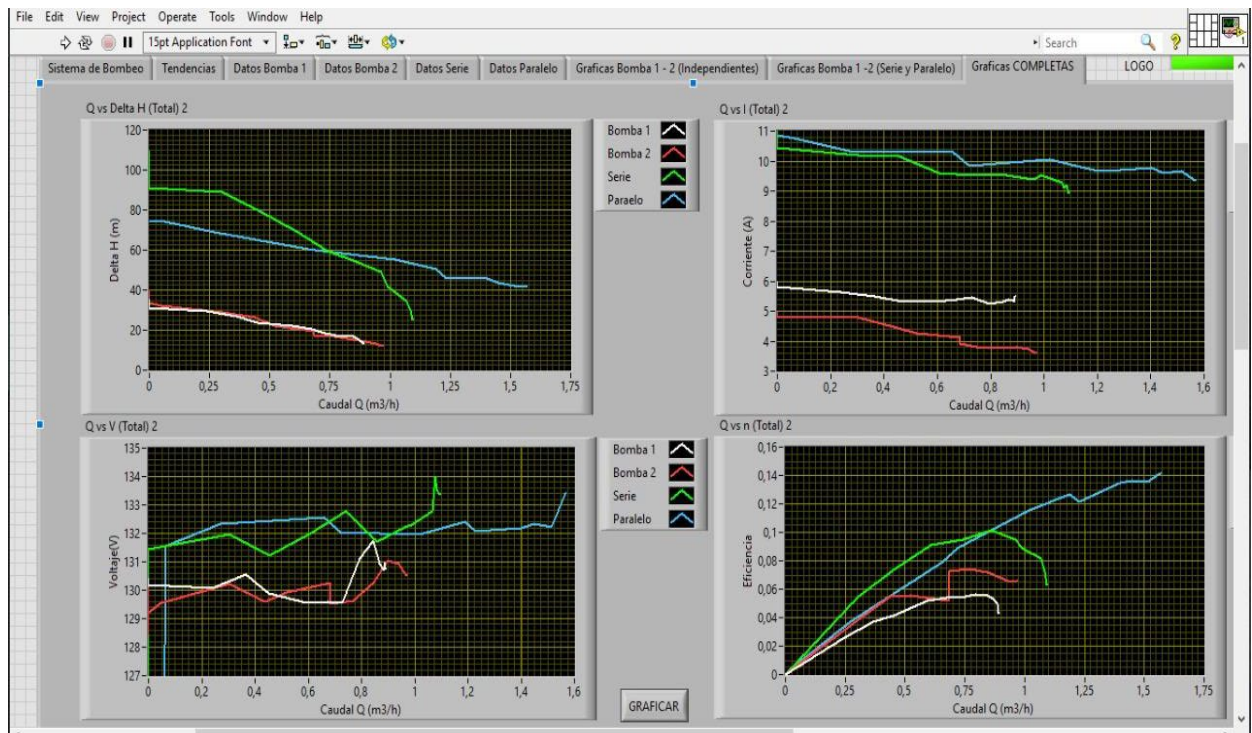


Figura 5.21. Curvas características de las dos bombas en serie y paralelo

En la gráfica de comparación de las curvas características podemos observar las cuatro configuraciones de conexión de las tuberías que se realizó.

Se puede apreciar que en la configuración de conexión en paralelo tiene un rendimiento del 14 %, mientras que la curva de rendimiento en serie según se observa en la Fig.5.13. También se incrementa directamente proporcional con el caudal y la altura de presión, cuando las bombas alcanzan un caudal de 1,09 m<sup>3</sup>/h, la eficiencia llega a ser máxima de 10,12 % y ese punto es el óptimo, luego decrece a pesar que el caudal continúe incrementándose.



**Figura 5.22.** Datos adquiridos de bombas 1 y 2 independientes, serie y paralelo

### 5.7 Presupuesto

En esta sección se detalla los costos directos del diseño y construcción del módulo. El costo directo son los materiales y suministros que ingresan en el sistema. Estos elementos constituyen los costos aplicables en el mercado actual. Además, existen costos indirectos como insumos mano de obra.

**Tabla 5.3.** Costos directos.

Presupuesto Materiales			
Cantidad	Módulo HIL	Precio Unitario	Precio
1	Sensor de flujo	\$98,15	\$98,15
1	Pantalla HMI, DOP-107EG	\$222,43	\$222,43
3	Transmisores de presión	\$19,50	\$58,50
1	Llave de paso FV liviano	\$7,00	\$7,00

121	Plug banana hembra	\$0,25	\$30,25
120	Plug banana	\$0,25	\$30,00
1	Cable THHN Flexible#18 (20m)	\$0,18	\$3,40
1	Cable THHN Flexible#14 (20m)	\$0,25	\$5,40
1	Canaleta blanca 39x19x2000mm	\$3,00	\$3,00
2	Reducción plastic 1''x 3/4''	\$1.50	\$3,00
2	Neplo plastigama de 1/2x10	\$1.07	\$2,14
1	Permatex	\$1,96	\$1,96
1	Fuente 24/5A	\$15,00	\$15,00
2	Tubo rectangular 2''x1''x1.5mm	\$17.40	\$34.80
1	Plancha de madera OSB	\$38,00	\$38,00
1	Tanque de acrílico	\$100,00	\$100,00
60	Terminales tipo Anillo	\$0,18	\$10,80
60	Terminales tipo U	\$0,18	\$10,80
60	Terminales de punta	\$0,15	\$9,00
1	Sistema de tuberías	\$12,00	\$12,00
3	Alucubon	\$18	\$54,00
3	Perfiles de aluminio	\$7,50	\$22,50
12	Pernos	\$0,15	\$1,20
4	Codo plastig 1/2x90	\$0,50	\$2,00
1	Cable RJ45 (20m)	\$0,60	\$12,00
8	Pin conector de red	\$0,25	\$2,00
1	Desktop switch	\$12,00	\$12,00
1	Pintura	\$8,00	\$8,00
5	Teflón	\$0,50	\$2,50
1	Instrumento de medición de corriente y voltaje	\$63,55	\$63,55
1	Varios	\$80,00	\$80,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$920,58</b>

El valor total de los materiales a comprar es de \$542,14 dólares americanos

Para la mano de obra se toma en cuenta la siguiente estimación:

El salario básico del país es \$425 dólares americanos según esto se hacen el siguiente cálculo:

$$\#horas = 8 \text{ horas diarias}$$

$$\# \text{ horas mensuales} = 8 \text{ horas diarias} * 20 \text{ días}$$

$$\# \text{ horas mensuales} = 160$$

$$\text{Costo por hora} = \frac{425}{160} = \$2,65 \text{ la hora}$$

**Tabla 5.4.** Costos indirectos.

<b>Mano de obra (costos indirectos)</b>			
<b>Horas de trabajo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
120	Programación software	\$2,65	\$318
80	Diseño y construcción de estructura	\$2,65	\$212
80	Sintonización Logo	\$2,65	\$212
80	Pruebas de funcionamiento	\$2,65	\$212
<b>Total</b>			<b>\$954</b>

Esto nos da un total de \$954 dólares americanos por todo el valor de mano de obra realizado en esta propuesta tecnológica.

**Tabla 5.5.** Costos Totales.

<b>Costos Totales</b>	
<b>Tipo de Costos</b>	<b>Costo Totales</b>
Costos Directos	\$920,58
Costos Mano de Obra	\$954
<b>Total</b>	<b>\$1874.58</b>

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

- En el proyecto de investigación se logró diseñar y construir el módulo para el laboratorio de CIYA, y analizar el estudio experimental del comportamiento de bombas en serie y paralelo.
- El módulo experimental permitió analizar el comportamiento de las bombas de torbellino relacionadas a las curvas características, voltaje – caudal (V-Q), corriente – caudal (I-Q), altura de la bomba - caudal (H-Q) y rendimiento - caudal (n-Q) de bombas en serie y paralelo y, finalmente la determinación del punto óptimo de rendimiento de las bombas en serie y paralelo.
- Las curvas muestran que las bombas se comportan como una sola bomba al acoplarlas en serie o paralelo, incrementando solo su altura cuando están en serie y caudal cuando están en paralelo, además muestran que su rendimiento más alto se encuentra generalmente cuando trabaja cerca de su máximo caudal ya sea en serie o en paralelo.



- Las curvas obtenidas en el presente trabajo se han logrado al unir los puntos de Caudal-Altura y rendimiento – caudal, comenzando con el cierre completo de la válvula de desfogue o control V5 y luego abriendo en intervalos de vueltas para la toma de cada punto que forma la curva, al comenzar las pruebas con la válvula V5 abierta y consecuentemente estrangular el fluido nos ha resultado curvas demasiada imperfectas y con mucho error, por tanto, es preferible comenzar a partir del cierre completo de la válvula de control V5.
- Las tuberías y accesorios seleccionados tienen la capacidad de resistir las presiones hasta 500 PSI y las bombas acopladas en serie-paralelo

## 6.2. Recomendaciones

- Se recomienda que, para el desarrollo de proyectos de investigaciones similares, las mediciones de parámetros de diseño sean con la tecnología actual de sensores y, se apliquen los conocimientos en los cursos de control para estar de acuerdo a la tecnología de la metrología digital que son utilizados actualmente en los módulos de laboratorio que oferta el mercado comercial.
- La obtención de buenos resultados depende cuando en cada abertura de la válvula V5 se espere 7 segundos para que el voltaje y la corriente incrementados se estabilicen y pueda tomarse los datos correspondientes con el instrumento de medición realizado por los autores.
- El fluido que en este caso es el agua con el cual se experimenta tiene que estar limpio sin sólidos en suspensión, si no cumple este requisito los resultados no serían los deseados y además las bombas se estarían dañando.
- Cabe señalar que los elementos de la instalación del sistema como tuberías, y controles de mando van a requerir inspecciones y cambios cuando se presente alguna anomalía.
- Para utilizar el banco de bombas de torbellino instaladas en serie y paralelo se debe realizar en presencia del docente o personal a cargo del laboratorio, el mismo que proporcionará la documentación y datos necesarios para realizar los ensayos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Perez, Esteban, Los sistemas SCADA en la automatización industrial, Costa Rica, 2015.
- [2] E. Perez, Tecnología en marcha, 2015.
- [3] E. Hernandez, Diseño y construcción y puesta a prueba de un banco de bombas centrífugas en serie paralelo y mixto, Bolivia: Repositorio institucional UPB, 2013.
- [4] F. Agila, «Universidad Politecnica Salesiana,» 2011.
- [5] R. Carlos, «Diseño y construcción de un banco de pruebas de bombas,» UTS, España, 2019.
- [6] R. Marbello, «Funcionamiento de bombas rotodinámicas,» Colombia, 2015.
- [7] C. Rodriguez, «Unidades tecnologías de santander,» 2019.
- [8] L. Leiva, Universidad Nacional del centro de Peru, 2015.
- [9] J. Moyano, «Automatización de la adquisición de datos en un banco de pruebas de bombas centrífugas instaladas en serie y paralelo.,» Riobamba, 2015.
- [10] N. Cunyarache, Principio de funcionamiento de las bombas hidráulicas, 2018.
- [11] Debem, «Debem,» 19 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.debem.com/es/tipos-de-bombas/>.
- [12] Maquinas Inteligentes de Mexico, «Mimex Cutting Edge Solutions,» Mexico, 2018, pp. 10-12.
- [13] Continente Ferretero, «A que llamamos Bombas perifericas,» de *Contienente Ferretero*, Mexico, 2020, pp. 12-25.
- [14] Homercenter, Tipos de bombas de agua para proyectos, Colombia, 2020.
- [15] Hydrocomferca, «Shimge,» 10 08 2018. [En línea]. Available: <http://hydrocomferca.com/producto/bomba-periferica-1-2-hp-qb60/>.
- [16] Fexmex, Tipos de impulsores, Mexico, 2018.
- [17] D. Lagos, Estudio CDF de una bomba de torbellino, Evaluacion de modelos de turbulencia, Lima, 2014.

- [18] J. D. Carlos Carmargo, Modelo estadístico para la caracterización y optimización en bombas periféricas, Mexico: Readalyc, 2017.
- [19] C. A. G. Guamushig, “Implementación De Módulos Didácticos Para Determinar Pérdidas De Carga En Tuberías Y Curvas Características De Bombas De Torbellino Para El Desarrollo De Prácticas De Laboratorio En La Asignatura Mecánica De Fluidos., Latacunga, 2018.
- [20] E. Pedroza, «Libro de hidráulica básica,» Semarnat, Mexico, 2017.
- [21] Ingeniería Química, «Propiedades de los líquidos,» 2020.
- [22] D. Guiterrez, Cavitación Hidrodinámica: En un enfoque desde la Ingeniería, Colombia, 2019.
- [23] Victor Yzocupe, «Mecánica de fluidos e Ingeniería de fluidos,» 2002.
- [24] Susuana Robles Mendoza, «Slideshare,» 10 05 2018. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/SusanRoblesMendoza/flujo-laminar-y-flujo-turbulento>.
- [25] W. J. V. Lopez, «Diseño de un banco para ensayo de bombas en serie y paralelo,» Santiago de cali, 2008.
- [26] H. C. T. Herrera, «Mecánica de Fluidos,» de *Mecánica de Fluidos*, Quito, 2018, pp. 100-115.
- [27] Luis Torres, «Academia,» 25 05 2018. [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/10039164/Instrumentos\\_de\\_Medicion\\_de\\_Presion](https://www.academia.edu/10039164/Instrumentos_de_Medicion_de_Presion).
- [28] D. Ramirez, Fundamentos de la medición de presión, nivel y caudal en los sistemas Hidráulicos, Cujae, 2016.
- [29] Testo SE & Co. KGaA, «Transmisores de presión: Manejo y aplicación,» Barcelona, 2019.
- [30] A. Perez, «Medidores de flujo,» *Instrumentación Industrial*, n° 2, pp. 1-4, 2018.
- [31] Siemens, «SIPLUS LOGO! Módulos básicos con display,» 2021.
- [32] Pavco Wavin, «Pavco Wavin,» 26 05 2016. [En línea]. Available: <https://pavcowavin.com.co/tuberia-pvc-presion-agua-fria#:~:text=La%20tuber%C3%ADa%20PVC%20presi%C3%B3n%20Pavco,y%20los%20accesorios%20con%20campana..>

- [33] Automation 24, «Siemens LOGO! 8 12/24 RCE,» 2021.
- [34] WavetoppSing, «Delta DOP-107 Series HMI DOP-,» China, 2021.
- [35] Generacion de Tencologia, «Cómo proteger las bombas de las fallas eléctricas,» Mexico, 2021.
- [36] GTMEASURE, «Turbine Flowmeter Sensor Water Liquid Pulse Signal Output SS304,» China, 2021.
- [37] AV Electronics, «Sensor de Voltaje y Corriente,» Colombia, 2022.
- [38] Valvulas internacionales, «Conocimientos básicos sobre sus principales diseños,» Lima, 2021.
- [39] Industrial Systems, «Contactores e interruptores de baja tension,» 2009.
- [40] A. F. PALMSTROM, «Enabling flexible all-perovskite tandem solar cells,» Joule, 2019.
- [41] «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].
- [42] 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].

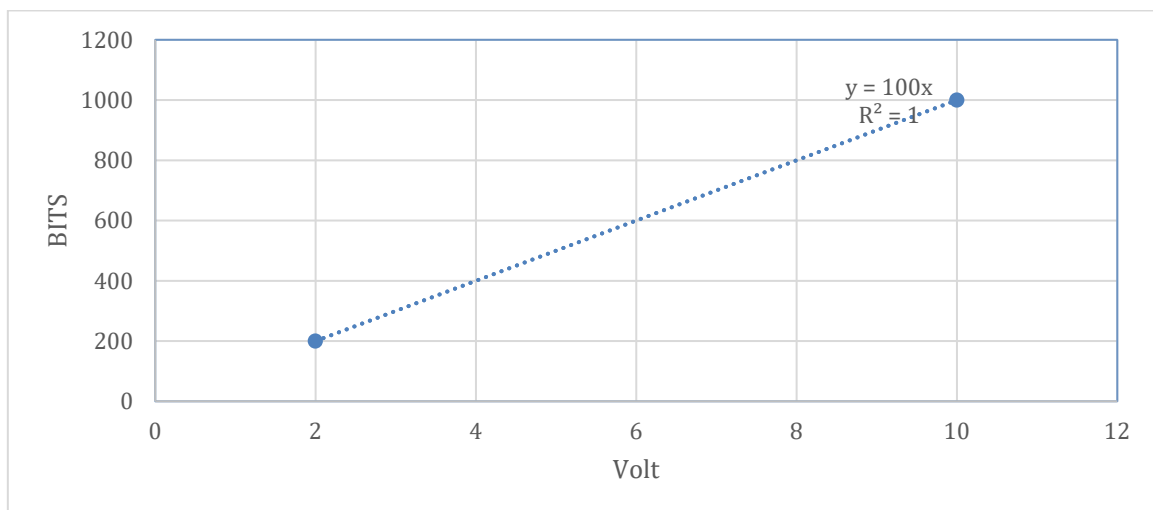
## 8. ANEXOS

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

Temperatura T (°C)	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo elasticidad K·10 <sup>-9</sup> (N/m <sup>2</sup> )	Viscosidad dinámica $\mu$ ·10 <sup>3</sup> (N·s/m <sup>2</sup> )	Viscosidad cinemática $\nu$ ·10 <sup>6</sup> (m <sup>2</sup> /s)	Tensión superficial $\sigma$ (N/m)	Presión de vapor P <sub>v</sub> 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:** Resultados de los escalamientos realizados para el sensor de flujo y transmisor de presión.

