



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

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN MEDIANTE EL  
MÉTODO SCADA PARA DETERMINAR PÉRDIDAS DE CARGA  
LINEALES EN TUBERÍAS DE ACEITE.**

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingenieros  
Electromecánicos.

**Autores:**

Benitez Zamora Antonio Xavier

Chiguano Guacho Bryan Alexander

**Tutor Académico:**

Dr. C. Laurencio Alfonso Héctor Luis

**LATACUNGA - ECUADOR**

**2022**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Benitez Zamora Antonio Xavier y Chiguano Guacho Bryan Alexander declaramos ser autores del presente proyecto de investigación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN MEDIANTE EL MÉTODO SCADA PARA DETERMINAR PÉRDIDAS DE CARGA LINEALES EN TUBERÍAS DE ACEITE”**, siendo el Dr. C. Laurencio Alfonso Héctor Luis 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.

---

Benitez Zamora Antonio Xavier

C.I. 172159643-3

---

Chiguano Guacho Bryan Alexander

C.I. 172609345-1



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN MEDIANTE EL MÉTODO SCADA PARA DETERMINAR PÉRDIDAS DE CARGA LINEALES EN TUBERÍAS DE ACEITE”**, de Benitez Zamora Antonio Xavier y Chiguano Guacho Bryan Alexander 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

---

Dr. C. Laurencio Alfonso Héctor Luis

C.C. 175836725-2

Tutor



## 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 de la Carrera de Ingeniería Electromecánica; por cuanto, los postulantes: Benitez Zamora Antonio Xavier y Chiguano Guacho Bryan Alexander, el título de Proyecto de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN MEDIANTE EL MÉTODO SCADA PARA DETERMINAR PÉRDIDAS DE CARGA LINEALES EN TUBERÍAS DE ACEITE”** 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)

Ing. MSc. Jimmy Xavier Toaza Iza

CC: 1717621062

Lector 2

Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo

Oñate

CC: 0503257404

Lector 3

Ing. Enrique Torres Tamayo; Ph.D.

CC: 1757121940



Ingeniería  
Electromecánica

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Marzo 2022

Ing. Cristian Gallardo; MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA

Presente. -

En calidad de Técnico laboratorista de la Universidad Técnica de Cotopaxi, confirmo la realización del proyecto como material didáctico “Implementación de un sistema de medición mediante el método SCADA para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite”. Implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de Ingeniería Electromecánica; Antonio Xavier Benitez Zamora con C.I. 172159643-3 y Bryan Alexander Chiguano Guacho con C.I. 172609345-1.

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



Ing. Jorge Villarroel  
C.C. 0502943491



## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por la maravillosa familia que me ha regalado, a mis padres Cesar Benitez y María de Lourdes Zamora quienes han dedicado todos sus esfuerzos, para poder culminar con este logro en mi vida.

A mis hermanos Alejandro, Estefania y Ruth por todo su apoyo brindado y ser un pilar fundamental durante mi proceso personal y académico.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y formar parte de esta prestigiosa institución, asimismo compartir una educación de calidad para ser un profesional.

A mi tutor Dr. C. Héctor Laurencio por ser un excelente docente y guiarme durante el desarrollo del proyecto de titulación, al Ing. Jorge Villarroel al ser un gran docente y brindarme el apoyo para poder culminar esta etapa universitaria.

A todas las personas nombradas anteriormente agradezco por ser mi fortaleza en esta etapa de mi vida.

Antonio Benitez



## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, le doy gracias a Dios por regalarme la vida y la bendición de poder alcanzar este logro en mi formación profesional, gracias a la universidad por convertirme en un profesional de calidad y agradezco a cada uno de los docentes que compartieron sus conocimiento y vivencias durante todos estos años de estudio.

Finalmente doy las gracias a mi familia y en especial a mis padres David Chiguano y Elsa Guacho que ellos siempre han sido mi apoyo fundamental en toda mi carrera universitaria.

Bryan Chiguano



## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de titulación se lo dedico a mis padres Cesar Benitez y María de Lourdes Zamora quienes me enseñaron que a pesar de las circunstancias y los momentos difíciles nunca debo darme por vencido, que mediante esfuerzo y dedicación lograremos salir adelante, siendo ellos el pilar fundamental y ejemplos a seguir dentro de mi vida.

A mis hermanos Alejandro, Estefania y Ruth quienes siempre me han apoyado sin esperar nada a cambio, para poder cumplir con mis metas.

También a una persona de gran importancia en mi vida Evelyn, quien ha estado dándome motivación en mis peores momentos y siempre recordándome mis fortalezas.

A tanta gente especial que forma parte de mi vida, aunque algunas de ellas ya no se encuentren a mi lado sé que desde el cielo estarán felices y dándome bendiciones.

Todas las personas nombradas anteriormente les dedico esta tesis que representa todo mi esfuerzo y deseos de seguir siempre superándome.

Antonio Benitez





## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres David Chiguano y Elsa Guacho que han sido mi pilar fundamental para salir adelante y mi ejemplo a seguir, a mis hermanos Erick y Anderson que siempre me han brindado ese apoyo incondicional en todo momento, a mi esposa Viviana Cabrera por haber llegado a mi vida y ser mi motivación para crecer día tras día, a mis tíos Jaime y Diana que me han guiado con sus consejos siempre que los necesitaba y a mis abuelitos que han sido como mis segundos padres y me han brindado siempre su respaldo absoluto.

Bryan Chiguano



## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	viii
ÍNDICE GENERAL .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL: .....	1
2. INTRODUCCIÓN:.....	2
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: .....	2
2.2 EL PROBLEMA: .....	3
2.2.1 Planteamiento del problema: .....	3
2.2.2 Formulación del problema:.....	4
2.3 BENEFICIARIOS: .....	4
2.4 JUSTIFICACIÓN:.....	4
2.5 HIPÓTESIS: .....	5
2.6 OBJETIVOS:.....	5
2.6.1 General: .....	5
2.6.2 Específicos:.....	5
2.7 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	6
3.1 ANTECEDENTES .....	6
3.2 MARCO REFERENCIAL / ESTADO DEL ARTE .....	8
3.2.1 Automatización y control de procesos.....	8
3.2.2 Automatización y control en procesos de fluidos.....	10
3.2.2.1 Elementos de control .....	12
a. Definición .....	12
b. Clasificación.....	13
3.2.2.2 Sensores .....	14
a. Definición .....	14