### BITS-VOLTIOS



**Figura B.1.** Grafica del escalamiento de BITS-VOLTIOS

Escalamiento del logo utilizando la ecuación de la recta de BITS a VOLT

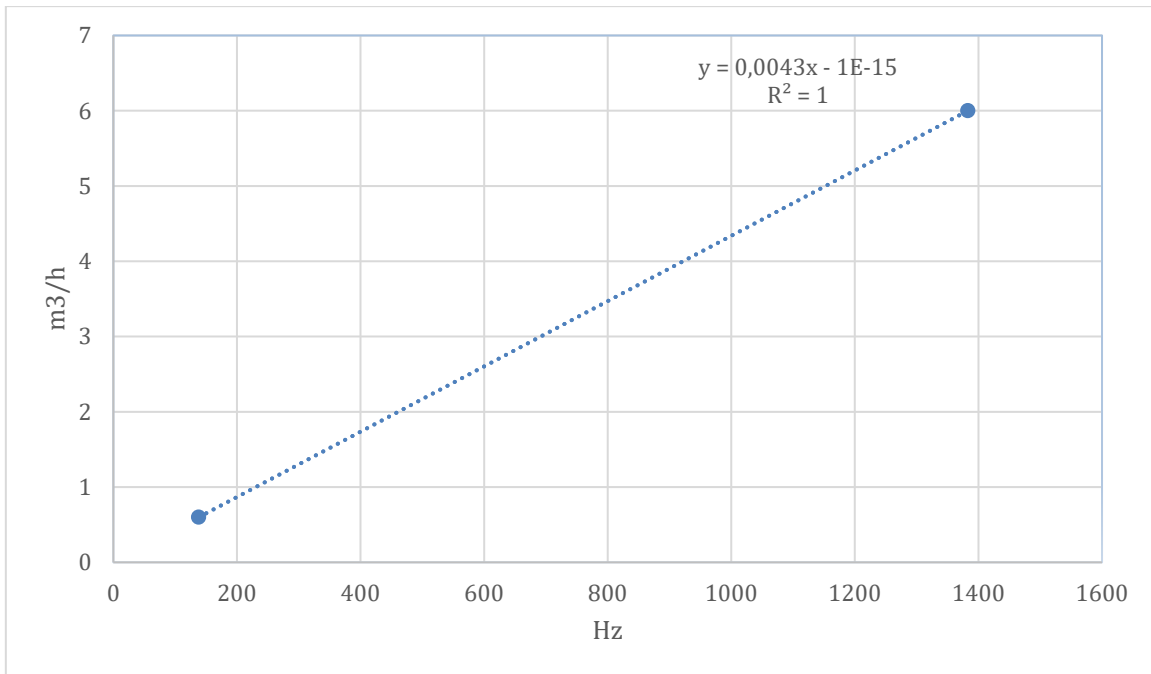
$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$$

$$y - 0 = \frac{1000 - 0}{10 - 0}(x - 0)$$

$$y = \frac{100x}{1}$$

$$y = 100x$$

**m<sup>3</sup>/h – Hz**



**Figura B.2.** Escalamiento para el LOGO de m<sup>3</sup>/h – Hz

Escalamiento del logo utilizando la ecuación de la recta de m<sup>3</sup>/h – Hz

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$$

$$y - 0.6 = \frac{6 - 0.6}{1383 - 138.3}(x - 138.3)$$

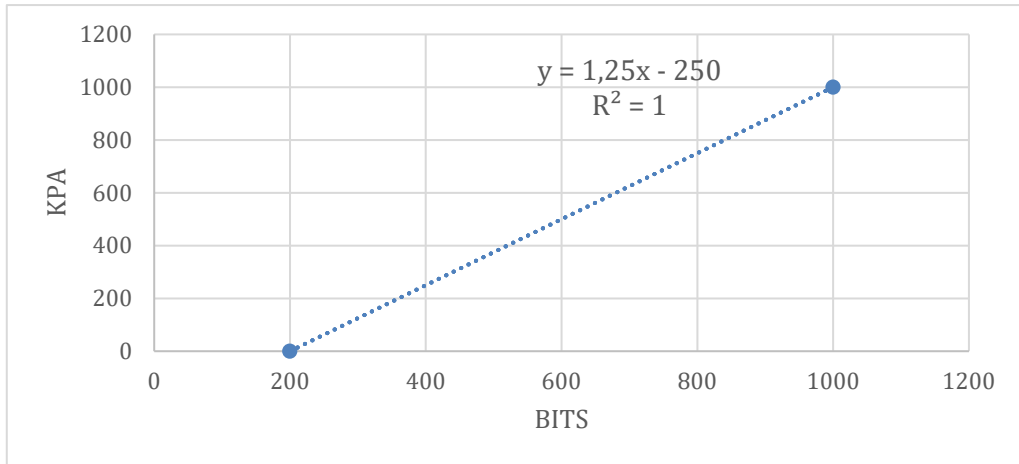
$$y - 0.6 = \frac{5.4}{1244.7}(x - 138.3)$$

$$y - 0.6 = \frac{5.4x}{1244.7} - \frac{746.82}{1244.7}$$

$$y = 0.0043x - 0.6 + 0.6$$

$$y = 0.0043x$$

### KPA – BITS



**Figura B.3.** Escalamiento para el LOGO de KPA – BITS

Escalamiento del logo utilizando la ecuación de la recta de KPA – BITS

$$y - 0 = \frac{1000 - 0}{1000 - 200} (x - 200)$$

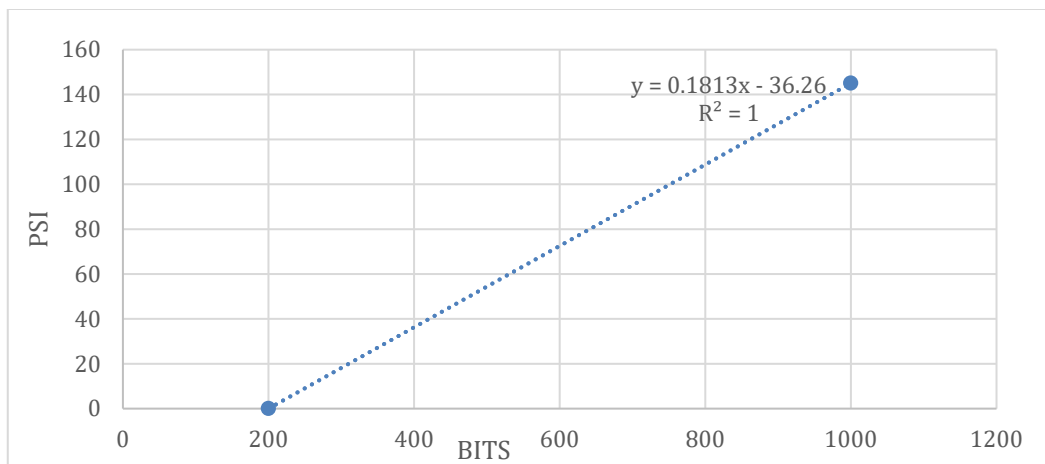
$$y - 0 = \frac{1000}{800} (x - 200)$$

$$y - 0 = \frac{10}{8} (x - 200)$$

$$y = \frac{10x}{8} - \frac{200}{8}$$

$$y = 1.25x - 250$$

### PSI-BITS



**Figura B.4.** Escalamiento para el LOGO de Psi-Bits

Escalamiento del logo utilizando la ecuación de la recta de Psi-Bits

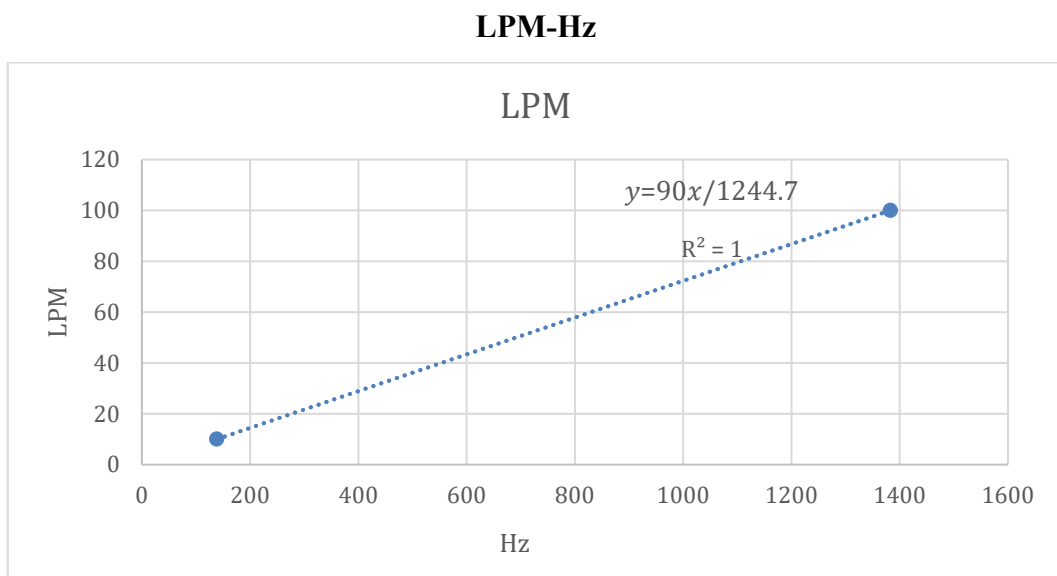
$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$$

$$y - 0 = \frac{145.038 - 0}{1000 - 200}(x - 200)$$

$$y = \frac{145.038}{800}(x - 200)$$

$$y = \frac{145.038}{800}x - \frac{29007.6}{800}$$

$$y = 01812975x - 36.259$$



**Figura B.5.** Escalamiento para el LOGO de LPM – Hz

Escalamiento del logo utilizando la ecuación de la recta de LPM - Hz

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$$

$$y - 10 = \frac{100 - 10}{1383 - 138.3}(x - 138.3)$$

$$y - 10 = \frac{90}{1244.7}(x - 138.3)$$

$$y - 10 = \frac{90x}{1244.7} - \frac{12447}{1244.7}$$

$$y = \frac{90x}{1244.7}$$

$$y = \frac{90x}{1244.7} - 10 + 10$$

$$y = \frac{90x}{1244.7}$$



$$y = 0.0723065799x$$

**Anexo C: Grafica de resultados teóricos y experimentales**

**Tabla C.1.** Cálculos teóricos y experimentales de la altura de elevación  $\Delta_H$  y el rendimiento  $\eta$  de la bomba 1

Nº	Q(m³/s)	Delta P (KPa)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Ne	Ns	$\Delta_H$ exp.	$\Delta_H$ teo.	M. error	$\eta$ teo.	$\eta$ exp.	M. error
1	0,00000	331,25	4,77	129,22	616,77	0,00	33,834	33,869	0,1020	0,000	0,000	0,000
2	0,00001	312,50	4,87	129,56	630,96	4,06	31,919	31,952	0,1019	0,644	0,666	0,035
3	0,00008	285,00	4,77	130,22	621,54	23,94	29,110	29,140	0,1020	3,852	3,815	0,010
4	0,00012	260,00	4,46	129,58	577,97	31,72	26,557	26,584	0,1019	5,488	5,450	0,007
5	0,00014	216,25	4,28	129,92	556,08	31,36	22,088	22,111	0,1020	5,639	5,558	0,014
6	0,00019	192,50	4,11	130,25	535,72	36,58	19,662	19,682	0,1017	6,827	5,192	0,239
7	0,00019	167,50	3,89	129,53	504,78	31,83	17,109	17,126	0,1021	6,305	7,245	0,149
8	0,00021	165,00	3,77	129,62	489,84	35,15	16,853	16,870	0,1018	7,175	7,409	0,033
9	0,00023	148,75	3,77	130,24	491,28	34,96	15,194	15,209	0,1018	7,115	7,161	0,006
10	0,00024	137,50	3,80	131,03	497,93	34,24	14,044	14,059	0,1019	6,876	6,851	0,004
11	0,00026	127,50	3,72	130,93	487,06	33,41	13,023	13,036	0,1018	6,859	6,494	0,053

**Tabla C.2.** Cálculos teóricos y experimentales de la altura de elevación  $\Delta_H$  y el rendimiento  $\eta$  de la bomba 1 en presencia de la bomba 1 apagada.

Nº	Q(m³/s)	Delta P (KPa)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Ne	Ns	$\Delta_H$ exp.	$\Delta_H$ teo.	M. error	$\eta$ teo.	$\eta$ exp.	M. error
1	0,00000	306,25	5,81	130,20	756,44	0,00	31,2807	31,306	0,0819	0,000	0,0000	0,000
2	0,00006	290,00	5,62	130,08	730,38	19,14	29,6209	29,645	0,0820	2,621	2,5500	0,027
3	0,00010	262,50	5,50	130,55	718,39	26,51	26,8120	26,834	0,0820	3,691	3,6900	0,000
4	0,00012	232,50	5,34	129,88	694,08	29,06	23,7478	23,767	0,0819	4,187	4,1100	0,018
5	0,00016	215,00	5,30	129,54	686,56	35,48	21,9603	21,978	0,0821	5,167	5,1900	0,004
6	0,00018	202,50	5,39	129,60	697,88	37,87	20,6836	20,701	0,0818	5,426	5,3800	0,008
7	0,00020	181,25	5,44	129,56	705,05	36,61	18,5131	18,528	0,0818	5,193	5,4200	0,044
8	0,00022	166,25	5,25	131,11	688,33	36,74	16,9810	16,995	0,0817	5,338	5,6500	0,058
9	0,00023	166,25	5,32	131,73	701,07	39,07	16,9810	16,995	0,0817	5,573	5,5500	0,004
10	0,00024	147,50	5,37	130,93	703,33	35,55	15,0658	15,078	0,0820	5,054	5,3600	0,061
11	0,00024	136,25	5,37	130,72	701,44	33,52	13,9167	13,928	0,0821	4,778	4,9900	0,044
12	0,00024	135,00	5,31	130,98	695,50	33,35	13,7890	13,800	0,0823	4,794	4,7000	0,020
13	0,00024	127,50	5,51	130,76	719,94	31,49	13,0230	13,034	0,0818	4,374	4,3300	0,010

$\eta$  de la bomba 1 en presencia de la bomba 1 apagada.

N°	Q(m³/s)	Delta P (KPa)	Corriente (A)	Voltaje(V)	Ne	Ns	$\Delta_H$ exp	$\Delta_H$ teo	M. error	$\eta$ teo.	$\eta$ exp.	M. error
1	0,00000	725,00	10,85	131,62	1428,09	0,00	74,05	74,11	0,0819	0,000	0,000	0,000
2	0,00002	726,25	10,77	131,56	1416,42	13,07	74,18	74,24	0,0819	0,923	0,093	0,899
3	0,00008	673,75	10,35	132,33	1369,56	50,53	68,82	68,87	0,0818	3,690	3,669	0,006
4	0,00018	591,25	10,31	132,57	1366,27	108,20	60,39	60,44	0,0819	7,919	7,939	0,003
5	0,00020	580,00	9,85	132,02	1300,95	116,00	59,24	59,29	0,0820	8,917	8,870	0,005
6	0,00028	538,75	10,04	131,96	1324,88	152,47	55,03	55,07	0,0819	11,508	11,527	0,002
7	0,00033	492,50	9,69	132,40	1282,72	162,53	50,30	50,35	0,0819	12,670	12,675	0,000
8	0,00034	455,00	9,66	132,08	1275,62	155,16	46,47	46,51	0,0819	12,163	12,176	0,001
9	0,00039	446,25	9,77	132,17	1290,74	173,59	45,58	45,62	0,0818	13,449	13,495	0,003
10	0,00040	430,00	9,61	132,33	1272,18	173,29	43,92	43,96	0,0818	13,621	13,645	0,002
11	0,00042	413,75	9,68	132,21	1279,40	174,19	42,26	42,30	0,0819	13,615	13,549	0,005
12	0,00044	406,25	9,34	133,43	1245,93	176,72	41,49	41,53	0,0820	14,184	14,113	0,005

**Tabla C.3.** Cálculos teóricos y experimentales de la altura de elevación  $\Delta_H$  y el rendimiento  $\eta$  en conexión en serie

N°	Q(m³/s)	Delta P (KPa)	Corriente (A)	Voltaje(V)	Ne	Ns	$\Delta_H$ exp	$\Delta_H$ teo.	M. error	$\eta$ teo.	$\eta$ exp.	M. error
1	0,00000	891,25	10,44	131,46	1372,43	0,00	91,03	91,11	0,0820	0,000	0,000	0,000
2	0,00008	870,00	10,18	131,46	1337,98	73,08	88,86	88,94	0,0820	5,462	5,468	0,001
3	0,00013	778,75	10,17	131,24	1334,70	98,90	79,54	79,61	0,0819	7,410	7,393	0,002
4	0,00017	681,25	9,59	131,99	1265,78	115,13	69,58	69,64	0,0819	9,096	9,086	0,001
5	0,00021	580,00	9,52	132,78	1264,04	119,48	59,24	59,29	0,0820	9,452	9,451	0,000
6	0,00024	531,25	9,51	131,71	1252,51	126,97	54,26	54,31	0,0820	10,137	10,129	0,001
7	0,00027	480,00	9,40	132,21	1242,74	128,64	49,03	49,07	0,0820	10,351	9,463	0,086
8	0,00028	407,50	9,51	132,30	1258,74	112,06	41,62	41,66	0,0819	8,903	8,903	0,000
9	0,00029	338,75	9,29	132,79	1233,53	100,27	34,60	34,63	0,0819	8,129	8,158	0,004
10	0,00029	315,00	9,12	134,01	1221,77	94,19	32,17	32,20	0,0820	7,709	7,741	0,004
11	0,00030	296,25	9,22	133,50	1230,34	89,17	30,26	30,28	0,0819	7,248	7,278	0,004
12	0,00030	246,25	8,94	133,38	1192,45	74,86	25,15	25,17	0,0821	6,278	6,269	0,001

**Tabla C.4.** Cálculos teóricos y experimentales de la altura de elevación  $\Delta_H$  y el rendimiento  $\eta$  en conexión en paralelo.

**Cálculo de la corriente a plena carga**

$$I_{pe} = I_n * 4.2 A$$

$$I_{pe} = 1.25 * 4.2 A$$

$$I_{pe} = 5.25 A$$

$I_{nb}$  = corriente nominal de la bomba

$I_n$  = 1.25 factor de servicio datos de la bomba 5HP, 3400 rpm

$I_{pe}$  = Corriente consumida a plena carga

#### Anexo D: Diseño de la estructura

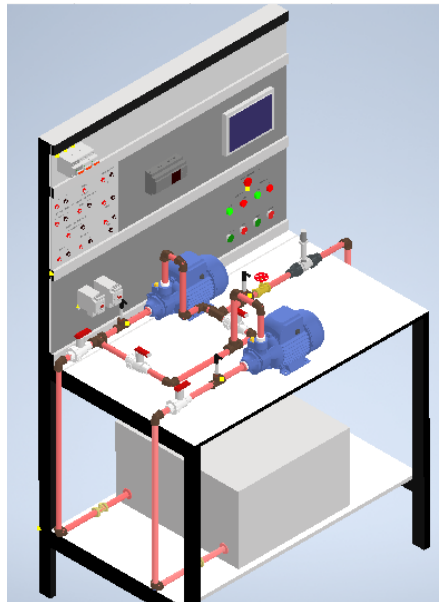


Figura D.1: Diseño de estructura y tuberías en software Autodesk inventor.

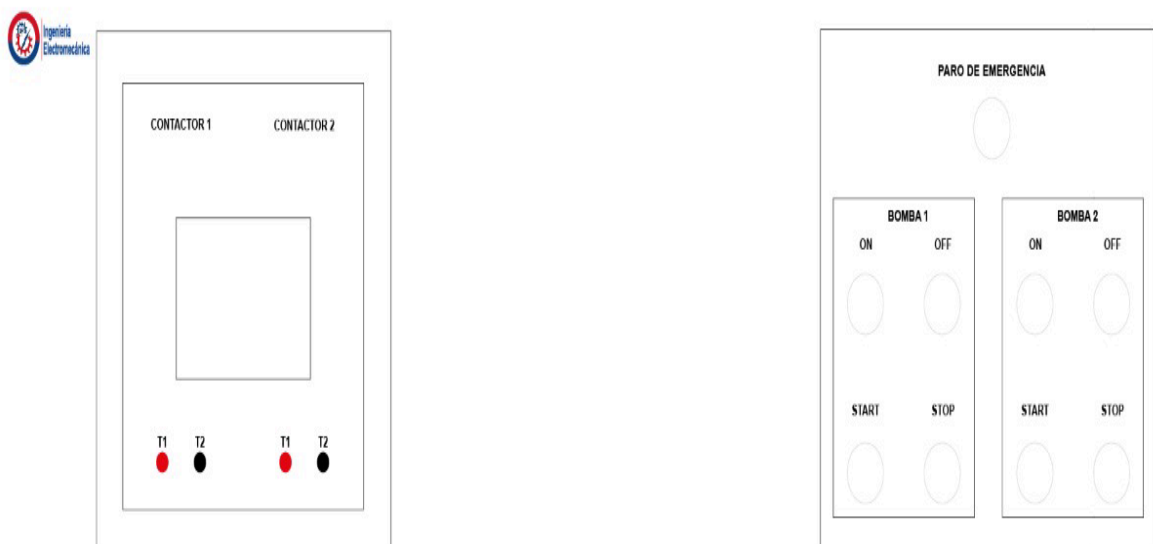
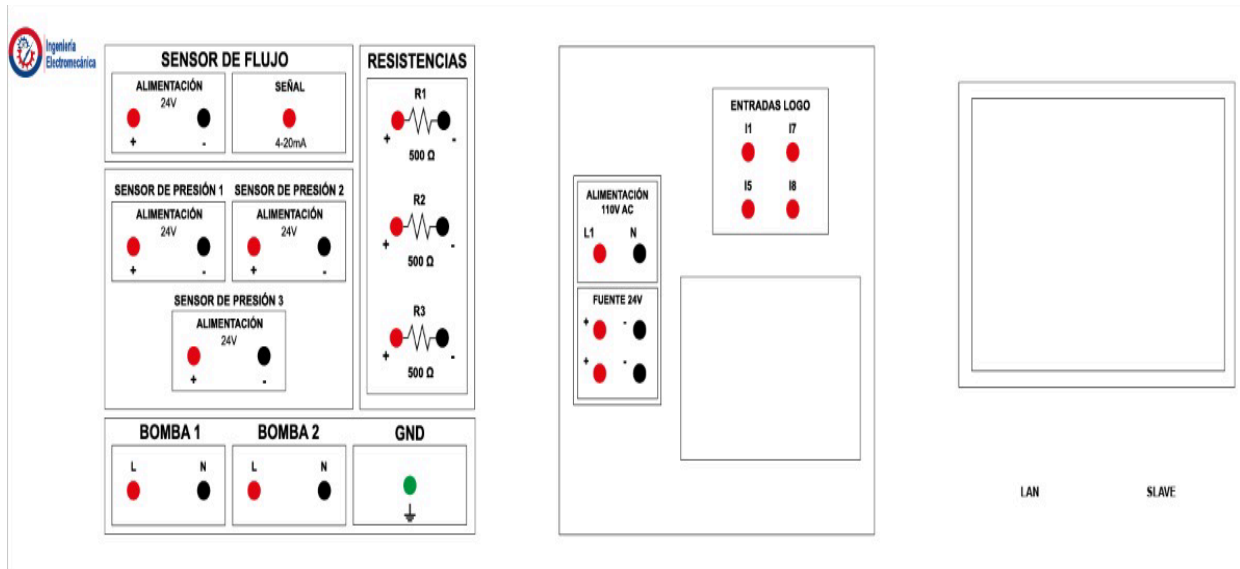


Figura D.2. Diseño de botonera y bornes del contactor



**Figura D.2.** Diseño de módulo de entradas del LOGO, salidas de sensores y la pantalla delta HMI.

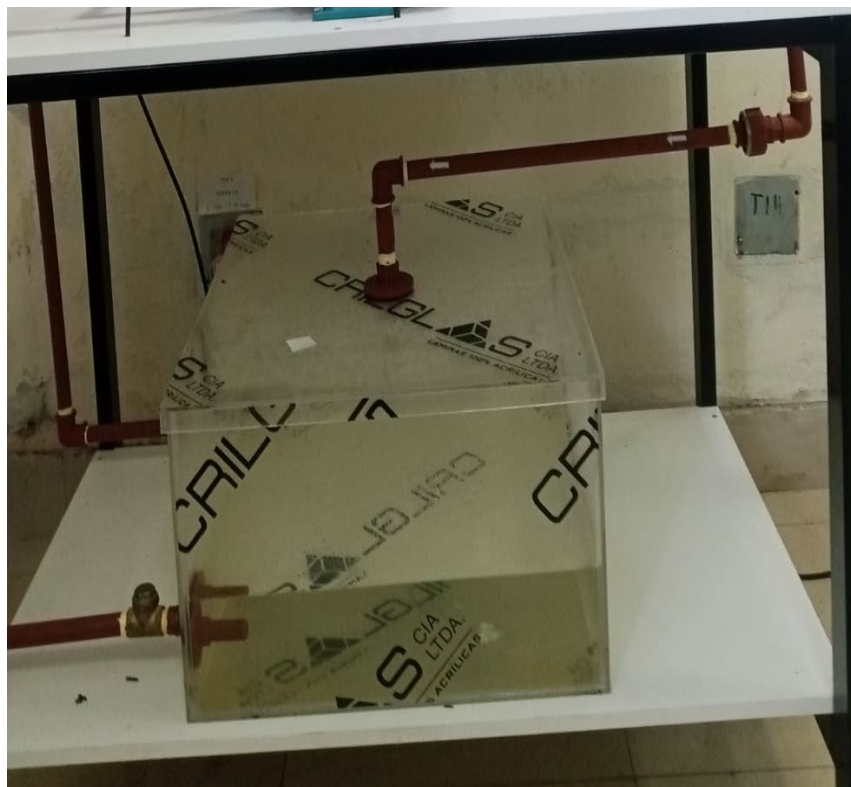
**Anexo E:** Construcción de la estructura



**Figura E.1.** Estructura de la mesa y colocación del MDF



**Figura E.2.** ensamble de las tuberías en serie y en paralelo.



**Figura E.3.** Instalación del tanque de acrílico





**Figura E.4.** Instalación de los perfiles de aluminio.



**Figura E.5.** Instalación de botones, plugs, logo, contactores y pantalla delta HMI en las placas de alucobond



Figura E.6. Colocación de las placas de conexión en los perfiles de aluminio



Figura E.7. Modulo instalado en los laboratorios

## Anexo F: Programación de los sensores de voltaje y corriente

```
//////////////////////////////////SENSORES DE VOLTAJE

#include "EmonLib.h"          // Include Emon Library
#define VOLT_CAL 592
EnergyMonitor emon1;        // Create an instance
EnergyMonitor emon2;        // Create an instance

//////////////////////////////////COMUNICACION

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include "MgsModbus.h"

MgsModbus Mb;
int inByte = 0; // incoming serial byte

// Ethernet settings (depending on MAC and Local network)
//byte mac[] = {0x90, 0xA2, 0xDA, 0x0E, 0x94, 0xB4 };
byte mac[] = {0x90, 0xA2, 0xDA, 0x0E, 0x94, 0xB4 };
IPAddress ip(192, 168, 0, 4);
IPAddress gateway(192, 168, 0, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);

///// Sensor de Corriente/////
float Sensibilidad=0.148; //sensibilidad en V/A para nuestro sensor
float Sensibilidad2=0.0525; //sensibilidad en V/A para nuestro sensor
float offset=0.23; // Equivale a la amplitud del ruido
float offset2=0.215; // Equivale a la amplitud del ruido

//////////////////////////////////

void setup()
{
```



```

//////////////////////Voltajes
emon1.voltage(2, VOLT_CAL, 1.7); // Voltage: input pin, calibration, phase_shift
emon2.voltage(3, VOLT_CAL, 1.7); // Voltage: input pin, calibration, phase_shift
Serial.begin(9600);
pinMode(7,OUTPUT);
// initialize the ethernet device
Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet); // start etehrnet interface
// Fill MbData
// Mb.SetBit(0,false);
Mb.MbData[0] = 0;//Holding Reg 40001
Mb.MbData[1] = 0;//Holding Reg 40002
Mb.MbData[2] = 0;
Mb.MbData[3] = 0;
Mb.MbData[4] = 0;
Mb.MbData[5] = 0;
Mb.MbData[6] = 0;
Mb.MbData[7] = 0;
Mb.MbData[8] = 0;
Mb.MbData[9] = 0;
Mb.MbData[10] = 0;
Mb.MbData[11] = 0;
Mb.MbData[11] = 0; //
Mb.MbData[12] = 0; //
}
void loop()
{
while(true)
{
/*Sensor de Voltaje 1*/
emon1.calcVI(25,1000); // Calculate all. No.of half wavelengths (crossings), time-out
float supplyVoltage = emon1.Vrms; //extract Vrms into Variable
supplyVoltage = supplyVoltage - 5;
if(supplyVoltage < 1)

```

```

{
  supplyVoltage = 0;
}
Serial.print("Voltage1 : ");
Serial.println(supplyVoltage);

/*Sensor de Voltaje 2*/
emon2.calcVI(25,1000);    // Calculate all. No.of half wavelengths (crossings), time-out
float supplyVoltage2 = emon2.Vrms;    //extract Vrms into Variable
supplyVoltage2 = supplyVoltage2 - 5;
if(supplyVoltage2 < 1)
{
  supplyVoltage2 = 0;
}
Serial.print("Voltage2 : ");
Serial.println(supplyVoltage2);

/*Sensor de Corriente 1 */
float Ip=get_corriente1();//obtenemos la corriente pico
float Irms1=Ip*0.707; //Intensidad RMS = Ipico/(2^1/2)
float P=Irms1*110.0; // P=IV watts
Serial.print("Ip: ");
Serial.print(Ip,3);
Serial.print("A , Irms: ");
Serial.print(Irms1,3);
Serial.print("A, Potencia: ");
Serial.print(P,3);
Serial.println("W");

/*Sensor de Corriente 2*/
float Ip2=get_corriente2();//obtenemos la corriente pico
float Irms2=Ip2*0.707; //Intensidad RMS = Ipico/(2^1/2)
float P2=Irms2*110.0; // P=IV watts

```

```

Serial.print("Ip2: ");
Serial.print(Ip2,3);
Serial.print("A , Irms: ");
Serial.print(Irms2,3);
Serial.print("A, Potencia: ");
Serial.print(P2,3);
Serial.println("W");

/*COMUNICACION MODBUS TCP*/
int corrienteRMS1 = int(Irms1*100);
int corrienteRMS2 = int(Irms2*100);
int voltaje1 = int(supplyVoltage*100);
int voltaje2 = int(supplyVoltage2*100);

//Mb.MbData[11]=345;
//Mb.MbData[12]=568;
//Mb.MbData[13]=13256;
//Mb.MbData[14]=13189;
Mb.MbData[11] = corrienteRMS1;           // 30012 -- (Corriente 1) -- Input Reg 11
Mb.MbData[12] = corrienteRMS2;         // 30013 -- (Corriente 2) -- Input Reg 12
Mb.MbData[13] = voltaje1;               // 30014 -- (Voltaje 1) -- Input Reg 13
Mb.MbData[14] = voltaje2;               // 30015 -- (Voltaje 2) -- Input Reg 14
//Mb.MbsRun();
}
}
float get_corriente1()
{
float voltajeSensor;
float corriente=0;
long tiempo=millis();
float Imax=0;
float Imin=0;
while(millis()-tiempo<400)//realizamos mediciones durante 0.05 segundos

```

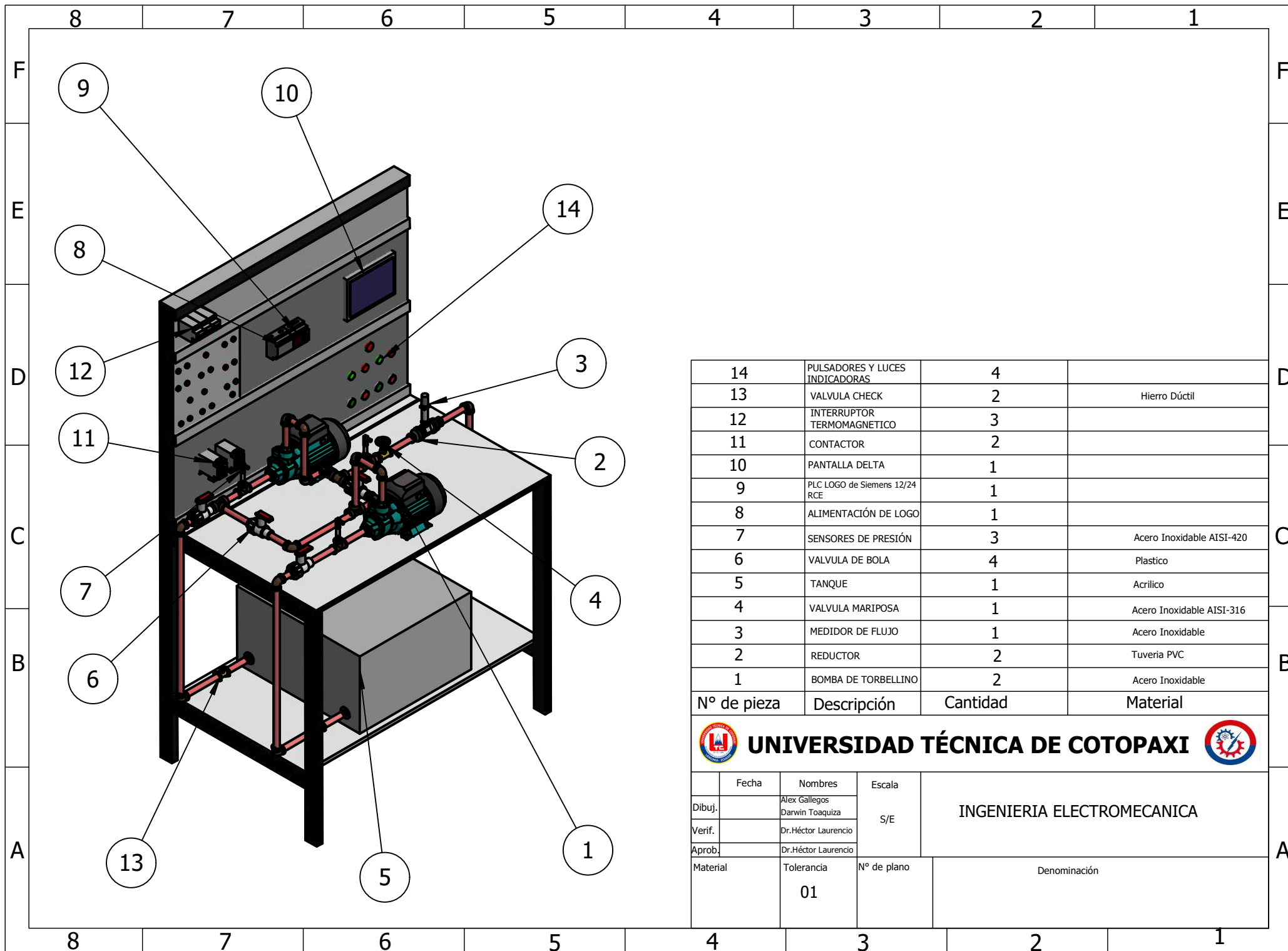
```

{
  float voltajeSensor=0;
  voltajeSensor = analogRead(A0) * (5.0 / 1023.0); //lectura del sensor
  corriente=0.9*corriente+0.1*((voltajeSensor-2.527) /Sensibilidad); //Ecuación para obtener
la corriente
  if(corriente>Imax)Imax=corriente;
  if(corriente<Imin)Imin=corriente;
  if((millis()-tiempo) % 8 == 0)
  {
    Mb.MbsRun();
  }
}
float Ip = ((Imax-Imin)/2)-offset;
if(Ip<0)Ip=0;
return(Ip);
}
float get_corriente2()
{

float voltajeSensor;
float corriente=0;
long tiempo=millis();
float Imax=0;
float Imin=0;
while(millis()-tiempo<400)//realizamos mediciones durante 0.05 segundos
{
  float voltajeSensor=0;
  voltajeSensor = analogRead(A1) * (5.0 / 1023.0); //lectura del sensor
  corriente=0.9*corriente+0.1*((voltajeSensor-2.527)/Sensibilidad2); //Ecuación para
obtener la corriente
  if(corriente>Imax)Imax=corriente;
  if(corriente<Imin)Imin=corriente;
  if((millis()-tiempo) % 8 == 0)