b. Clasificación .....	14
3.2.2.3 Actuadores .....	16
a. Definición .....	16
b. Clasificación .....	16
3.2.3 Equipos de experimentación con control automatizado .....	18
3.2.3.1 Sistema SCADA .....	18
a. Definición .....	18
b. Prestaciones .....	18
c. Componentes básicos.....	19
3.2.3.2 Software Ignition .....	19
3.2.3.3 Comunicación OPC-UA .....	20
3.2.4 Mecánica de fluidos.....	20
3.2.4.1 Regímenes de flujo .....	20
3.2.4.2 Mecanismos de bombeo .....	21
3.2.4.3 Sistemas de distribución hidráulica .....	22
3.2.4.4 Análisis de pérdidas de presión en sistemas hidráulicos .....	23
3.2.5 Reología.....	25
3.2.5.1 Clasificación reológica de los fluidos.....	26
3.2.5.2 Aceite lubricante SAE 20W50 .....	27
3.2.5.3 Curvas de flujo.....	27
3.2.5.4 Factores que influyen sobre el comportamiento reológico.....	28
3.2.5.5 Análisis reológico de tubos capilares .....	29
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
4.1 Introducción.....	30
4.2 Matriz de operacionalización de variables .....	30
4.3 Operacionalización de las variables .....	31
4.4 Método de ponderación .....	31
4.5 Metodología de cálculo .....	32
4.5.1 Flujo laminar.....	32
4.5.2 Flujo turbulento .....	33
4.5.3 Porcentaje de error.....	33
4.5.4 Datos del sistema experimental de fluidos .....	33
4.6 Método volumétrico .....	34
4.7 Medición.....	34
4.8 Método sistemático.....	34
4.8.1 Acondicionamiento de sensores .....	34
4.8.2 Sistema eléctrico.....	36



4.8.3	Descripción mecánica.....	37
4.8.4	Diseño del sistema SCADA .....	37
4.9	ANOVA de dos vías .....	37
4.10	Método experimental.....	38
4.10.1	Módulo didáctico para la conexión de entradas y salidas del PLC .....	38
4.10.2	Obtención de datos tubería de 1" .....	38
4.10.3	Obtención de datos tubería de 3/4" .....	39
4.10.4	Obtención de datos tubería de 1/2" .....	40
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	41
5.1	Selección del controlador .....	41
5.2	Selección de sensor de flujo .....	42
5.3	Selección de sensores diferenciales .....	42
5.4	Selección de variador de velocidad .....	43
5.5	Diseño eléctrico .....	44
5.6	Adquisición de datos .....	45
5.7	Sistema de medición.....	45
5.7.1	Dirección IP.....	46
5.7.2	Aplicación.....	46
5.7.3	Inicio.....	46
5.7.4	Visualización de datos .....	47
5.7.5	Panel de resultados .....	47
5.7.5	Registro de datos .....	48
5.8	Dimensiones del sistema experimental de fluidos.....	48
5.9	Resultados experimentales .....	49
5.9.1	Tramo 1.....	49
5.9.2	Tramo 2.....	49
5.9.3	Tramo 3.....	50
5.9.4	Número de Reynolds y factor de fricción.....	51
5.9.5	Determinación del Comportamiento Reológico del aceite SAE 20W50 .....	51
5.9.6	Validación de datos .....	52
5.9.6.1	Sensor de flujo .....	52
5.9.6.2	Sensores diferenciales.....	53
5.10	Comparación de mediciones.....	54
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO .....	54
6.1	PRESUPUESTO.....	54
6.2	ANÁLISIS DE IMPACTO.....	57
6.2.1	Impacto económico.....	57



6.2.2	Impacto ambiental .....	57
6.2.3	Impacto tecnológico .....	58
7.	CONCLUSIONES DEL PROYECTO .....	59
7.1	CONCLUSIONES .....	59
7.2	RECOMENDACIONES .....	59
8.	BIBLIOGRAFÍAS .....	61
9.	ANEXOS .....	65
9.1	Anexo I (Matriz de ponderación cualitativa).....	66
9.2	Anexo II (Conexión módulo didáctico para entradas y salidas analógicas PLC) .....	67
9.3	Anexo III (Planos eléctricos de la máquina) .....	69
9.4	Anexo IV (Programación TIA Portal) .....	70
9.5	Anexo V (Planos en 3D de la máquina) .....	84
9.6	Anexo VI (Resultados experimentales) .....	85
9.7	Anexo VII (Resultados experimentales manómetros).....	87
9.8	Anexo VIII (Implementación del sistema de medición) .....	88
9.9	Anexo IX (Socialización de manuales a estudiantes y funcionamiento del sistema experimental de fluidos) .....	91
	PRÁCTICAS DE LABORATORIO .....	93
	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	94



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Beneficiarios directos del presente proyecto. ....	4
<b>Tabla 2.</b> Beneficiarios indirectos del presente proyecto. ....	4
<b>Tabla 3.</b> Sistemas de tareas. ....	6
<b>Tabla 4.</b> Variable independiente. ....	31
<b>Tabla 5.</b> Variable dependiente. ....	31
<b>Tabla 6.</b> Características de la bomba. ....	31
<b>Tabla 7.</b> Características del motor. ....	31
<b>Tabla 8.</b> Características de las tuberías y aceite. ....	34
<b>Tabla 9.</b> Variables de sensores. ....	35
<b>Tabla 10.</b> Valores de escalamiento. ....	35
<b>Tabla 11.</b> Recopilación y tratamiento de datos. ....	38
<b>Tabla 12.</b> Selección de controlador. ....	41
<b>Tabla 13.</b> Características PLC S7-1200. ....	41
<b>Tabla 14.</b> Características módulo analógico. ....	42
<b>Tabla 15.</b> Selección del sensor de flujo. ....	42
<b>Tabla 16.</b> Características del sensor de flujo. ....	42
<b>Tabla 17.</b> Selección de sensores de presión. ....	43
<b>Tabla 18.</b> Características sensores de presión. ....	43
<b>Tabla 19.</b> Selección del variador de velocidad. ....	43
<b>Tabla 20.</b> Características del variador de velocidad. ....	44
<b>Tabla 21.</b> Recolección de datos mediante método volumétrico. ....	53
<b>Tabla 22.</b> Porcentaje de error mediante el método volumétrico. ....	53
<b>Tabla 23.</b> Cálculo de error manómetros. ....	54
<b>Tabla 24.</b> Porcentaje de error de datos comparados. ....	54
<b>Tabla 25.-</b> Presupuesto de los elementos del tablero de mando. ....	55
<b>Tabla 26.-</b> Presupuesto de los elementos del sistema de medición. ....	55
<b>Tabla 27.-</b> Presupuesto de los elementos del sistema de supervisión y adquisición de datos. ....	56
<b>Tabla 28.-</b> Presupuesto de los elementos de estructura y detalles. ....	56
<b>Tabla 29.-</b> Presupuesto total. ....	56
<b>Tabla 30.-</b> Costos de prácticas de acuerdo a 5 años. ....	57
<b>Tabla 31.-</b> Flujo de caja de las prácticas en 5 años. ....	57
<b>Tabla 32.-</b> Cálculo de del TIR y VAN. ....	57
<b>Tabla 33.-</b> Identificación de los impactos ambientales asociados. ....	58
<b>Tabla 34.-</b> Estudio del impacto del ruido de la máquina. ....	58