```

```
{  
    Mb.MbsRun();  
}  
}  
float Ip = ((Imax-Imin)/2)-offset2;  
if(Ip<0)Ip=0;  
return(Ip);  
}
```



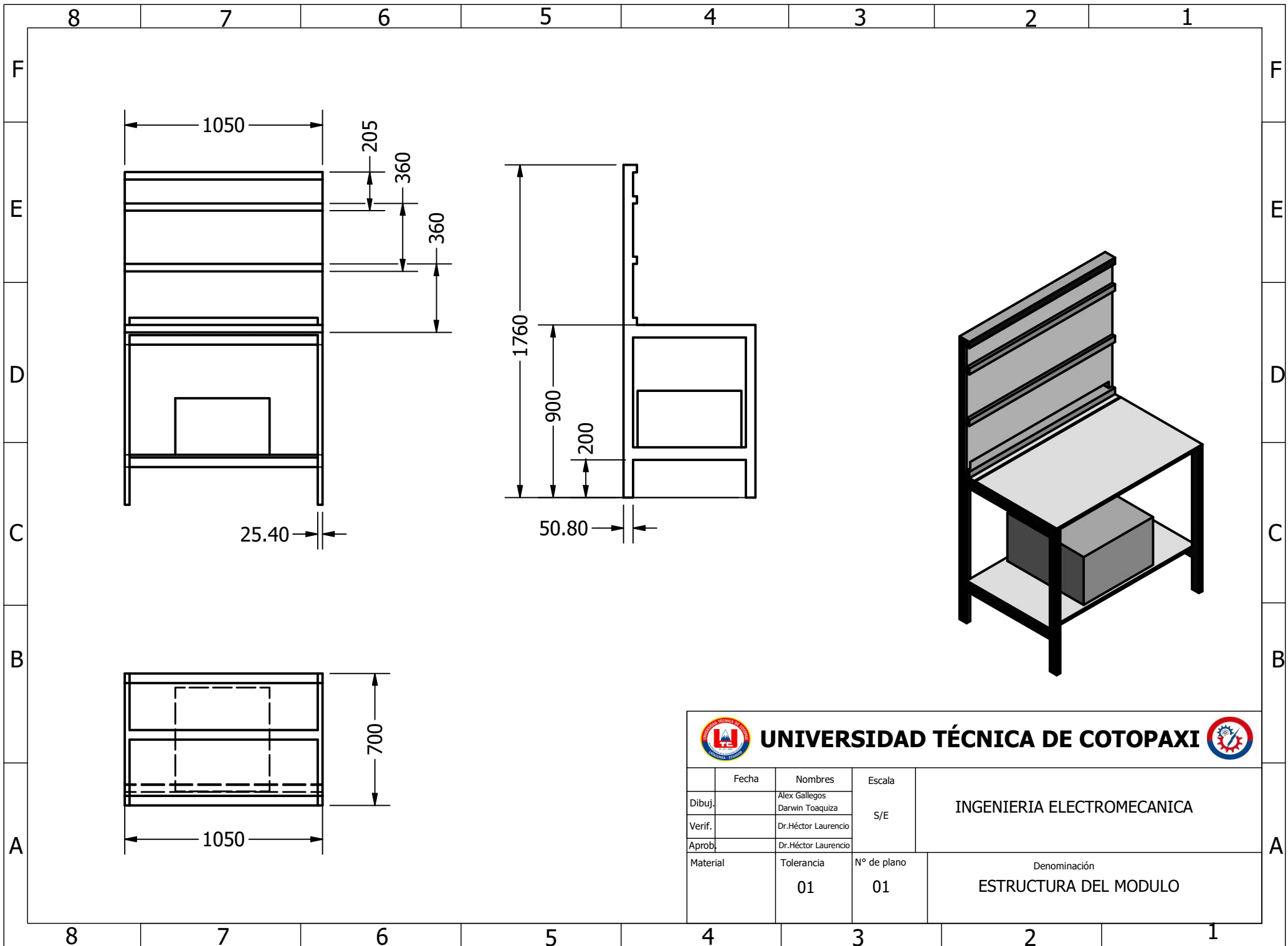
14	PULSADORES Y LUCES INDICADORAS	4	
13	VALVULA CHECK	2	Hierro Dúctil
12	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	3	
11	CONTACTOR	2	
10	PANTALLA DELTA	1	
9	PLC LOGO de Siemens 12/24 RCE	1	
8	ALIMENTACIÓN DE LOGO	1	
7	SENSORES DE PRESIÓN	3	Acero Inoxidable AISI-420
6	VALVULA DE BOLA	4	Plastico
5	TANQUE	1	Acrílico
4	VALVULA MARIPOSA	1	Acero Inoxidable AISI-316
3	MEDIDOR DE FLUJO	1	Acero Inoxidable
2	REDUCTOR	2	Tuveria PVC
1	BOMBA DE TORBELLINO	2	Acero Inoxidable
Nº de pieza	Descripción	Cantidad	Material




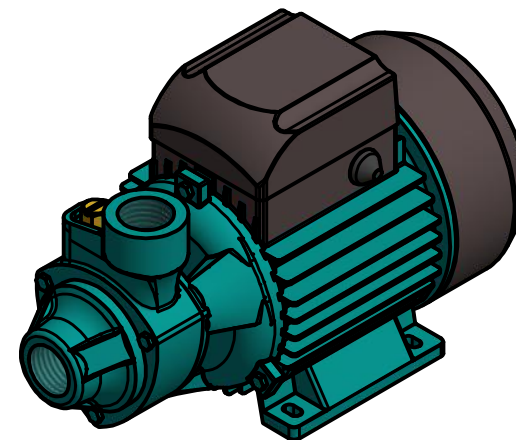
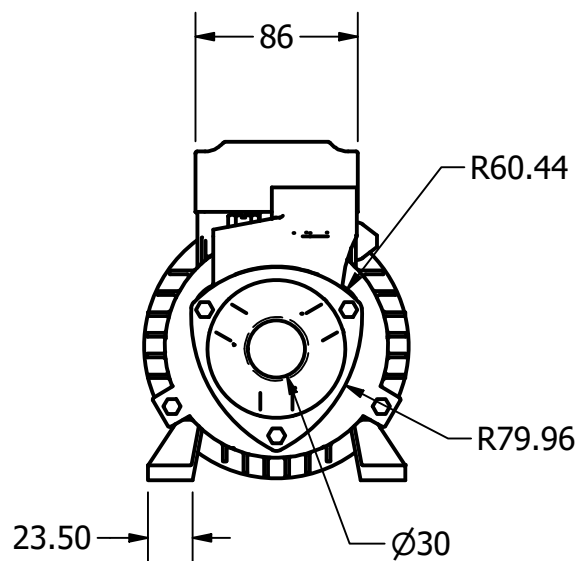
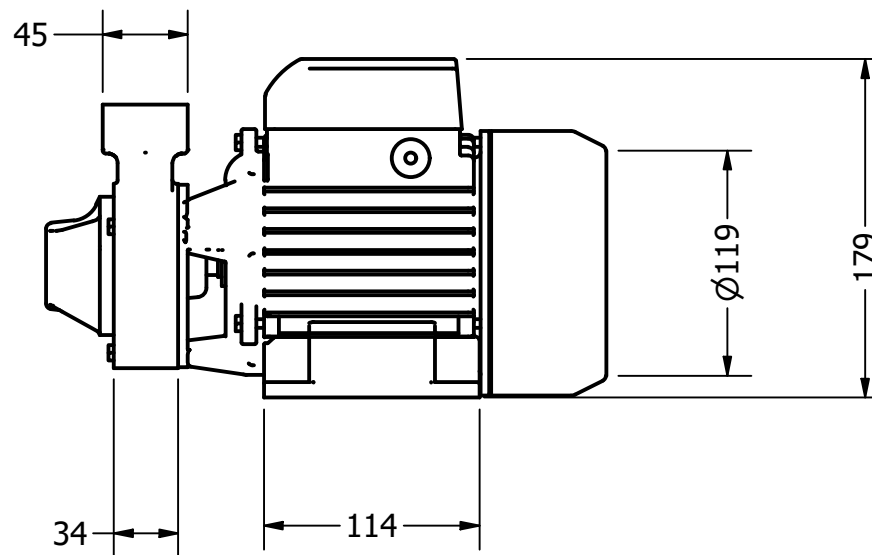
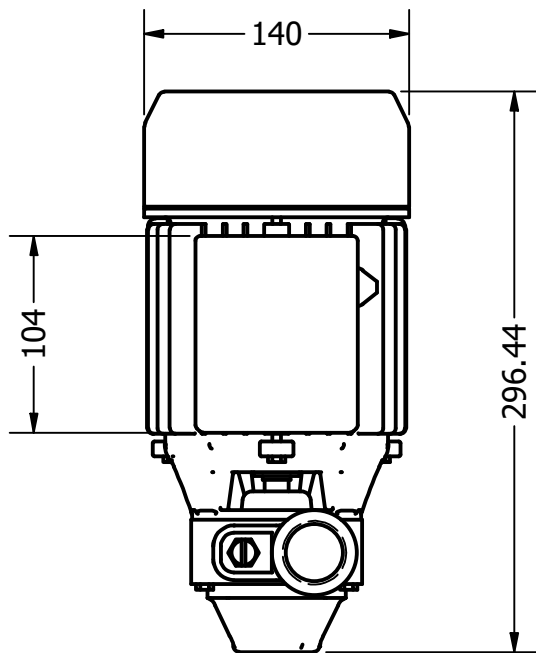
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**





	Fecha	Nombres	Escala	INGENIERIA ELECTROMECHANICA
Dibuj.		Alex Gallegos Darwin Toaquiza	S/E	
Verif.		Dr.Héctor Laurencio		
Aprob.		Dr.Héctor Laurencio		
Material	Tolerancia	Nº de plano	Denominación	
	01			

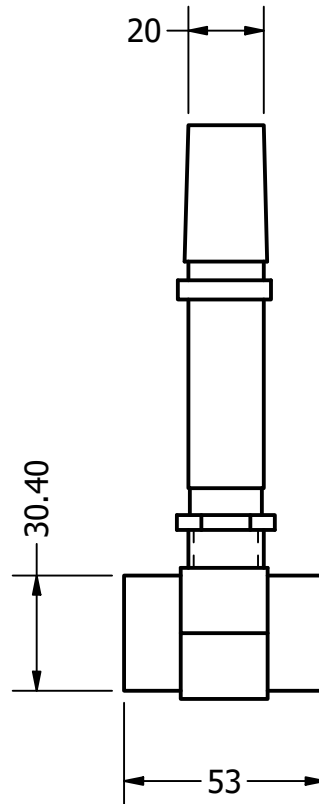
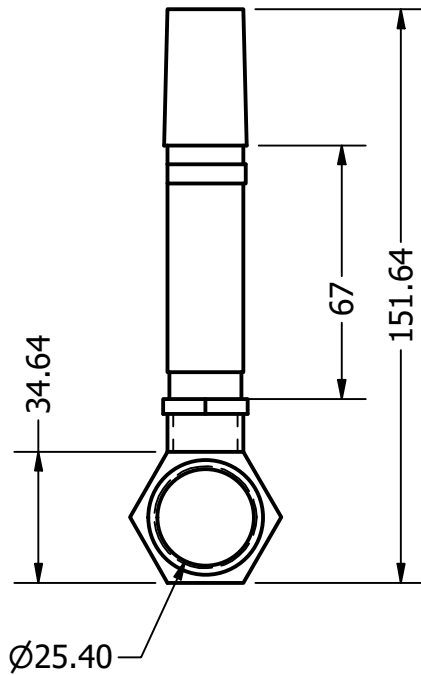
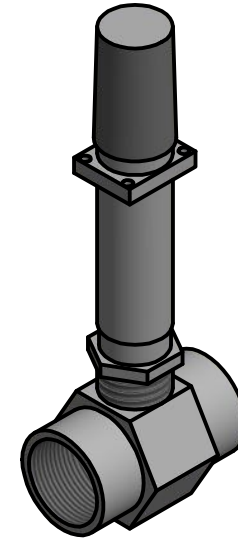
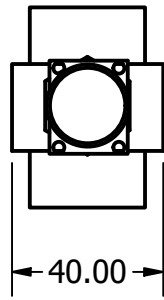




 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 				
	Fecha	Nombres	Escala	<b>INGENIERIA ELECTROMECHANICA</b>
Dibuj.		Alex Gallegos Darwin Toaquiza	S/E	
Verif.		Dr. Héctor Laurencio		
Aprob.		Dr. Héctor Laurencio		
Material		Tolerancia <b>01</b>	Nº de plano <b>01</b>	Denominación <b>ESTRUCTURA DEL MODULO</b>



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 			
Fecha	Nombres	Escala	INGENIERIA ELECTROMECHANICA
Dibuj.	Alex Gallegos Darwin Toaguiza		
Verif.	Dr. Héctor Laurencio		
Aprob.	Dr. Héctor Laurencio		
Material	Tolerancia	Nº de plano	Denominación
	01	02	<b>BOMBA TORBELLINO</b>





		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 	
Dibuj.	Alex Gallegos Darwin Toaquiza	S/E	
Verif.	Dr. Héctor Laurencio		
Aprob.	Dr. Héctor Laurencio		
Material	Tolerancia 01	Nº de plano 03	Denominación MEDIDOR DE FLUJO TIPO TURBINA

8

7

6

5

4

3

2

1

F

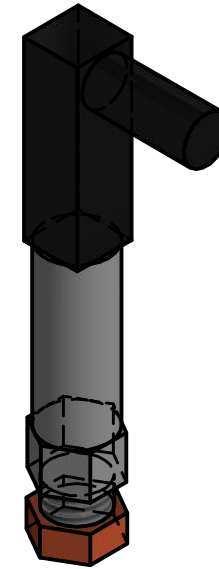
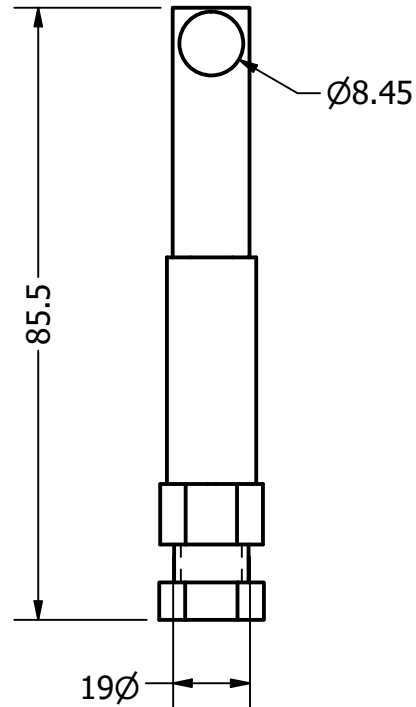
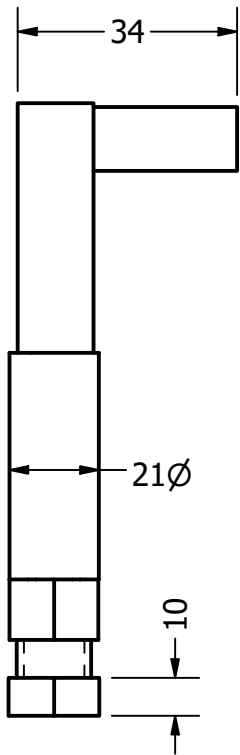
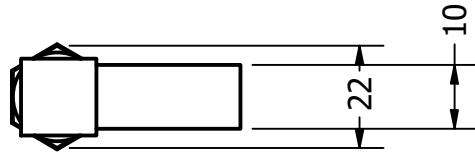
E

D

C

B

A



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



	Fecha	Escala	INGENIERIA ELECTROMECHANICA
Dibuj.	Alex Gallegos	S/E	
Verif.	Darwin Toaquiza		
Aprob.	Dr.Héctor Laurencio	N° de plano	Denominación
Material	Tolerancia	04	
		01	

8

7

6

5

4

3

2

1

F

E

D

C

B

A



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**MANUAL DE OPERACIONES**

## Sección I

### INFORMACIÓN GENERAL

Este manual cubre la operación del módulo, las bombas son del tipo periférica o de torbellino utiliza dos bombas las cuales están con un sistema de tuberías conectadas en serie y paralelo. Este tipo de bomba de agua se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas, dentro del canal anular donde gira el impulsor.

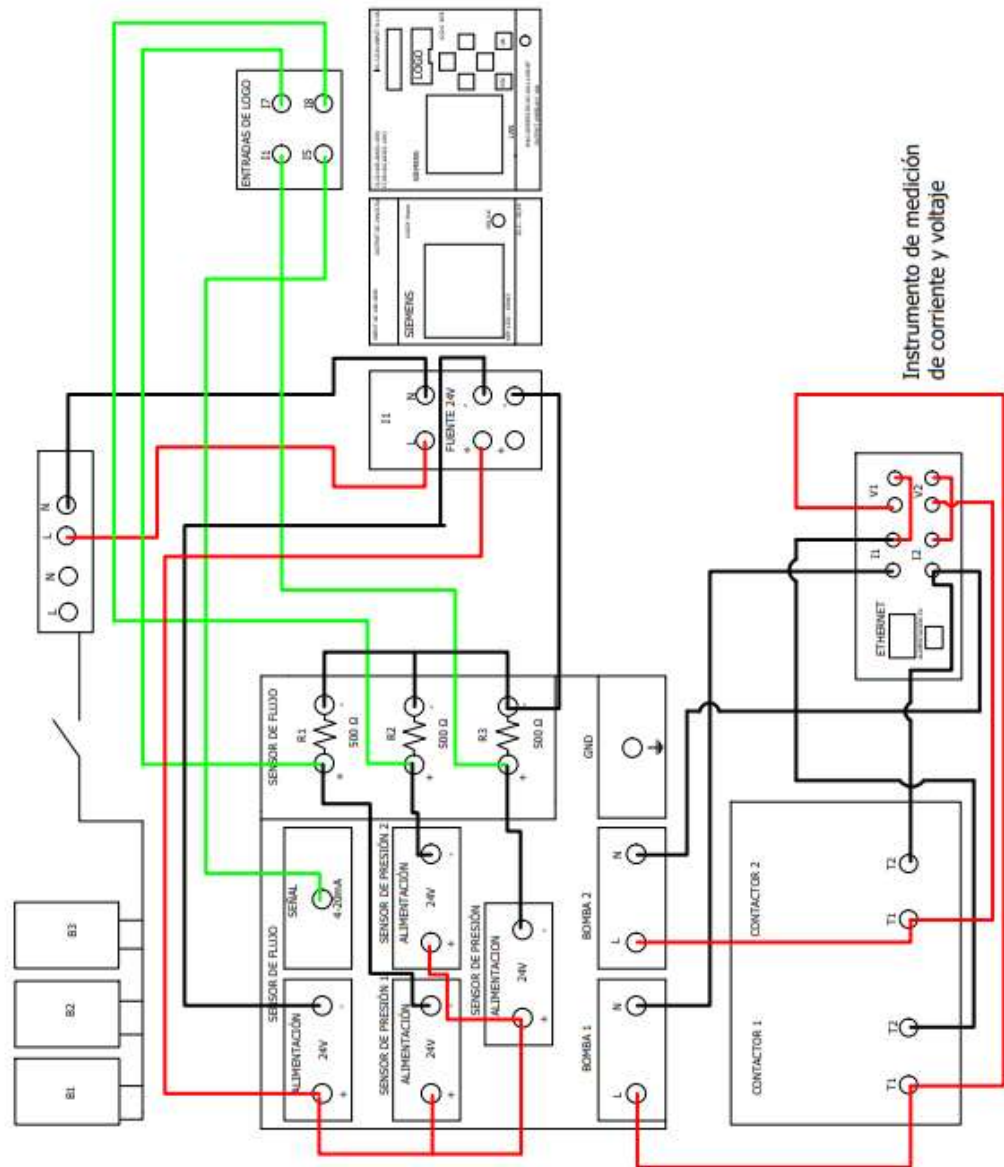
## Sección II

### OPERACIÓN

Se detallará el funcionamiento cuando las bombas van operar en serie de manera correcta:

<p><b>Paso N°1.-</b> Siempre que sea posible, cebar las bombas antes de comenzar cualquier operación de esa manera se evitara el daño de las bombas</p>	 <p style="text-align: center;">Cebar las bombas antes de cada proceso de trabajo</p>
<p><b>Paso N°2.-</b> Conectar el modulo a 110V</p>	

**Paso N°3.-**Alimentar a los sensores de presión y caudal, de la fuente de 24V conjuntamente con el logo como indica en diagrama de conexión

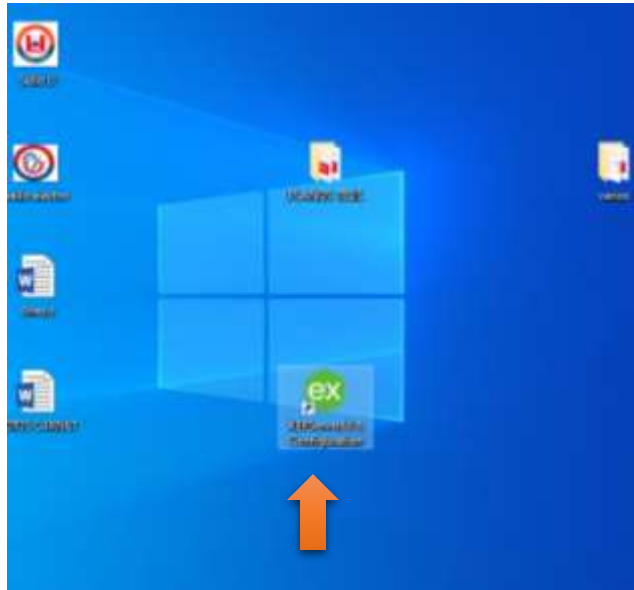


**Interruptor termomagnético (B1).** - Alimentación de las bombas

**Interruptor termomagnético (B2).** - Alimentación de pulsadores y lámparas

**Interruptor termomagnético (B3).** - Alimentación de pantalla HMI y logo

**Paso N°4.-** Abrir el KepsServer EX6 que se encuentra en el escritorio de nuestra computadora en caso de no tener instalado.



**Paso N°4.-** Verificar las direcciones IP como se muestra en la figura

KEPServerEX 6 Configuration [Connected to Runtime]

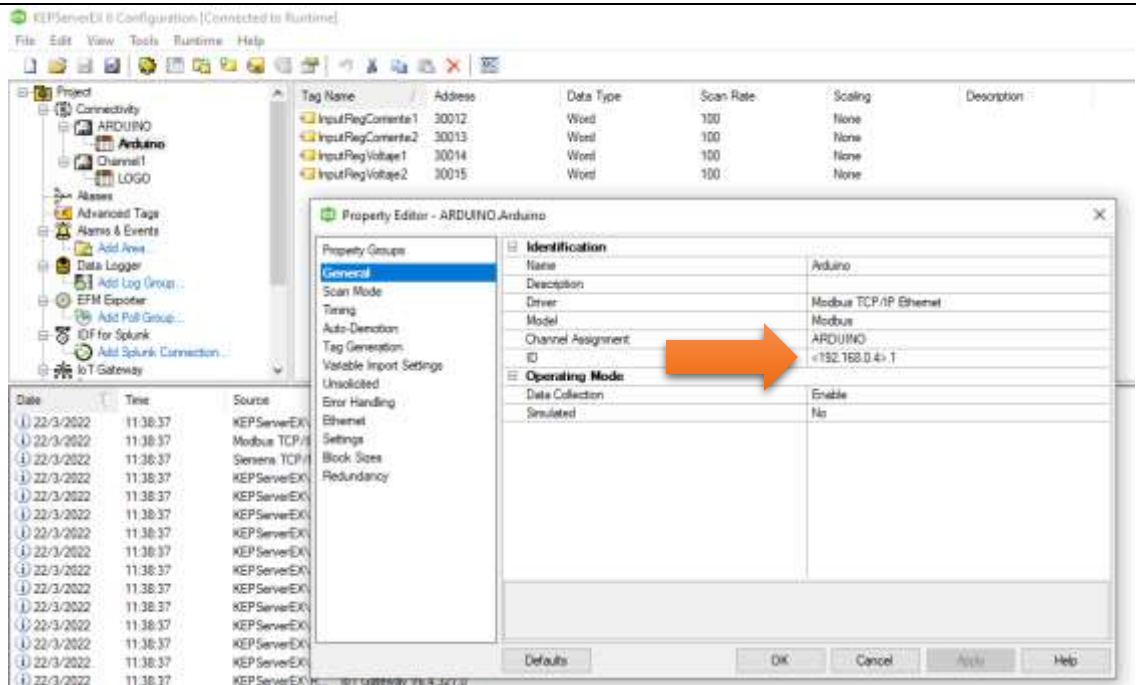
File Edit View Tools Runtime Help

The screenshot shows the KEPServerEX 6 Configuration window. On the left is a project tree with the following structure:

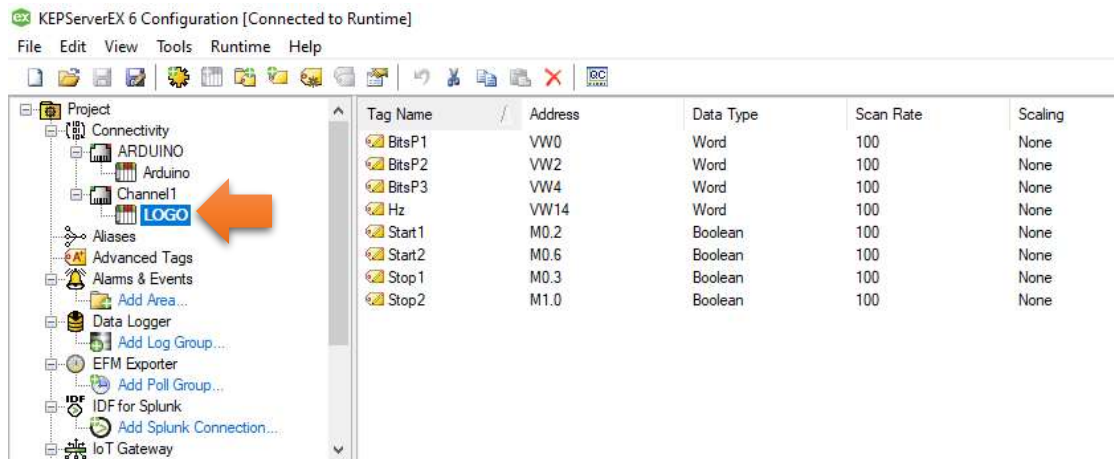
- Project
  - Connectivity
    - ARDUINO
      - Arduino (highlighted with an orange arrow)
    - Channel1
    - LOGO
  - Aliases
  - Advanced Tags
  - Alarms & Events
    - Add Area...
  - Data Logger
    - Add Log Group...
  - EFM Exporter
    - Add Poll Group...
  - IDF for Splunk
    - Add Splunk Connection...
  - IoT Gateway

On the right is a table of tags:

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling
InputRegCorriente1	30012	Word	100	None
InputRegCorriente2	30013	Word	100	None
InputRegVoltaje1	30014	Word	100	None
InputRegVoltaje2	30015	Word	100	None

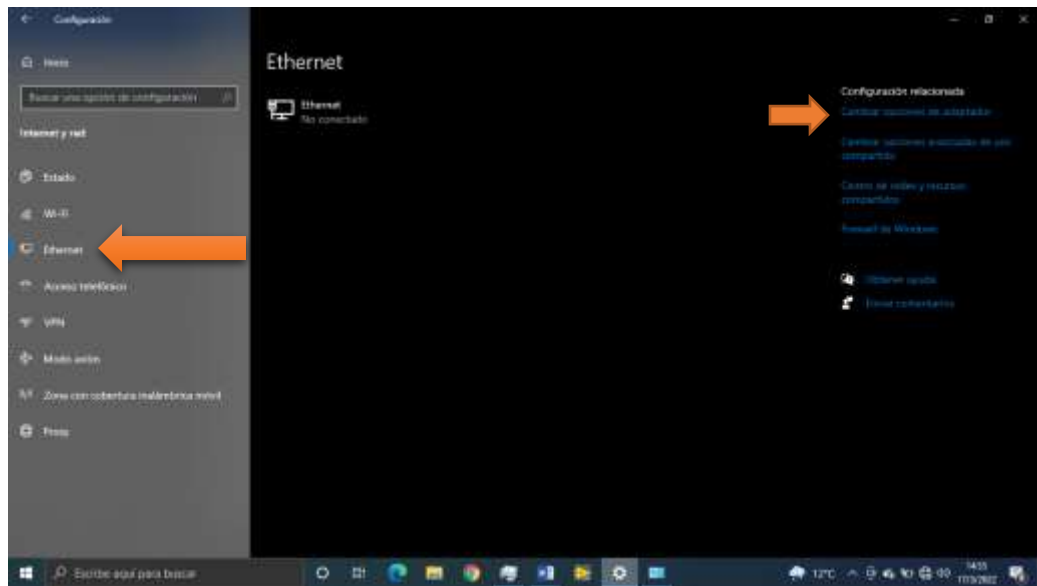
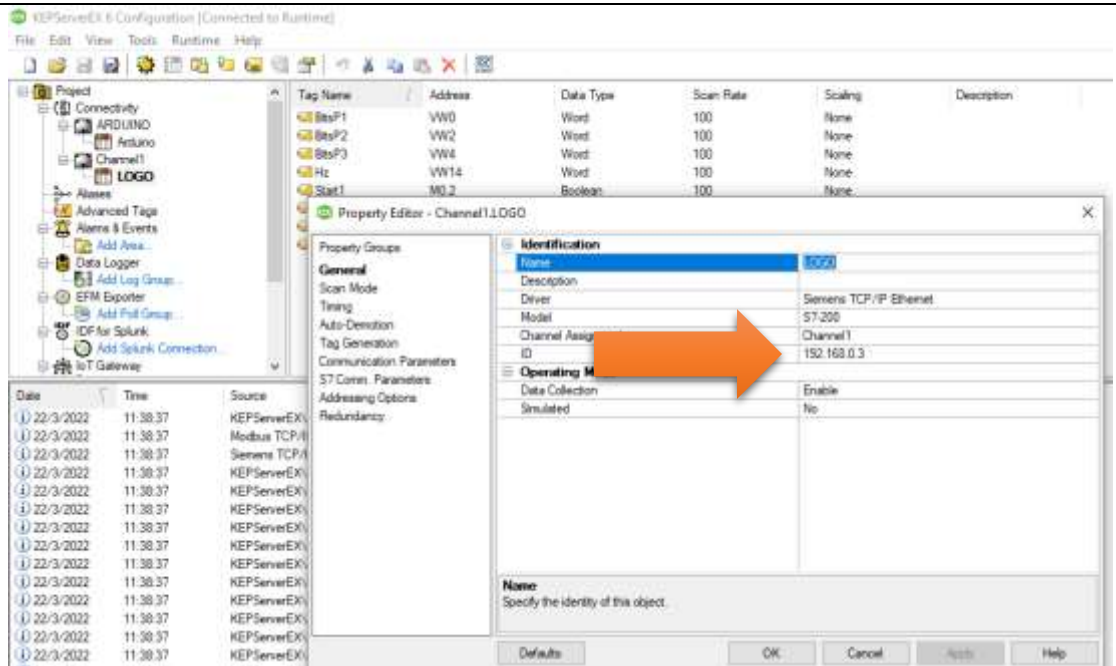


En el instrumento de medición verificar que se encuentre la siguiente dirección **192.168.0.4**

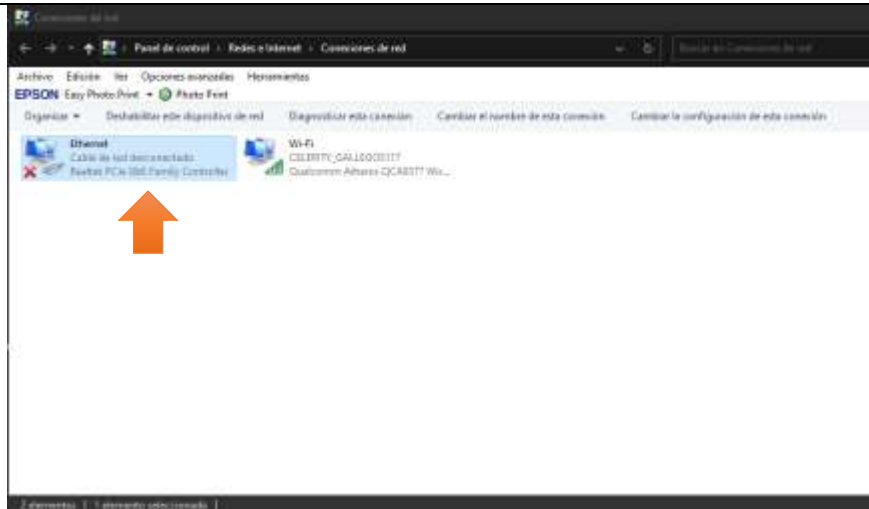


Y de igual manera en el mismo KEPServer verificamos el Logo

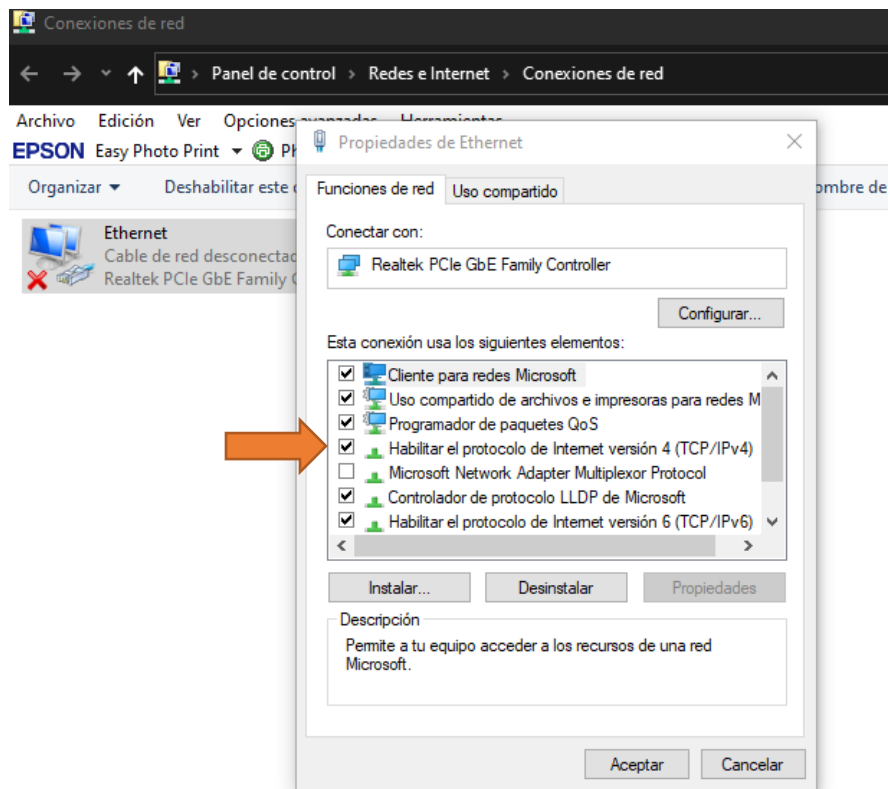
**Paso N°5.-**  
Configuración del puerto ethernet para conexión del sistema MODBUS TCP/IP, abrimos configuración de red e internet luego Ethernet y red nos dirigimos a la opción de cambiar opciones de adaptador, damos click derecho en Ethernet y entramos en propiedades