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de Ishikawa del módulo didáctico para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías.....	3
<b>Figura 2.</b> Tipos de automatización industrial [10].....	9
<b>Figura 3.</b> Automatización y control de procesos [11] [12] [13] [14]. ....	9
<b>Figura 4.</b> Sistema de control de lazo abierto. ....	10
<b>Figura 5.</b> Automatización y control en proceso de fluidos [17]. ....	11
<b>Figura 6.</b> Sistema de control de lazo abierto en fluidos. ....	12
<b>Figura 7.</b> Clasificación de los elementos de control [19]. ....	13
<b>Figura 8.</b> Clasificación de los elementos de control [21]. ....	14
<b>Figura 9.</b> Tipos de sensores. ....	15
<b>Figura 10.</b> Tipos de sensores de presión.....	15
<b>Figura 11.</b> Tipos de sensores de flujo.....	16
<b>Figura 12.</b> Clasificación de los actuadores [24] [25]. ....	16
<b>Figura 13.</b> Clasificación de los actuadores eléctricos [26] [27] [28]. ....	17
<b>Figura 14.</b> Clasificación de los variadores de frecuencia [28]. ....	17
<b>Figura 15.</b> Pirámide de la automatización [30]. ....	18
<b>Figura 16.</b> Componentes básicos de un sistema SCADA [31]. ....	19
<b>Figura 17.</b> Interfaz de la plataforma de Ignition.....	20
<b>Figura 18.</b> Regímenes de flujo en tuberías circulares.....	21
<b>Figura 19.</b> Tipos de bombas hidráulicas.....	22
<b>Figura 20.</b> Instalaciones hidráulicas. ....	23
<b>Figura 21.</b> Curvas de flujo típica: 1.-Newtonianos; 2.- Pseudoplásticos; 3.- Dilatantes; 4.- Plástico ideal; 5.- Plástico real.....	27
<b>Figura 22.</b> Capilaridad de los fluidos. ....	29
<b>Figura 23.</b> Proceso de adquisición de datos del sistema de fluidos experimental. ....	30
<b>Figura 24.</b> Configuración de dispositivos.....	35
<b>Figura 25.</b> Configuración de canales analógicos.....	35
<b>Figura 26.</b> Entorno de gestión. ....	37
<b>Figura 27.</b> Diagrama P&ID de tramo 1. ....	38
<b>Figura 28.</b> Diagrama P&ID de tramo 2. ....	39
<b>Figura 29.</b> Diagrama P&ID de tramo 3. ....	40
<b>Figura 30.</b> Tablero eléctrico del sistema de medición para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite.....	44
<b>Figura 31.</b> Arquitectura de red del sistema de medición para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite. ....	45
<b>Figura 32.</b> Dirección IP del servidor web local.....	46



<b>Figura 33.</b> Aplicación. ....	46
<b>Figura 34.</b> Ventana de inicio. ....	46
<b>Figura 35.</b> Ventana de visualización de datos. ....	47
<b>Figura 36.</b> Panel de resultados. ....	47
<b>Figura 37.</b> Panel de resultados. ....	48
<b>Figura 38.</b> Sistema experimental de fluidos. ....	48
<b>Figura 39.</b> Relación entre la pérdida de presión en el tramo 1 y el caudal. ....	49
<b>Figura 40.</b> Relación entre la pérdida de presión en el tramo 2 y el caudal. ....	49
<b>Figura 41.</b> Relación entre la pérdida de presión en el tramo 3 y el caudal. ....	50
<b>Figura 42.</b> Relación entre la pérdida de presión y diámetro de la tubería. ....	50
<b>Figura 43.</b> Relación entre el factor de fricción en el tramo 1,2,3 y el número de Reynolds. ..	51
<b>Figura 44.</b> Relación entre el esfuerzo de corte en el tramo 1,2,3 y gradiente de velocidad. ...	52
<b>Figura 45.</b> Obtención de datos método volumétrico. ....	52
<b>Figura 46.</b> Obtención del impacto sonoro mediante un sonómetro. ....	58





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

**TEMA:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN MEDIANTE EL MÉTODO SCADA PARA DETERMINAR PÉRDIDAS DE CARGA LINEALES EN TUBERÍAS DE ACEITE”.

**Autores:** Benitez Zamora Antonio Xavier  
Chiguano Guacho Bryan Alexander

**RESUMEN**

La inexactitud en las mediciones de presión y caudal en el sistema experimental en flujo de aceite ha limitado el análisis y la determinación del factor de fricción en tuberías, debido al manejo de dispositivos de medición no acordes con el fluido que circula por el sistema. En tal sentido, se ha implementado tres sensores de presión diferencial con un rango de medición de 0 a 40 Psi y un grado de precisión del  $\pm 0,5$  %, un sensor de flujo con un rango de 0,15 a 1,5 m<sup>3</sup>/h y un error del  $\pm 1$  % estos fueron dimensionados para el fluido del sistema. El presente trabajo ha planteado como objetivo implementar un sistema de medición a través del método SCADA, que determina pérdidas de carga lineales en tres diferentes tramos de tuberías de acero galvanizado con diámetros de 1", 3/4" y 1/2". El diseño del sistema de medición se realizó mediante el software Ignition, permitiendo la interfaz con el PLC S7-1200 a través de la comunicación OPC UA. Adicionalmente, la comparación de los resultados experimentales y teóricos de las pérdidas de carga lineales en nueve datos tomados para el tramo 1 (tubería de 1") existió un error promedio del 0,22 %, en el tramo 2 (tubería de 3/4") un error del 1,32 % y en el tramo 3 (tubería de 1/2") un error del 5,67 % validando los resultados experimentales. El costo estimado del sistema de medición es de \$ 3663,5.

**Palabras claves:** Aceite, caudal, medición, presión, validación.



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

**TOPIC:** “A MEASUREMENT SYSTEM IMPLEMENTATION, THROUGH THE SCADA METHOD TO DETERMINE LINEAR CHARGES LOSSES INTO OIL PIPES”.