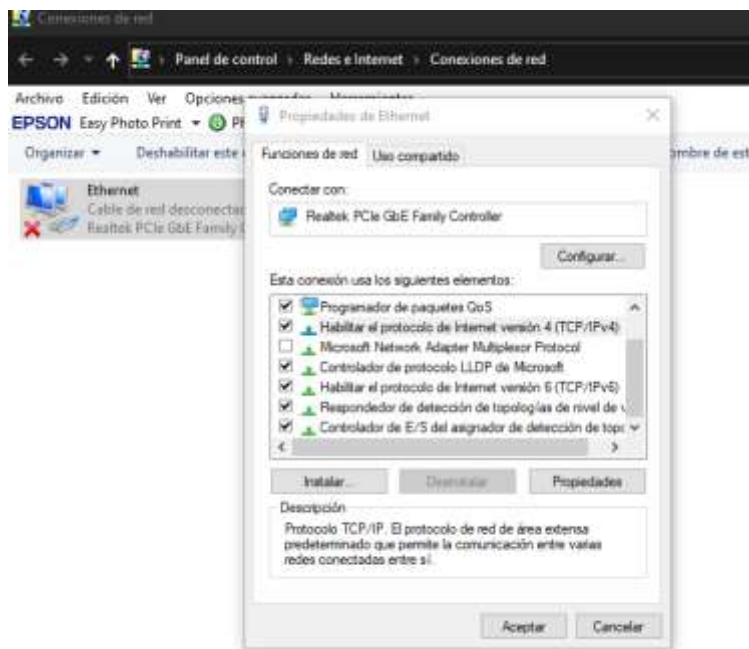




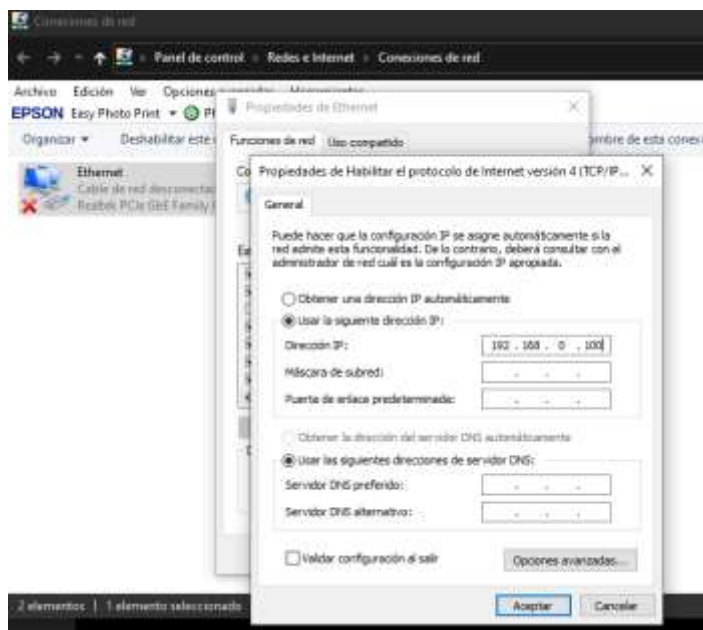
Entramos a la configuración de red



Se va a desplazar hasta encontrar la opción "Habilitar el protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4)"

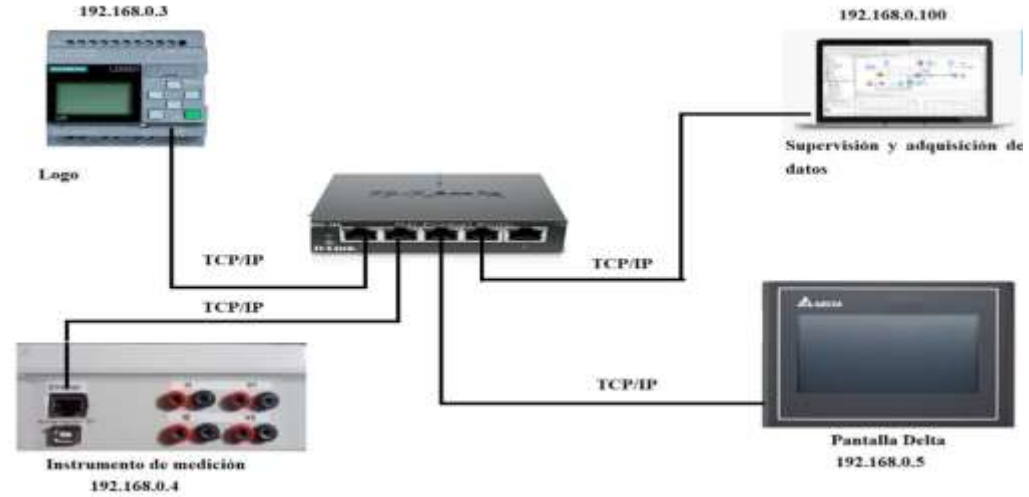


Se procederá a dar click en propiedades donde se podrá efectuar el cambio de dirección IP de nuestro ordenador

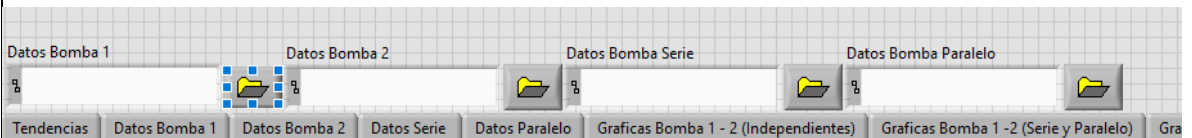


Realizamos el cambio de la dirección de la IP

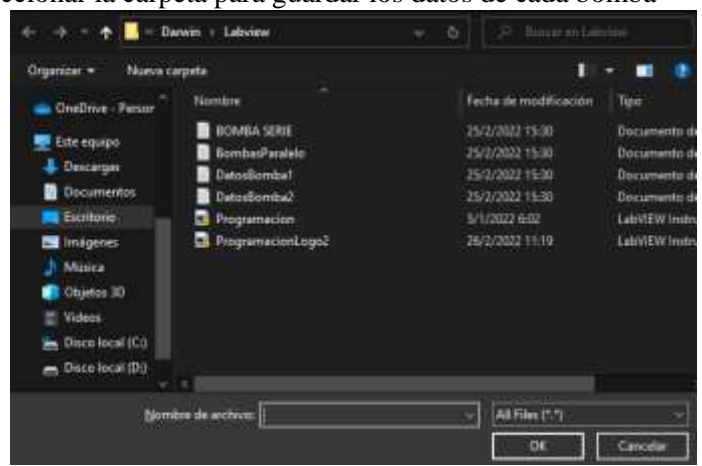
**Paso 6.-** Conectar el ordenador, instrumento de medición, logo, y la pantalla Hmi con cable RJ45(cable ethernet) a nuestro Switch Ethernet como se observa



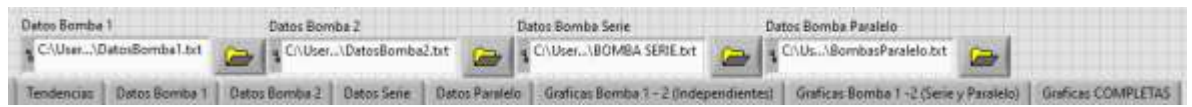
**Paso N°7.-** Abrir software donde se encontrara la programación y en el que se podrá observar los datos en tiempo real y seleccionar en donde se van a guardar los datos en tiempo real



Seleccionar la carpeta para guardar los datos de cada bomba



Seleccionar para cada una de las carpetas para no tener problemas en el momento de ejecutar el programa



Tal como se observa en la figura

**Paso N°8.-** Tener la válvula N°5 cerrada antes de comenzar con las practicas



**Válvula cerrada**

**Paso N°9.-** Para empezar la practica con las bombas en serie, en esta parte se tiene que cerrar las válvulas 1 y 4 abrir las válvulas 2 y 3  
Cuando la válvula este en el mismo sentido de la tubería nos indicara que se encuentra abierta

**Válvula abierta**



**Válvula cerrada**



**Paso N°10.-** Se procederá a accionar el interruptor termomagnetico que está ubicado en la parte superior del módulo

Accionar el interruptor termomagnetico como se observa en la figura

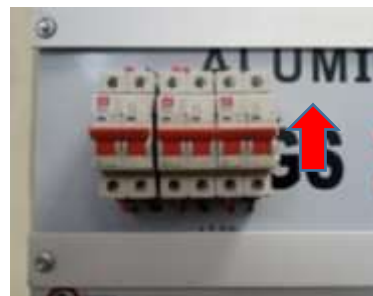


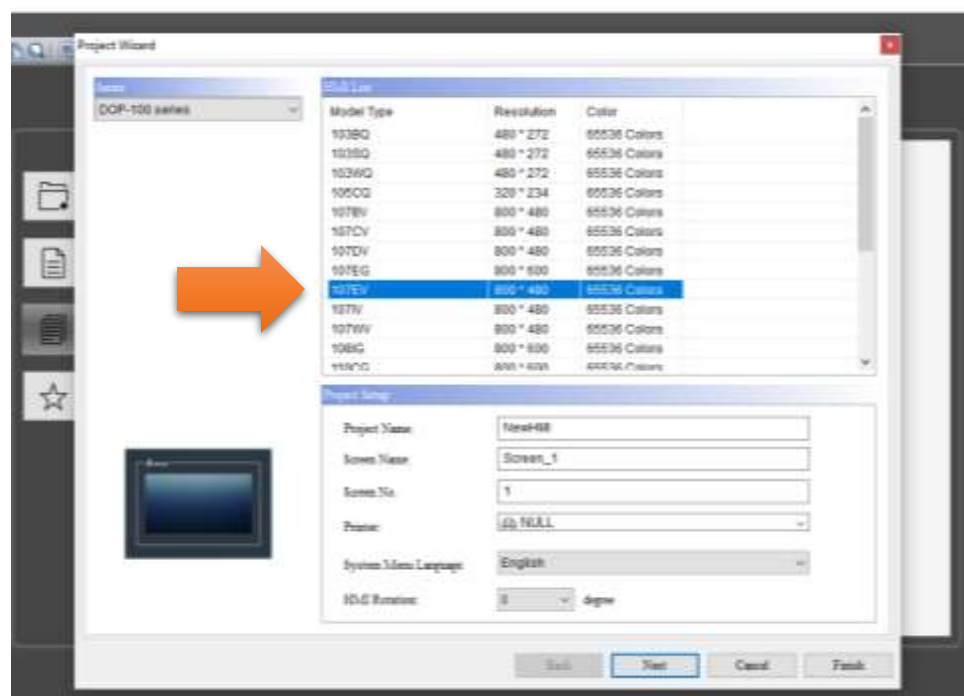


Tabla Serie

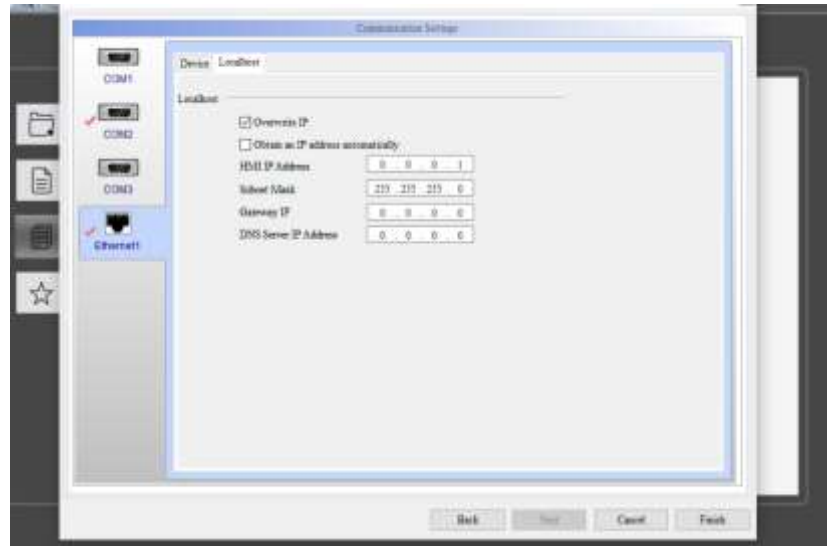
Nº	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Delta P (KPa)	Delta H [m]	Corriente (A)	Voltaje (V)	N <sub>e</sub>	N <sub>s</sub>	n	n%
1	0,0000	0,000000	1071,2500	109,4186	16,0750	92,2005	1361,0537	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,000000	891,2500	91,0332	10,4400	131,4585	1372,6132	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,3037	0,000084	870,0000	88,8627	10,1780	131,9560	1342,2577	73,3912	0,0547	5,4677
4	0,4555	0,000127	778,7500	79,5424	10,1700	131,2385	1332,9573	98,5403	0,0739	7,3926
5	0,6074	0,000169	687,2500	69,5836	9,5900	131,9900	1265,0526	114,9373	0,0909	9,0856
6	0,7419	0,000206	580,0000	59,2418	9,5200	132,7775	1264,6912	119,5228	0,0945	9,4507
7	0,8590	0,000239	531,2500	54,2624	9,5100	131,7050	1251,5376	126,7625	0,1013	10,1285
8	0,9631	0,000268	480,0000	49,0277	9,4000	132,2060	1240,8603	117,4259	0,0946	9,4633
9	0,9892	0,000275	407,5000	41,6225	9,5140	132,3040	1257,5722	111,9667	0,0890	8,9034
10	1,0672	0,000296	338,7500	34,6003	9,2890	132,7945	1231,0023	100,4248	0,0816	8,1580
11	1,0759	0,000299	315,0000	32,1744	9,1170	134,0105	1216,2423	94,1432	0,0774	7,7405
12	1,0846	0,000301	296,2500	30,2593	9,2160	133,5005	1226,4308	89,2534	0,0728	7,2775
13	1,0933	0,000304	246,2500	25,1522	8,9400	133,3835	1192,9974	74,7831	0,0627	6,2685

**Paso N°14**

Configuración de la pantalla HMI nos dispondremos abrir el software DOPsoft HMI logo a crear un nuevo documento y escoger la pantalla que en nuestro caso es **107EV**



**Paso N° 15** Luego se elegirá el tipo de comunicación es este aparte se escogió la configuración ethernet donde se podrá configuración la dirección IP

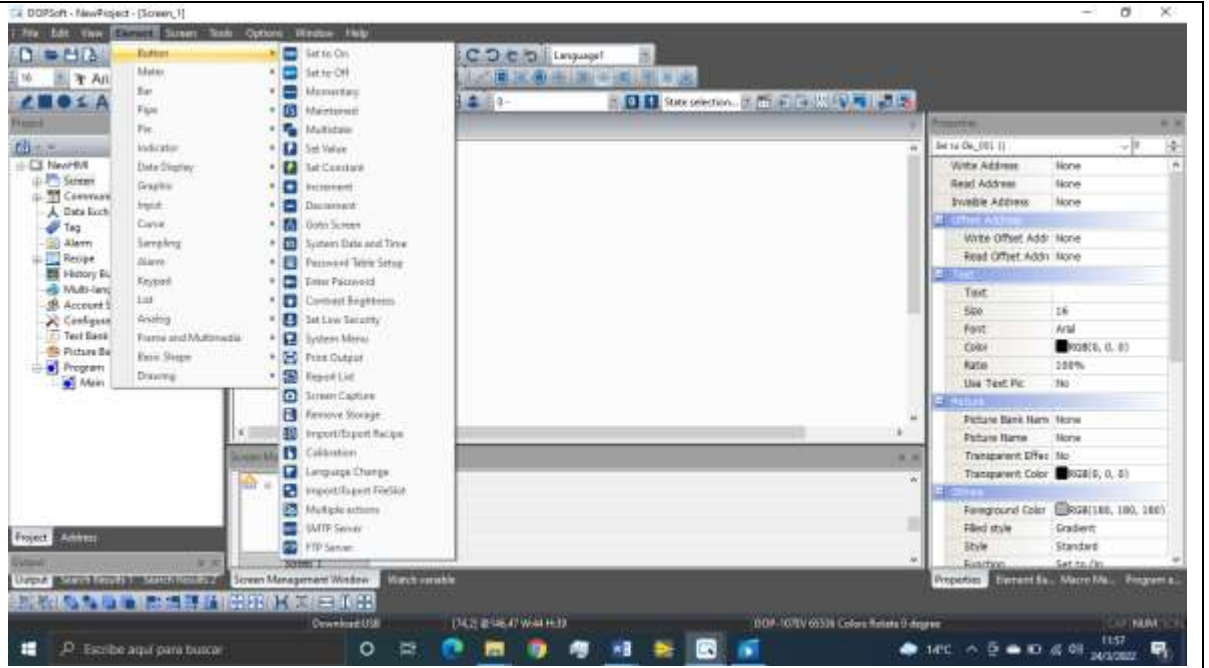


En el apartado de HMI IP Address se pondrá la siguiente dirección IP

192.168.0.5



**Paso N° 16.-**Y se podrá configurar y establecer como desee el usuario.







**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**MANUAL DE MANTENIMIENTO**

## **Programa de mantenimiento**

### **Mantenimiento a las bombas**

Para las bombas no se exige algún tipo de mantenimiento especial siempre que no exista complicaciones en el sistema en el caso de permanecer mucho tiempo inutilizadas lo recomendable es vaciarlas completamente enjuagarla completamente y dejarla en un lugar seco.

Importante: No utilizar las bombas en vacío esto puede causar daños dentro la bomba.

En caso de que las bombas no giren hay que dar un pequeño giro a los ventiladores

### **Mantenimiento de tuberías**

Una limpieza externa de la tubería con un agente externo de fibra sintética

Si se requiere sacar una tubería del sistema previamente debemos vaciar el tanque y las bombas para que no exista derrame de fluidos y limpiarla con agua a presión cada una de las tuberías para una correcta limpieza

### **Tanque de depósito del agua**

Este es el encargado de almacenar el agua está hecho de acrílico transparente de 4 micras tiene unas dimensiones de 50cm\*55cm y 30cm de alto

Para su mantenimiento variará dependiendo el uso del módulo luego de 8 practicas, el agua se corresponderá a cambiar de manera inmediata

Si no se llegase a utilizar el fluido del tanque y las condiciones de la zona del agua no es de mucha tierra o suciedad se la puede realizar cada 3 meses

### **Medidor de presiones**

El uso prolongado del módulo afecta de manera directa a los sensores de presiones y flujo por lo cual hay que retirarlos secarlos y optar por poner varias capaz de teflón por su desgaste

### **Inspección del cableado eléctrico**

El cableado eléctrico es un punto muy esencial de la instalación eléctrica, ya que se encarga de suministrar toda la potencia a la carga o consumo. En este debe de asegurarse de que no se sobrecaliente, con ayuda de un multímetro vamos a realizar diversas pruebas

### **Inspecciones de rutina**

- Cebiar las bombas en caso que sea necesario antes de cada practica
- Controle los ruidos inusuales, la vibración.
- Compruebe si en las bombas y las tuberías existen fugas.
- Asegúrese de que no haya fugas en el sello mecánico.