**Autores:** Benitez Zamora Antonio Xavier  
Chiguano Guacho Bryan Alexander

**ABSTRACT**

The inaccuracy in pressure and flow measurements in the experimental system in oil flow has limited the analysis and determination of the friction factor in pipes, due to the use of measuring devices that are not in accordance with the fluid flowing through the system. In this sense, three differential pressure sensors have been implemented with a measurement range from 0 to 40 Psi and a degree of accuracy of  $\pm 0.5$  %, a flow sensor with a range from 0.15 to 1.5 m<sup>3</sup>/h and an error of  $\pm 1$  %, these were dimensioned for the fluid of the system. The objective of this work was to implement a measurement system through the SCADA method, which determines linear head losses in three different sections of galvanized steel pipes with diameters of 1", 3/4" and 1/2". The design of the measurement system was carried out using Ignition software, allowing the interface with the PLC S7-1200 through OPC UA communication. Additionally, the comparison of the experimental and theoretical results of the linear head losses in nine data taken for section 1 (1" pipe) showed an average error of 0.22 %, in section 2 (3/4" pipe) an error of 1.32 % and in section 3 (1/2" pipe) an error of 5.67 %, validating the experimental results. The estimated cost of the measurement system is \$ 3663.5.

**Keywords:** Oil, flow, measurement, pressure, validation.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

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

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de titulación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN MEDIANTE EL MÉTODO SCADA PARA DETERMINAR PÉRDIDAS DE CARGA LINEALES EN TUBERÍAS DE ACEITE”**, presentado por: **Benitez Zamora Antonio Xavier y Chiguano Guacho Bryan Alexander**, estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería en Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, 15 marzo del 2022

Atentamente,



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes



CENTRO  
DE IDIOMAS

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 0502666514**

## **1. INFORMACIÓN GENERAL:**

### **Título:**

Implementación de un sistema de medición mediante el método SCADA para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite.

**Fecha de inicio:** Octubre 2021.

**Fecha de finalización:** Marzo 2022.

### **Lugar de ejecución:**

Laboratorio de Fluidos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

### **Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Electromecánica.

**Proyecto de investigación vinculado:** No aplica.

### **Equipo de trabajo:**

#### **Tutor de Titulación**

Nombre: Dr. C. Laurencio Alfonso Héctor Luis

Cédula de identidad: 175836725-2

Correo electrónico: hector.laurencio@utc.edu.ec

#### **Colaborador**

Nombre: Ing. MSc. Byron Paúl Corrales Bastidas

Cédula de identidad: 050234776-8

Correo electrónico: byron.corrales@utc.edu.ec

#### **Estudiante 1**

Nombre: Benitez Zamora Antonio Xavier

Cédula de Ciudadanía: 172159643-3

Correo electrónico: antonio.benitez6433@utc.edu.ec

Dirección: La Argelia Baja, Quito, Pichincha

## **Estudiante 2**

Nombre: Chiguano Guacho Bryan Alexander

Cédula de Ciudadanía: 172609345-1

Correo electrónico: bryan.chiguano3451@utc.edu.ec

Dirección: Guamaní, Quito, Pichincha

### **Área de Conocimiento:**

El área del conocimiento según la CINE-UNESCO se encuentra:

Área: (07) Ingeniería, industria y construcción.

Subárea: (071) Ingeniería y profesiones afines.

Subárea específica del conocimiento: (0714) Electrónica y automatización.

**Línea de investigación:** Procesos industriales.

La presente línea de investigación se enfocará en fomentar el desarrollo tecnológico y procesos para perfeccionar el desempeño productivo y transformar materias primas en productos de alto valor agregado, impulsando la industria limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. De igual forma, diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, para promover el desarrollo socio económico del país y cambios en la matriz productiva de la zona.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

## **2. INTRODUCCIÓN:**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA:**

El motivo para desarrollar la implementación de un sistema de medición para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite SAE 20W50, perteneciente al laboratorio de Fluidos, es elaborar un sistema SCADA a través del cual se busca la adquisición y visualización de las variables de presión y caudal, con el fin de fortalecer la toma de datos en ciertos niveles de velocidad y diferentes diámetros de tubería.

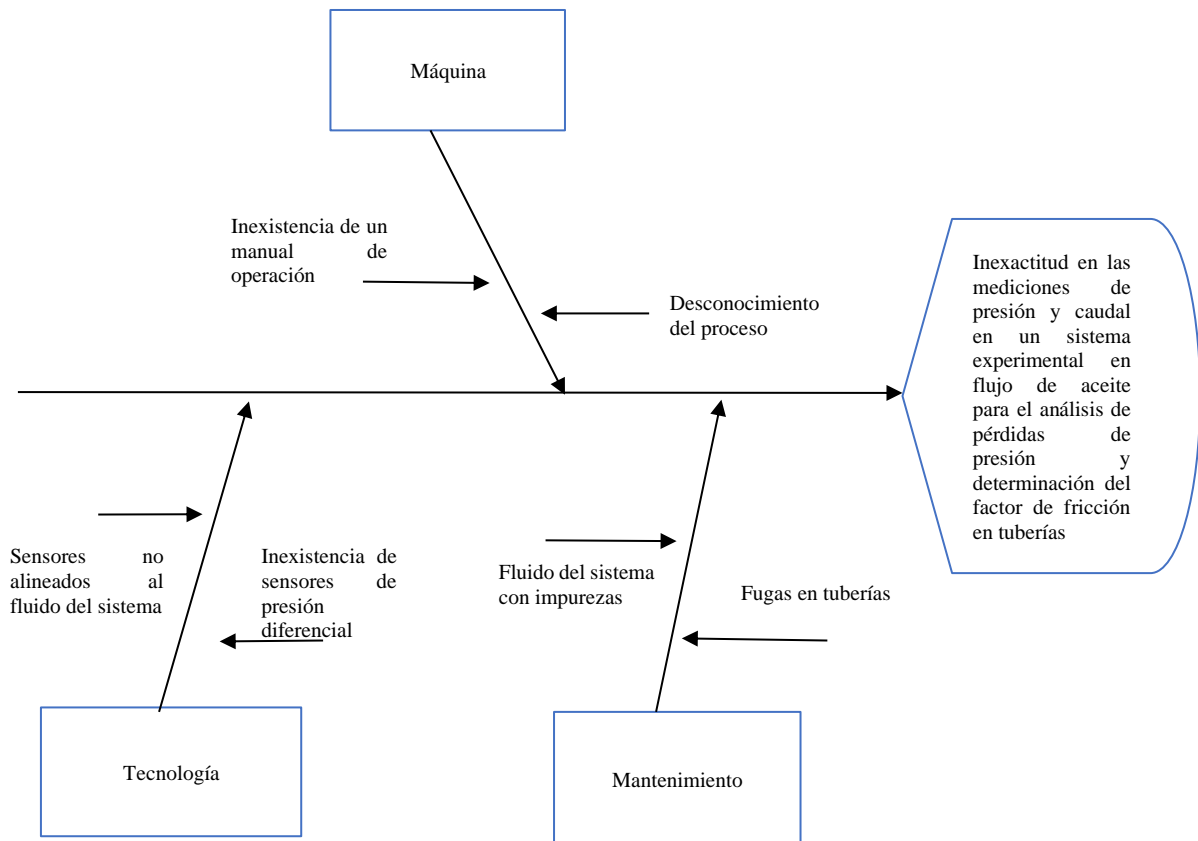
En la actualidad el módulo didáctico no posee un sistema de medición que permita la correcta toma de datos, es por ello que se propone la implementación de un PLC S7-1200, tres sensores de presión diferencial, un sensor de flujo y un variador de velocidad; con el propósito de automatizar los datos generados de los mismos. Por medio de este trabajo se busca obtener un sistema experimental de fluidos, que permita la evaluación de datos teóricos y experimentales.