### **Inspecciones trimestrales**

Realice las siguientes tareas cada tres meses:

- Controle que la base y los pernos de sujeción estén ajustados ya que las bombas tienden a vibrar con cada practica realizada.
- Revisar empaques de las bombas y de los accesorios de tubería como la unión universal que no existan fugas haciendo funcionar el sistema previamente

### **Vida útil de un sello mecánico**

depende de la limpieza del fluido bombeado. Debido a la diversidad de condiciones de operación, no es posible dar indicaciones definitivas en cuanto a su vida útil.

## **Desmontaje del Equipo**

Antes de proceder al desmontaje del Equipo, asegurar de lo siguiente:

- Debe vestirse con el equipo protector personal adecuado, los componentes de la bomba desgastados pueden tener bordes afilados. Utilice guantes adecuados al manejar estas piezas.
- Desconexión del módulo para que no se pueda accionar las bombas

### **Herramientas necesarias**

Para desensamblar una bomba, necesita estas herramientas:

- Llaves N°10 y N°8
- Productos de limpieza y solventes
- Destornilladores de punta recta y Philips
- Llave inglesa

Con estas herramientas se procederá al desmontaje del equipo

**Paso N°1.-** Retirar todo el fluido del sistema y del tanque ya que con eso se impedirá que el fluido se riege.

**Paso N°2.-** Con las llaves N°10 retirar los pernos que se encuentra en sujeción con la mesa con mucho cuidado de dañar la estructura.

**Paso N°3.-** Con la llave inglesa vamos a desarmar sistemas de tuberías y comprobaremos el estado de las mismas.

**Paso N°4.-** Extraer los sensores de presión y de caudal con ayuda de la llave inglesa, se verificará que los mismos se encuentre en buenas condiciones revisando sus conexiones internas.

## **Conexiones Eléctricas**

Respete estas precauciones de seguridad antes de trabajar

- Asegúrese de que el equipo esté correctamente aislado
- Deje que todos los componentes del sistema y de la bomba se enfríen antes de manipularlos.
- Asegúrese de tener una vía libre de salida.
- realizar prueba de funcionamiento y mediciones de voltaje y corriente, de ser posible que el operador realice el arranque y puesta en servicio de equipo, ya que un arranque equivocado puede dañar un equipo
- Asegúrese de que el modulo se haya limpiado cuidadosamente.
- Desconecte y bloquee la electricidad antes de realizar el mantenimiento.
- Compruebe si existe riesgo de explosión, usar herramientas eléctricas manuales.

### **Primer test Verificación de los interruptores termomagnético**

Con ayuda del instrumento de medición multímetro girar el selector hasta que se encuentre en corriente alterna, inserte el cable negro en COM y seguido de eso introduzca el cable rojo en  $V\Omega$ , conecte las puntas en el del interruptor termomagnético verificar que nos dé un voltaje  $\geq 120V$

### **Segundo Test Comprobación de funcionamiento de los Contactores**

Con el instrumento de medición vamos a probar que exista el paso de corriente, girar el selector hasta que se encuentre en corriente alterna, A1 Y A2 de los 2 Contactores debe pasar un voltaje promedio de  $\geq 120V$ , para comprobar las salidas de los Contactores L1 Y L2 se procederá a colocar las puntas en las salidas L1 Y L2 y con ayuda de un objeto vamos a

presionar el contactor como se indica en la figura y nos debe indicar el voltaje de salida que debe ser  $\geq 120V$

### Tercer test Comprobación de continuidad de los cables

Primero, inserte la punta de prueba negra en el conector COM. A continuación, inserte el cable rojo en el conector  $V \Omega$ . Cuando haya terminado, retire las puntas en el orden inverso: primero la roja, luego la negra. Con el circuito sin energía, conecte las puntas de prueba a través del componente que está probando.

### Conexiones

Verificar las conexiones como muestran en los diagramas

Esquema de conexión de los sensores

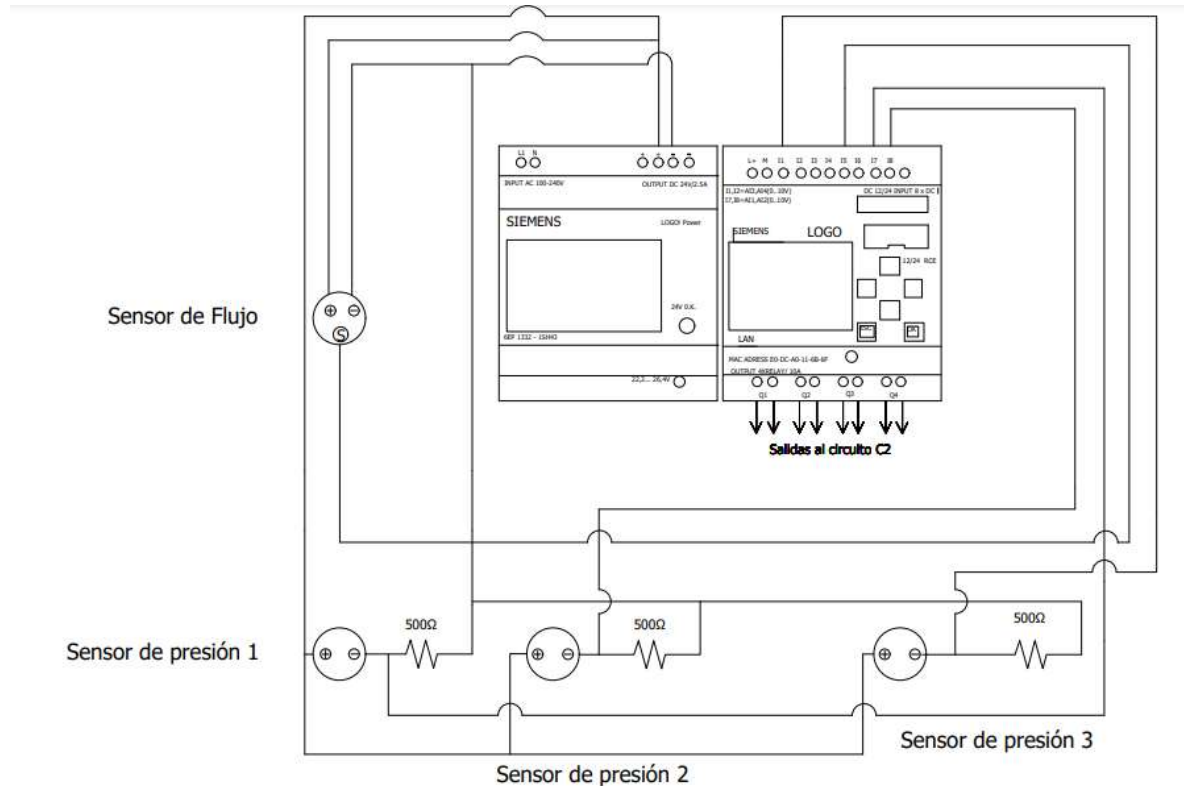
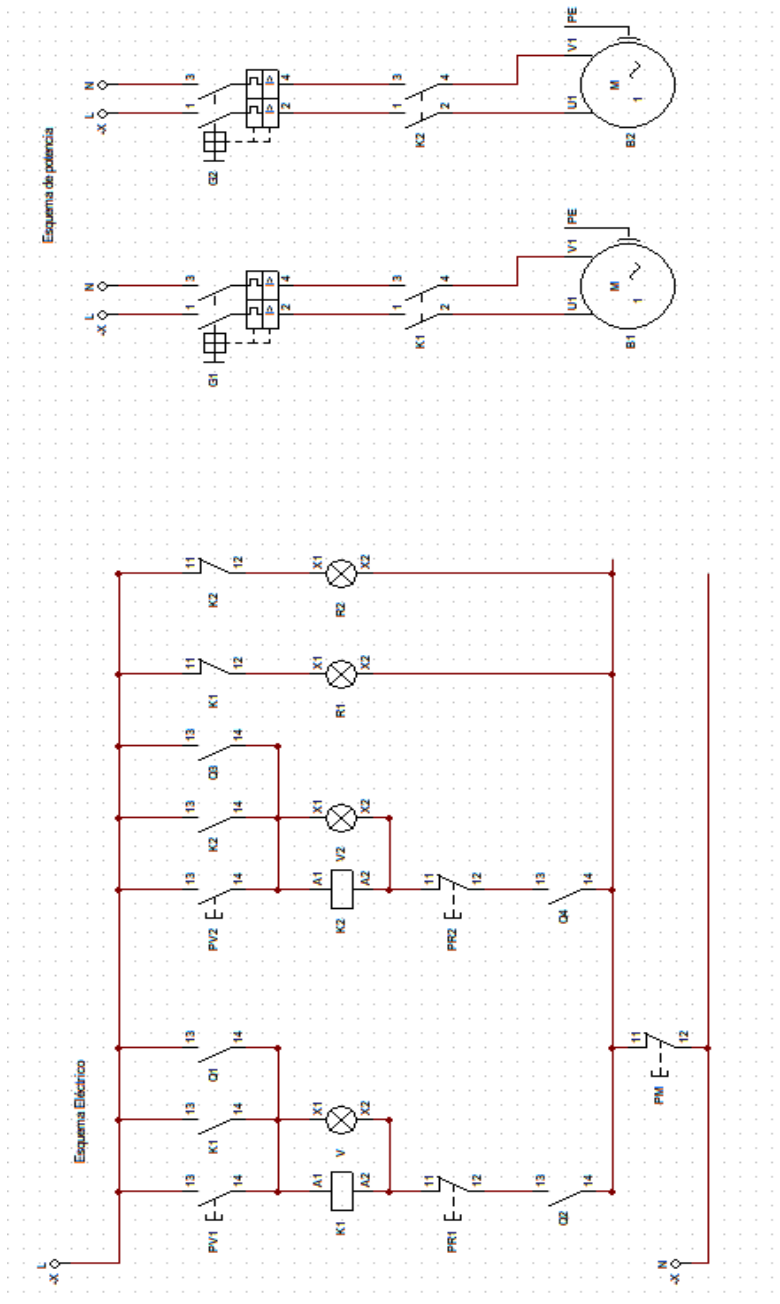



Diagrama de conexión de los sensores

# Esquema eléctrico del circuito



ANEXO	GUÍA 1 Curva característica de un sistema conectado en serie	
-------	--	--

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>
	<b>PRÁCTICA DE LABORATORIO</b> <b>LABORATORIO DE FLUIDOS Y SISTEMAS TÉRMICOS</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
A. GALLEGOS D.TOAQUIZA	DR.HECTOR LAURENCIO	J. VILLARROEL
FECHA:	FECHA:	FECHA:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA		<b>Mecánica de fluidos</b>

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Fluidos y sistemas térmicos	DURACIÓN (HORAS)
<b>01</b>	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Curva característica de un sistema conectado en serie	4

<b>1</b>	<b>OBJETIVO</b>
Conocer la curva característica que existe en un sistema de tuberías conectados en serie, utilizando bombas de torbellino y la comparación de datos experimentales con los teóricos.	

## 2.1.INTRODUCCIÓN

Si una sola bomba puede entregar el flujo requerido, pero no la altura de elevación, se puede acoplar dos bombas en serie que necesariamente deben ser iguales para no que sufra algún daño las bombas.

## 2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS}

### Equipos



Figura.V1 Módulo de la planta



Figura V.2. LOGO 12/24RCE



Figura V.3. Pantalla con entrada HDMI





**Figura V.4.** Switch ethernet de 4 puertos



**Figura V.5.** Cable de ethernet



**Figura V.6.** Instrumento de medición para corriente y voltaje



**Figura VI.7.** Regulador de Voltaje

### **2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

**EPP:** Mandil.

#### **Instrucciones de seguridad:**

- Lea y comprenda esta guía de laboratorio
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del modulo
- No corra dentro del laboratorio

- Absténgase de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

## **2.4. TRABAJO PREPARATORIO**

### **2.4.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

1. Cebiar las bombas antes de empezar a realizar la práctica de laboratorio, de esa manera se evitará el daño de las bombas. Cebiar es llenar de agua la succión de las bombas
2. Conectar el circuito de sensores y el instrumento de medición.
3. Alinear las válvulas del módulo, para establecer el circuito hidráulico de bombas en serie, para esta parte se tiene que cerrar las válvulas 1 y 4 abrir las válvulas 2 y 3.
4. Con la válvula 5 se debe regula el Flujo.
5. Se procede a tomar las lecturas de la pantalla HMI como: Flujo (LPM), Presión 1 (Kpa.), Presión 2 (Kpa.), Presión 3 (Kpa), Voltaje(V), Corriente(A)
6. Empezar con la válvula 5 completamente cerrada y progresivamente ir abriendo el caudal con el uso de la válvula, tomar 10 datos.

### **2.4.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL**

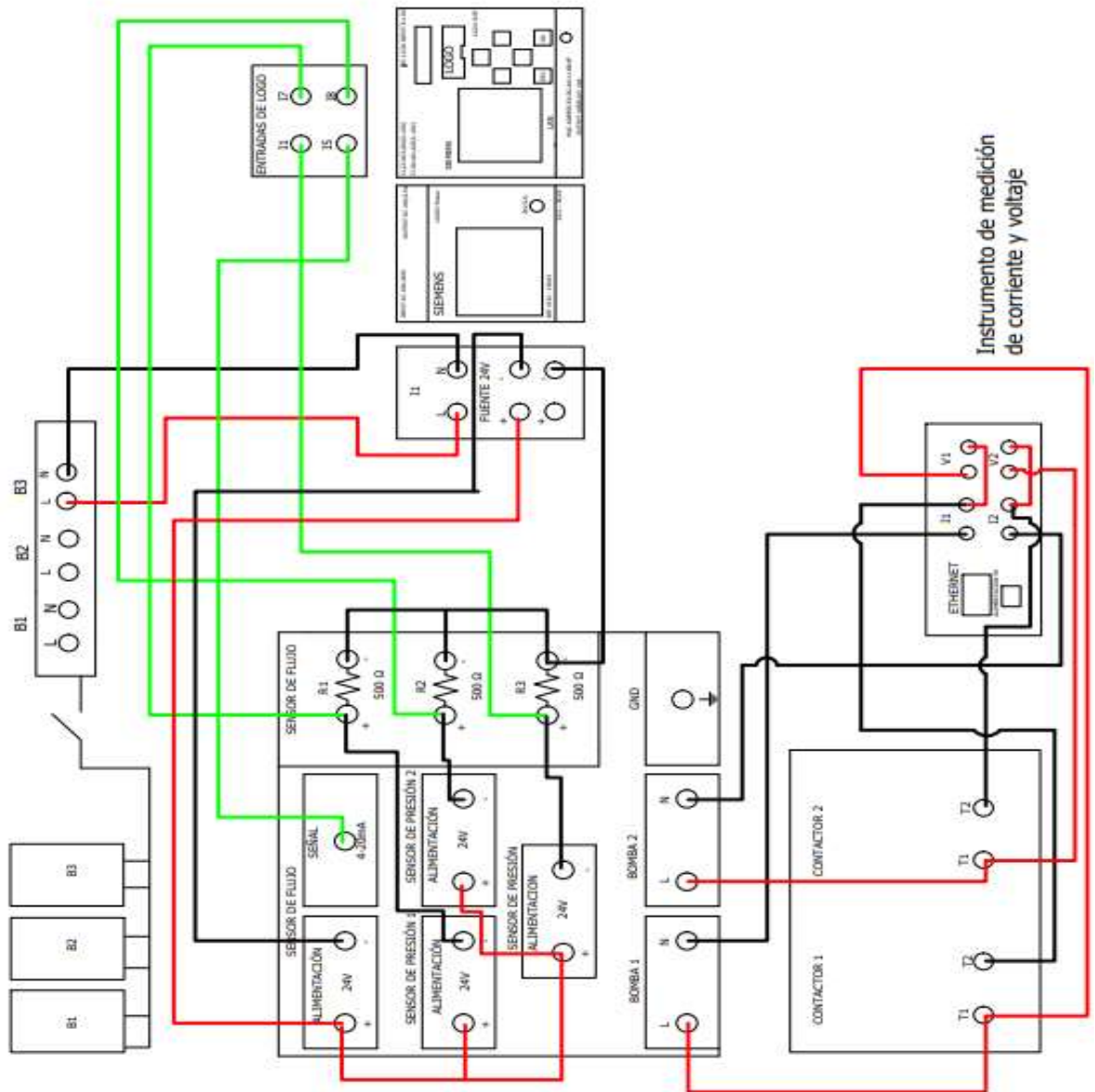
#### **Conexión del equipo**

**Paso N°1.-** Siempre que sea posible, cebiar las bombas antes de comenzar cualquier operación de esa manera se evitara el daño de las bombas.



Sacar el tapón y colocar agua

**Paso N°2.-**Conectar o verificar la conexión de los sensores de caudal, presión y el instrumento de medición de corriente y voltaje según el siguiente diagrama.



**Interruptor termomagnético (B1).** - Alimentación de las bombas

**Interruptor termomagnético (B2).** - Alimentación de pulsadores y lámparas

**Interruptor termomagnético (B3).** - Alimentación de pantalla HMI y logo

**Paso N°3.-** Conectar el módulo a 110V



**Paso N°4.-** Conectar el Switch ethernet del LOGO y la pantalla Delta HMI



**Paso N°5.-** Tener la válvula 5 cerrada antes de comenzar con las practicas



**Válvula cerrada**

**Paso N°6.-** Para empezar la práctica con las bombas en serie, en esta parte se tiene que cerrar las válvulas 1 y 4 abrir las válvulas 2 y 3. Cuando la válvula este en el mismo sentido de la tubería nos indicara que se encuentra abierta

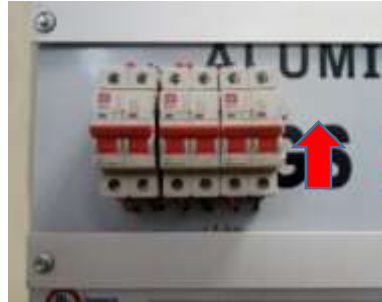
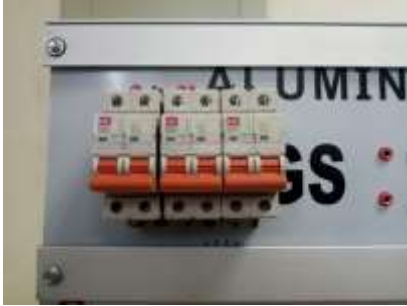
**Válvula abierta**



**Válvula cerrada**



**Paso N°7.-** Accionar el interruptor termomagnético B1, B2, B3 que está ubicado en la parte superior del módulo



**Paso N°8.-** Una vez energizado el sistema, se poseerá control desde los pulsadores, desde la pantalla delta.



Para el accionamiento de las bombas se puede accionar desde donde desee el operario

**Paso N°9.-** Accionar las bombas e ir girando la llave de paso, para que el fluido atraviese el sistema. Ir abriendo progresivamente la válvula mientras se va tomando datos



### Cálculos y formulas

**Paso N°1.-** Tomar nota de los valores de flujo (LPM), Presiones (kPa) Corriente (A), Voltaje (V), que se visualizan en la pantalla delta y colocar en la tabla de mediciones.



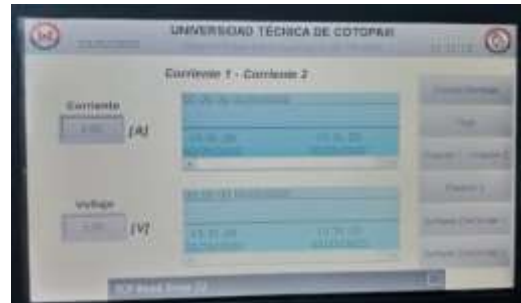
Flujo (LPM)



Presiones de entrada 1 y 2 (kPa)



Presión de salida 3



Corriente y Voltaje

Tabla de mediciones a tomar.

Nº	Caudal(LPM)	Presión de Entrada 1	Presión de Entrada 2	Presión de salida 3	Corriente (A)	Voltaje (V)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

**Paso N°2.-**Trasformar los valores de flujo (LPM) a (m<sup>3</sup>/s)

$$1 \text{ LMP} = 0.00001666 \text{ m}^3/\text{s}$$

Multiplicar el 0.00001666 por el valor de LPM de los valores tomados para convertirlos a m<sup>3</sup>/s

**Paso N°3.-** Para calcular la diferencia de presión se utiliza la siguiente fórmula, convertir los kPa en Pa para realizar los cálculos.

$$1\text{kPa} = 1000\text{Pa}$$

$$\Delta P_1 = P_{\text{salida } 3} - (P_{\text{entrada } 1})$$

$$\Delta P_2 = P_{\text{salida } 3} - (P_{\text{entrada } 2})$$

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2$$

**Paso N°4.-** Para calcular la altura de elevación se utiliza la siguiente fórmula

$$\Delta H = \frac{\Delta p}{\rho * g}$$

Donde:

$\Delta H$  = Altura de elevación (m)

$\Delta p$  = Diferencia de presión calculado en pascales (1 Pa = 1  $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$ )

$\rho$  = Densidad del agua (constante a temperatura ambiente 998  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )

$g$  = Gravedad (constante 9.8  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

**Paso N°4.-** Para calcular el rendimiento del sistema se utiliza la siguiente fórmula

$N_e$  = Potencia de entrada (W)

$$N_e = \text{Voltaje} * \text{Corriente}$$

$N_s$  = Potencia de salida (1 W = 1  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$ )

$$N_s = Q * \Delta p$$

$Q$  = Caudal en (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta p$  = Diferencia de presión (1 Pa = 1  $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$ )



**Paso N°5.-** Para calcular el rendimiento del sistema ( $\eta$ ) se utiliza la siguiente fórmula

$$\eta = \frac{Ns}{Ne}$$

$\eta$  = Rendimiento del sistema

$Ns$  = Potencia de salida ( $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$ )

$Ne$  = Potencia de entrada (W)

Para calcular el rendimiento en porcentaje ( $\eta \%$ ) del sistema se multiplica:

$$\eta \% = \eta(100)$$



<b>2</b>	<b>Colocar los cálculos realizados</b>
----------	--

### **PARTE GRÁFICA**

<b>3</b>	<b>Realizar las curvas de Altura de elevación – Caudal (<math>\Delta H - Q</math>), Voltaje – Caudal (<math>V - Q</math>), Corriente – Caudal (<math>I - Q</math>) y Rendimiento – Caudal (<math>\eta - Q</math>), en Excel y adjuntar sus graficas</b>
----------	---

### **PARTE ANÁLITICA**

<b>4</b>	<b>Redacte que sucedió con la altura de elevación en su caudal máximo y su caudal mínimo en el sistema conectado en serie y en donde se puede aplicar el sistema conectado en serie.</b>
----------	--

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

<b>5</b>	<b>Describa con sus palabras que sucedió en las curvas del sistema conectado en serie Altura de elevación – Caudal (<math>\Delta H - Q</math>), Voltaje – Caudal (<math>V - Q</math>), Corriente – Caudal (<math>I - Q</math>) y Rendimiento – Caudal (<math>\eta - Q</math>),</b>
----------	--

### **CONSULTAS**

<b>6</b>	<b>Como se realiza la escalabilidad de los sensores de 4-20mA y de 0V a 10V</b>
----------	---

### **CONCLUSIONES**

<b>7</b>	<b>Escriba por lo menos 3 conclusiones</b>
----------	--

### **ANEXOS**


<b>8</b>	<b>Especificaciones de los materiales utilizados ( Pueden ser bajados de internet)</b>
----------	--

### **BIBLIOGRAFÍA**

<b>9</b>	<b>Poner la bibliografía utilizada</b>
----------	--

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

ANEXO	GUÍA 1 Curva característica de un sistema conectado en paralelo	
-------	---	--

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>
<b>PRÁCTICA DE LABORATORIO</b> <b>LABORATORIO DE FLUIDOS Y SISTEMAS TERMICOS</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
A. GALLEGOS D.TOAQUIZA	Dr. HECTOR LAURENCIO	J. VILLARROEL
FECHA:	FECHA:	FECHA:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA		<b>Mecánica de Fluidos</b>

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Fluidos y sistemas térmicos	DURACIÓN (HORAS)
<b>02</b>	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Curva característica de un sistema conectado en paralelo	3

1	OBJETIVO
Conocer la curva característica que existe en un sistema de tuberías conectados en paralelo, utilizando bombas de torbellino y la comparación de datos experimentales con los teóricos.	

## 2.1.INTRODUCCIÓN

Las bombas que funcionen en paralelo aumentarán el caudal (Q), pero no la altura (H). Las bombas funcionan en paralelo cuando dos o más bombas están conectadas a una línea de descarga común y comparten las mismas condiciones de succión.

## EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

### Equipos:



Figura VI.1Módulo de la planta



Figura VI.2. LOGO



Figura VI.3. Pantalla HMI



**Figura VI.4.** Switch ethernet de 4 puertos



**Figura VI.5.** Cable de ethernet



**Figura VI.6.** Instrumento de medición para corriente y voltaje



**Figura VI.7.** Regulador de Voltaje

### **2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

EPP: Mandil.

Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda esta guía de laboratorio
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación del módulo

- No corra dentro del laboratorio
- Absténgase de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

## **2.4. TRABAJO PREPARATORIO**

### **2.4.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

1. Cebear las bombas antes de empezar a realizar la práctica de laboratorio, de esa manera se evitará el daño de las bombas. Cebear es llenar de agua la succión de las bombas
2. Conectar el circuito de sensores y el instrumento de medición.
3. Alinear las válvulas del módulo, para establecer el circuito hidráulico de bombas en serie, para esta parte se tiene que cerrar las válvulas 1 y 4 abrir las válvulas 2 y 3.
4. Con la válvula 5 se debe regula el Flujo.
5. Se procede a tomar las lecturas de la pantalla HMI como: Flujo (LPM), Presión 1 (Kpa,), Presión 2 (Kpa,), Presión 3 (Kpa), Voltaje(V), Corriente(A)
6. Empezar con la válvula 5 completamente cerrada y progresivamente ir abriendo el caudal con el uso de la válvula, tomar 10 datos.

### **2.4.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL**

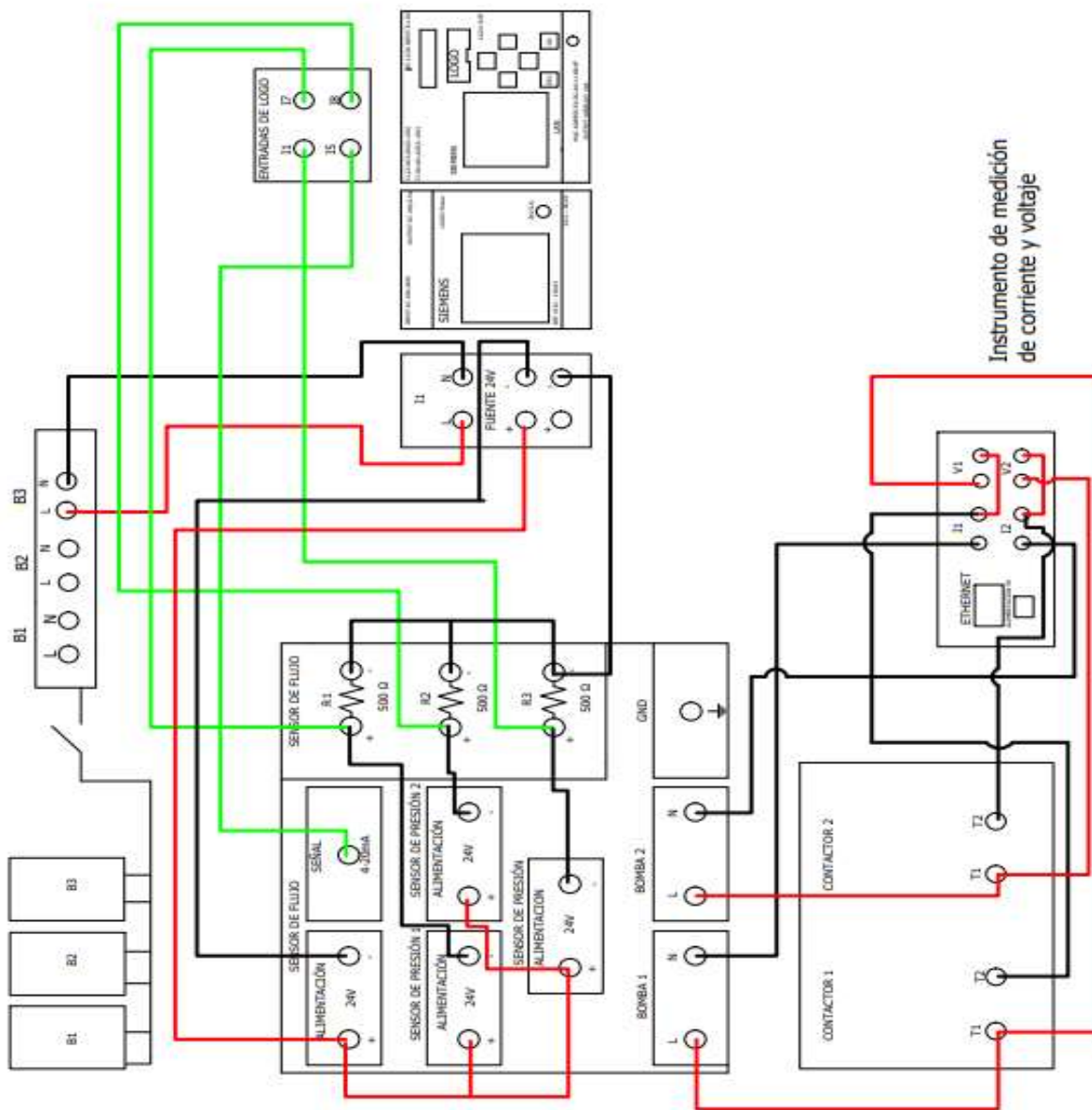
#### **Conexión del equipo**

**Paso N°1.-** Siempre que sea posible, cebear las bombas antes de comenzar cualquier operación de esa manera se evitara el daño de las bombas



Sacar este tapón y colocar agua

**Paso N°2.-**Conectar o verificar la conexión de los sensores de caudal, presión y el instrumento de medición de corriente y voltaje según el siguiente diagrama.



**Interrupor termomagnético (B1).** - Alimentación de las bombas

**Interrupor termomagnético (B2).** - Alimentación de pulsadores y lámparas

**Interrupor termomagnético (B3).** - Alimentación de pantalla HMI y logo



**Paso N°3.-** Conectar el módulo a 110V



**Paso N°4.-** Conectar el Switch ethernet del LOGO y la pantalla Delta HMI



**Paso N°8.-** Tener la válvula 5 cerrada antes de comenzar con las practicas



**Válvula cerrada**

**Paso N°9.-** Para empezar la practica con las bombas en paralelo, en esta parte se tiene que cerrar la válvula 3 y abrir las válvulas 1, 2 y 4. Cuando la válvula este en el mismo sentido de la tubería nos indicara que se encuentra abierta

**Válvula abierta**



**Válvula cerrada**



**Paso N°10.-** Accionar el interruptor termomagnético que está ubicado en la parte superior del módulo



**Paso N°11.-** Una vez energizado el sistema, se poseerá control desde los pulsadores, o a su vez desde pantalla delta o de igual manera desde nuestro software



Para el accionamiento de las bombas se puede accionar desde donde desee el operario

**Paso N°8.-** Accionar las bombas e ir girando la llave de paso, para que el fluido atraviese el sistema. Ir abriendo progresivamente la válvula mientras se va tomando datos



### Cálculos y formulas

**Paso N°1.-** Tomar nota de los valores de flujo (LPM), Presiones (kPa) Corriente (A), Voltaje (V), que se visualizan en la pantalla delta.



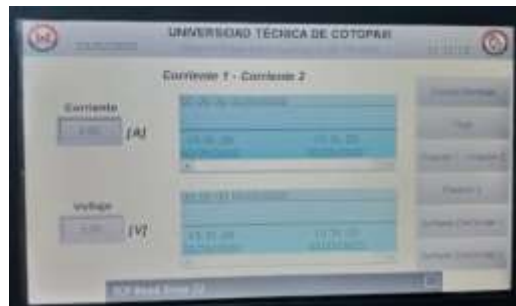
Flujo (LPM)



Presiones de entrada 1 y 2 (kPa)



Presión de salida 3



Corriente y Voltaje

N°	Caudal(LPM)	Presión de Entrada 1	Presión de Entrada 2	Presión de salida 3	Corriente (A)	Voltaje (V)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

**Paso N°2.-**Trasformar los valores de flujo (LPM) a (m<sup>3</sup>/s)

$$1 \text{ LMP} = 0.00001666 \text{ m}^3/\text{s}$$

Multiplicar el 0.00001666 por el valor de LPM de los valores tomados para convertirlos a m<sup>3</sup>/s

**Paso N°3.-** Para calcular la diferencia de presión se utiliza la siguiente fórmula, convertir los kPa en Pa para realizar los cálculos.

$$1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_1 = P_{\text{salida } 3} - (P_{\text{entrada } 1})$$

$$\Delta P_2 = P_{\text{salida } 3} - (P_{\text{entrada } 2})$$

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2$$

**Paso N°4.-** Para calcular la altura de elevación se utiliza la siguiente fórmula

$$\Delta H = \frac{\Delta p}{\rho * g}$$

Donde:

$\Delta H$  = Altura de elevación (m)

$\Delta P$  = Diferencia de presión calculado en pascales (1 Pa = 1  $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$ )

$\rho$  = Densidad del agua (constante a temperatura ambiente 998  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )

$g$  = Gravedad (constante 9.8  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

**Paso N°4.-** Para calcular el rendimiento del sistema se utiliza la siguiente fórmula

$N_e$  = Potencia de entrada (W)

$$N_e = \text{Voltaje} * \text{Corriente}$$

$N_s$  = Potencia de salida (1 W = 1  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$ )

$$N_s = Q * \Delta P$$

$Q$  = Caudal en (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta p$  = Diferencia de presión (1 Pa = 1  $\frac{kg}{m \cdot s^2}$ )

**Paso N°5.-** Para calcular el rendimiento del sistema ( $\eta$ ) se utiliza la siguiente fórmula

$$\eta = \frac{Ns}{Ne}$$

$\eta$  = Rendimiento del sistema

$Ns$  = Potencia de salida (1 W = 1  $\frac{kg \cdot m^2}{s^3}$ )

$Ne$  = Potencia de entrada (W)

Para calcular el rendimiento en porcentaje ( $\eta$  %) del sistema se multiplica:

$$\eta \% = \eta(100)$$



2	Colocar los cálculos obtenidos
---	--------------------------------

### PARTE GRÁFICA

3	Realizar las curvas de Altura de elevación – Caudal ( $\Delta H - Q$ ), Voltaje – Caudal ( $V - Q$ ), Corriente – Caudal ( $I - Q$ ) y Rendimiento – Caudal ( $\eta - Q$ ), en Excel y adjuntar sus graficas
---	--

### PARTE ANÁLITICA

4	Redacte que sucedió con la altura de elevación en su caudal máximo y su caudal mínimo en el sistema conectado en paralelo y en donde se puede aplicar el sistema conectado en paralelo.
---	---

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

5	Describa con sus palabras que sucedió en las curvas del sistema conectado en serie Altura de elevación – Caudal ( $\Delta H - Q$ ), Voltaje – Caudal ( $V - Q$ ), Corriente – Caudal ( $I - Q$ ) y Rendimiento – Caudal ( $\eta - Q$ ),
---	---

### CONSULTAS

6	Como se realiza la escalabilidad de los sensores de 4-20mA y de 0V a 10V
---	--

### CONCLUSIONES

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

### ANEXOS

8	Especificaciones de los materiales utilizados ( Pueden ser bajados de internet)
---	---

### BIBLIOGRAFÍA

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

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