## 2.2 EL PROBLEMA:

Los módulos didácticos presentan generalmente la necesidad de tener sistemas de medición a través de equipos automatizados, sin embargo, el módulo de pérdidas de cargas lineales del laboratorio de fluidos no dispone de estos elementos ocasionando errores en la toma de datos.

### 2.2.1 Planteamiento del problema:

El siguiente diagrama Ishikawa de la figura 1, permite determinar las principales carencias en la adquisición de datos del módulo didáctico que determina pérdidas de carga lineales en tuberías.



**Figura 1.** Diagrama de Ishikawa del módulo didáctico para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías.

En base al diagrama de la Figura 1; se puede detallar las principales causas y subcausas:

- Referente a la máquina, la inexistencia de un manual de operación y el desconocimiento del proceso causa errores al momento de la toma de datos de las variables de presión y caudal ya que no se sabe cómo trabaja la máquina y para qué sirve.
- En cuanto al mantenimiento, se presentan fugas en las tuberías debido a un inadecuado proceso de sellado y la presencia de impurezas en el fluido.
- Con relación a la tecnología perteneciente al módulo didáctico para determinar pérdidas de carga en tuberías, cuenta con equipos de medición no acordes para el fluido del sistema provocando daño en los mismos y además la inexistencia de sensores de presión diferencial que determinen la pérdida de presión en cada tramo.

### 2.2.2 Formulación del problema:

Inexactitud en las mediciones de presión y caudal en un sistema experimental en flujo de aceite para el análisis de pérdidas de presión y determinación del factor de fricción en tuberías.

### 2.3 BENEFICIARIOS:

Los beneficiarios del presente proyecto son los siguientes:

**Tabla 1.** Beneficiarios directos del presente proyecto.

Directos	
Docentes	Ingeniería Electromecánica
Estudiantes	Ingeniería Electromecánica Ingeniería Hidráulica Ingeniería Industrial

**Tabla 2.** Beneficiarios indirectos del presente proyecto.

Indirectos	
Docentes	Ingeniería Hidráulica Ingeniería Industrial
Asignaturas	Mecánica de fluidos

### 2.4 JUSTIFICACIÓN:

La Universidad Técnica de Cotopaxi forma parte de las universidades acreditadas del Ecuador, pero se conoce que muy pocas de estas están equipadas con módulos aptos para el desarrollo de las prácticas experimentales según las necesidades del perfil profesional; el presente trabajo

se efectúa con la finalidad de aportar con un sistema de medición que ayude al mejoramiento de la toma de datos de las variables de presión y caudal en pérdidas de carga lineales.

En la universidad hay módulos didácticos que facilitan el vínculo de aprendizaje referente a carreras afines de Mecánica de Fluidos, pero existe la ausencia de un sistema de medición capaz de obtener datos instantáneos de pérdidas de carga en los diferentes diámetros de tuberías.

Al realizar una observación de los resultados de tomas de datos del módulo, se tiene la necesidad de implementar mecanismos capaces de determinar las mediciones exactas de ciertos factores referentes a las tuberías

La presente investigación está centrada en la toma de datos de pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite de manera automatizada, que garantice una comparación de datos experimentales y calculados capaces de evaluar valores de caudal y presión variables en tiempo real.

La factibilidad de la propuesta tecnológica garantiza la existencia de todos los recursos necesarios para la implementación del sistema de medición, en donde la Universidad Técnica de Cotopaxi facilita la adquisición de algunos equipos necesarios para la realización de este proyecto en el laboratorio de Fluidos de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

## **2.5 HIPÓTESIS:**

Con la implementación de un sistema de medición se podrá analizar las pérdidas de presión y determinar el factor de fricción de forma exacta y en tiempo real, logrando la comparación entre los resultados experimentales y teóricos.

## **2.6 OBJETIVOS:**

### **2.6.1 General:**

Implementar un sistema de medición a través del método SCADA para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite.

### **2.6.2 Específicos:**

- Investigar las diferentes causas que ocasionan las pérdidas de presión en tuberías a través de la recopilación de materiales bibliográficos.
- Diseñar un sistema de visualización de presión y caudal con pantalla gráfica para la adquisición de datos entre el computador y el PLC mediante la comunicación OPC UA.
- Validar los resultados adquiridos del sistema de medición por medio de cálculos.



## 2.7 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 3.** Sistemas de tareas.

Objetivos específicos	Actividades	Resultados esperados	Técnicas, Medios, Instrumentos
Investigar las diferentes causas que ocasionan las pérdidas de presión en tuberías a través de la recopilación de materiales bibliográficos.	Revisión bibliográfica referentes a la mecánica de fluidos. Investigación referente a los regímenes de flujo Análisis de pérdidas en sistemas hidráulicos.	Recopilación de información para la viabilidad del proyecto	Libros, artículos, revistas científicas e internet.
Diseñar un sistema de visualización de presión y caudal con pantalla gráfica para la adquisición de datos entre el computador y el PLC mediante la comunicación OPC UA.	Implementación de sensores de presión y caudal Programación del PLC para obtención de variables de presión y caudal Diseño del sistema de supervisión y adquisición de datos	Funcionamiento de los sensores de presión y caudal Obtención de las variables de presión y caudal Pantalla gráfica para visualización de variables	Manuales de sensores Programación en TIA Portal Sistema SCADA en Ignition
Validar los resultados adquiridos del sistema de medición por medio de cálculos.	Obtención de datos a través del sistema de supervisión y adquisición de datos Cálculos teóricos	Comparación entre resultados experimentales y teóricos	Historial de variables en Ignition Hoja de cálculo

## 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 3.1 ANTECEDENTES

Con la finalidad de encaminar la investigación sobre los módulos didácticos de sistemas de fluidos para la visualización de variables de presión y caudal mediante un sistema SCADA se encontraron trabajos investigativos que contribuyen con los siguientes antecedentes:

Análisis de las pérdidas de carga en flujo turbulento en un laboratorio universitario de mecánica de fluidos, en donde se utilizó una estrategia para desarrollar un tópico clave de la mecánica de fluidos universitaria usando un enfoque teórico-experimental-computacional. En el cual, una táctica que resultó relevante fue incluir el desarrollo de software a la medida, siendo posible automatizar los tediosos cálculos y optimizar los tiempos de permanencia en el laboratorio y dedicación a las prácticas [1].

Evaluación de coeficientes de fricción en el transporte de fluidos No-Newtonianos, el objetivo del presente trabajo fue medir las caídas de presión para obtener los coeficientes de fricción de

fluidos no-newtonianos. Concreta que en una tubería recta en la que el flujo es del tipo laminar o viscoso, la resistencia se origina por el esfuerzo tangencial o cortante de la viscosidad entre las láminas o capas adyacentes, y/o entre las partículas que se mueven en recorridos paralelos con diferentes velocidades [2].

Caída de presión debida a un flujo en torbellino, en este trabajo se analiza experimentalmente la caída de presión estática entre dos estaciones de un tubo corto, en donde se demuestra que un flujo en torbellino genera coeficientes de fricción mucho mayores incluso que los coeficientes correspondientes a una condición de flujo dominado por la rugosidad, es decir, se requiere considerablemente más potencia para producir un mismo gasto cuando el flujo es en torbellino que cuando es un flujo axial laminar o turbulento típico [3].

Habilitación del banco para determinar pérdidas en tubería de la Escuela de Ingeniería Mecánica, cuenta con un sistema para determinar pérdidas de energía, en el fluido que circula, a través de codos y válvulas, para el cual se diseñó y construyó un orificio medidor de caudal y siete anillos piezométricos. También se presentan propuestas de guías para realizar las prácticas de laboratorio, mantenimiento mínimo y operación, para facilitar el buen uso y aumentar el período de reparación del banco [4].

Diseño y construcción de un equipo para realizar prácticas de determinación de pérdidas friccionales y localizadas para el laboratorio de Mecánica de Fluidos, este proyecto tuvo como objetivo diseñar y construir un equipo de laboratorio para determinar pérdidas friccionales y localizadas y elaborar su manual de prácticas con el fin de complementar los conocimientos teóricos impartidos en la cátedra de Mecánica de Fluidos con la parte experimental. Se diseñó el equipo utilizando tres tipos de materiales para tuberías (cobre, hierro galvanizado y PVC), cuatro dimensiones de tuberías ( $\frac{1}{2}$  ",  $\frac{3}{4}$  ", 1 " y 1  $\frac{1}{4}$  " de diámetro), y pérdidas localizadas usando los siguientes accesorios: codos de 90 ° y 45 °, expansión y contracción súbitas, venturímetro, válvula de globo, válvula de compuerta, válvula de bola, una configuración de tuberías en paralelo, un sistema de bombeo (bomba centrífuga de 15 HP) y un tanque de alimentación y descarga. Para la obtención de datos se dispondrá de manómetros de vidrio de "U" invertida con válvulas de tapón cónico que permitirán la entrada sincronizada del fluido al interior del manómetro para mayor precisión y comodidad de la experimentación [5].

Diseño e implementación de un laboratorio virtual para medir caída de presión y obtener datos en tiempo real usando LabVIEW y Visual Basic para Mecánica de Fluidos, El diseño e implementación de un laboratorio virtual para medir la pérdida de energía en una válvula

esférica mediante la adquisición de datos en tiempo real utilizando los software LabVIEW y Visual Basic, tiene como objetivo automatizar la recopilación de datos experimentales y teóricos para obtener el coeficiente de pérdidas de carga. Mediante implementación y experimentación de un interfaz que reciba datos a través de dos sensores de presión ubicados antes y después de la válvula, que en forma paralela medirá volumen de flujo mediante un medidor tipo turbina [6].

Desarrollo de sistema SCADA para el control de caudal basado en Linux, Unos de los campos de esta demanda se consideran los sistemas de supervisión y control usados en la industria nacional para el control de procesos industriales. Estos sistemas permiten, en cualquier momento, conocer el estado del proceso, con solo contar con un computador y conexión a Internet. Para ello, este artículo presenta una aplicación WEB que permite supervisar y controlar de forma remota un conjunto de bombas en el laboratorio de mecánica de los fluidos [7].

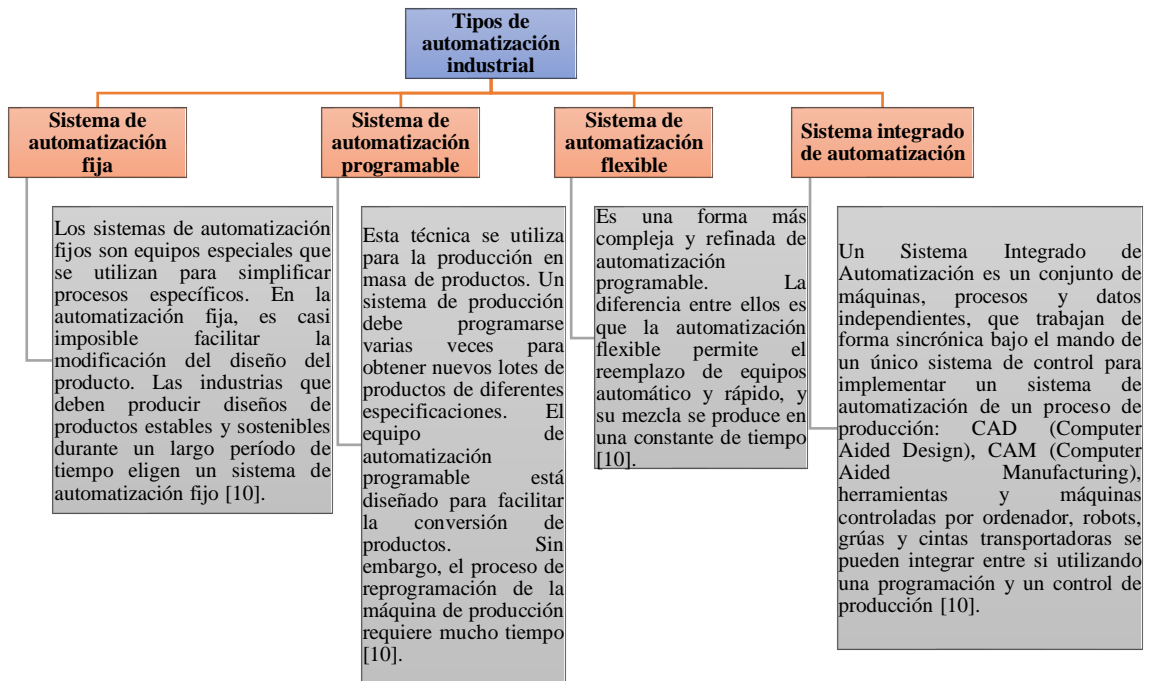
El presente artículo “Los sistemas SCADA en la automatización industrial”, se enfoca en la importancia de los sistemas de supervisión y adquisición de datos, como un aspecto fundamental de la automatización de los procesos de manufactura en la industria actual. Este tipo de software constituye un avance 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 [8].

## **3.2 MARCO REFERENCIAL / ESTADO DEL ARTE**

### **3.2.1 Automatización y control de procesos**

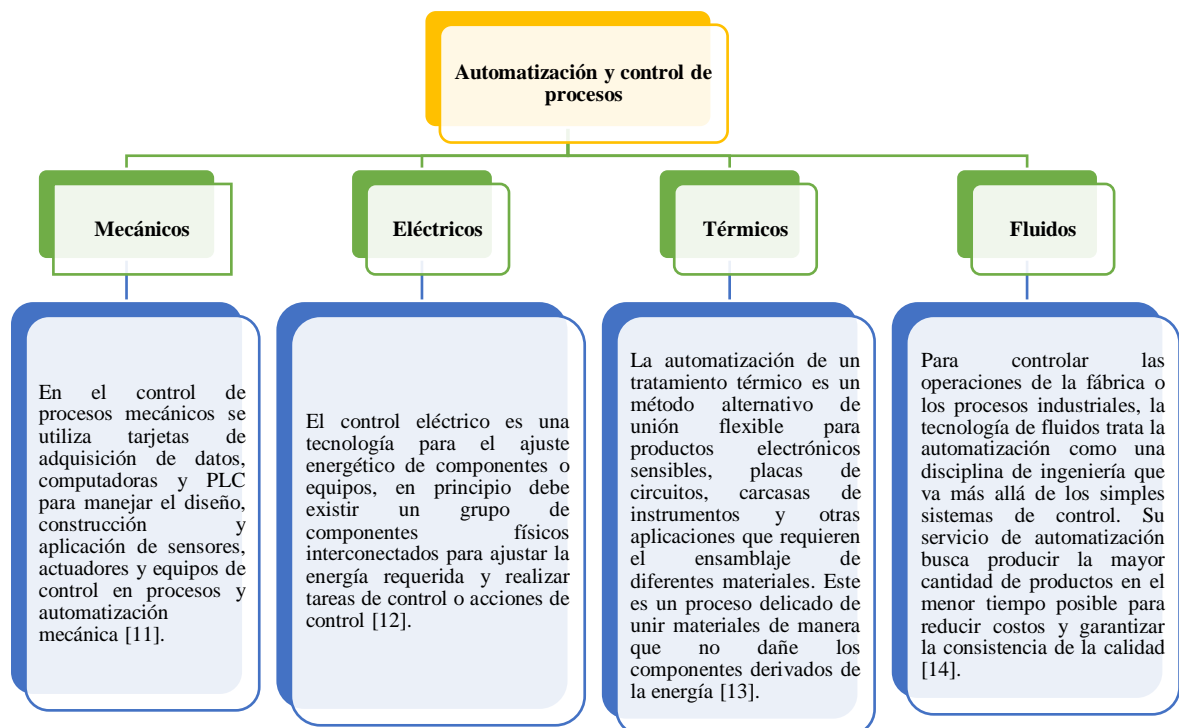
De acuerdo con la Real Academia de Física de Precisión y Ciencias Naturales, la automatización se definirá como el análisis de procesos y métodos, con el objetivo de reemplazar operadores humanos por operadores humanos a la hora de generar el trabajo físico o mental esperado [9].

Una vez comprendido el diseño y los elementos de algunos sistemas de automatización industrial típicos, cabe destacar los diferentes tipos de sistemas de automatización industrial más utilizados por las empresas en la actualidad en sus procesos de fabricación y producción. Los sistemas de automatización industrial se dividen generalmente en cuatro tipos como se muestra en la Figura 2 [10]:



**Figura 2.** Tipos de automatización industrial [10].

Con base en esta definición aplicada al campo industrial, la automatización se define como la aplicación de la automatización en el control de procesos industriales, en la Figura 3; se detalla algunos de los procesos más importantes de control y automatización.



**Figura 3.** Automatización y control de procesos [11] [12] [13] [14].

## Modelo de un sistema automatizado

Un sistema automatizado se compone de las siguientes etapas como se observa en la Figura 4:

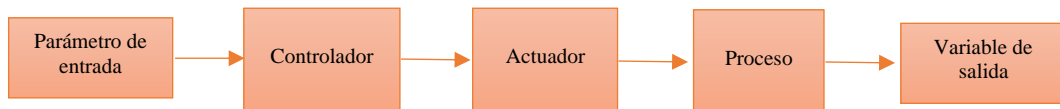
**Control:** Esta parte es responsable de ejecutar las órdenes programadas por los operadores, lo que permite a los trabajadores más tiempo para concentrarse en otras áreas de producción. Debe poder comunicarse con todos los elementos del sistema. En la actualidad, esta parte suele estar compuesta por autómatas programables, es decir, un sistema técnico que puede funcionar sin control manual directo. En el pasado, se utilizaba tecnología cableada (es decir, relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos).

**Proceso:** La parte que actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que le dan movilidad, además de realizar las operaciones requeridas. Los componentes que forman parte del proceso son los actuadores de la máquina, como motores, cilindros y compresores.

**Actuadores:** Posibilita a la etapa de control actuar sobre la parte del proceso, por ejemplo: motores, cilindros, relés, electroválvulas.

**Sensores:** Son elementos que facilitan a la parte de control comprender el estado del proceso. Ejemplos: temperatura, posición, sensor de fuerza.

**Supervisión:** Este sistema permite la monitorización y control remoto de la instalación a través de la interfaz. Pueden ser paneles de botones y luces, pero suelen ser sistemas SCADA ejecutados en una computadora central [15].



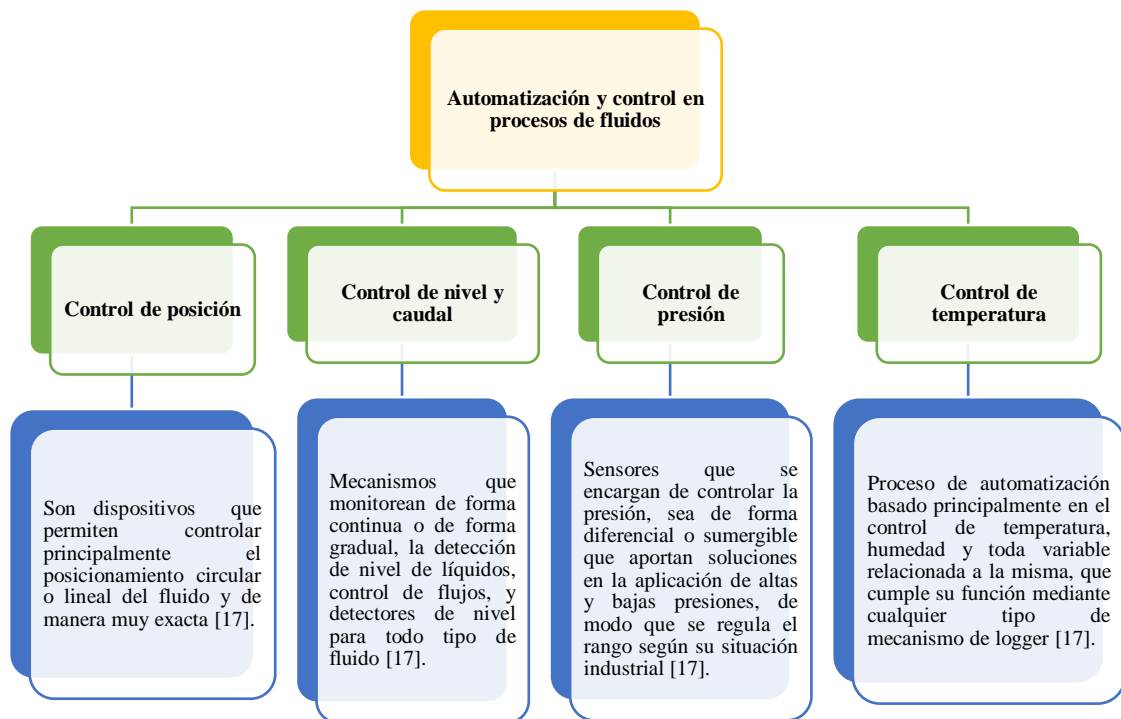
**Figura 4.** Sistema de control de lazo abierto.

### 3.2.2 Automatización y control en procesos de fluidos

Cuando se trata de la gestión de suministros y fluidos hidráulicos, la automatización y el control en la industria son fundamentales, ya que solo así se puede gestionar la presión, la medición y el seguimiento de los recursos líquidos desde el controlador. Una de las principales ventajas de contar con estos sistemas es que el personal de la industria puede controlar y gestionar mejor los recursos hidráulicos y trabajar con otros elementos como bombas o caudalímetros.

Una vez realizados los ajustes necesarios, se deben mantener siempre automatizados estos

elementos para que puedan funcionar de acuerdo a las necesidades de la industria, reduciendo en gran medida el margen de error, ya que como su nombre lo dice, todo está calculado y automatizado con precisión, sin embargo, de ser necesario que se requiera la mejora de alguna parte de la estructura en la programación y control, el personal puede realizar modificaciones a través del mismo sistema. Estos sistemas también brindan una variedad de beneficios en cuanto a la agilidad del trabajo realizado, porque los empleados no tienen que ir a la ubicación de recursos o fluidos, pero a través del sistema pueden entender lo que está sucediendo. Estos sistemas se pueden adaptar a varios productos utilizados en la industria para este campo, es un esfuerzo conjunto y factible para los responsables de realizar este trabajo. Cuando se necesita cambiar el sistema de control, hay una gran ventaja, puesto que otorga un tiempo de respuesta corto, debido a que este recurso es fundamental para las industrias, considerada una de las principales razones por las que estos sistemas son instalados, porque se involucran directamente con el ahorro de los tiempos y algunos de los tipos de control en procesos de fluidos se muestran en la Figura 5 [16]:



**Figura 5.** Automatización y control en proceso de fluidos [17].

El sistema automatizado de fluidos diseñado para el presente proyecto consta de las siguientes etapas (Figura 6):

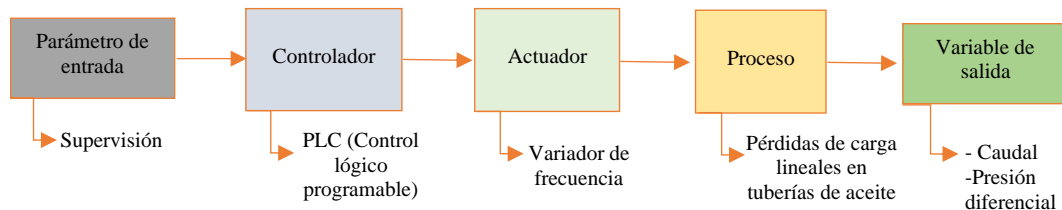
**Control:** El proceso es controlado por un PLC, el cual es encargado de recibir las señales de los sensores y enviarlas al variador para monitorear así el proceso de pérdidas de cargas lineales.

Proceso: El proceso consiste en el desplazamiento de un fluido por diferentes diámetros de tubería impulsados por una bomba de engranaje, tiene como fin la adquisición de las variables de flujo y pérdidas de presión entre dos puntos de las tuberías.

Actuadores: El variador es el encargado de modificar la velocidad en el motor dando paso a la visualización de las pérdidas de presión a distintas revoluciones por minuto.

Sensores: El sistema consta de tres sensores de presión diferencial y un sensor de flujo, los cuales envían una señal al PLC, donde a través de la programación se convierte esta señal de un valor real a un entero.

Supervisión: El proceso es monitoreado por un sistema diseñado en el software Ignition mediante el cual permite la adquisición y visualización de las variables en tiempo real.



**Figura 6.** Sistema de control de lazo abierto en fluidos.

### 3.2.2.1 Elementos de control

#### a. Definición

Son los elementos de cálculo y revisión que registran el proceso, se denominan autómatas y constituyen la unidad de control. El sistema de automatización consta de dos partes:

Parte de mando. - Es la estación de control central o autómata, es el componente principal del sistema responsable de la supervisión, corrección de errores, comunicación, etc.

Partes operativas. - Son las partes que actúan directamente sobre la máquina, asimismo los componentes que producen el movimiento y ejecutan acciones. Por ejemplo, motores, cilindros, compresores, bombas, relés, etc.

El tipo de equipo depende en gran medida del objetivo a alcanzar, pero el sistema de control no solo se establece a través de estos dispositivos, debe seguir la lógica por al menos tres elementos básicos [18]:

- Una variable que se desee controlar.
- Un actuador.
- Un punto de referencia o set – point.

## b. Clasificación

### Clasificación de los elementos de control:

Estos se clasifican según su función y su desempeño en los procesos de automatización de fluidos, a continuación, se detallarán los elementos de control en la Figura 7:

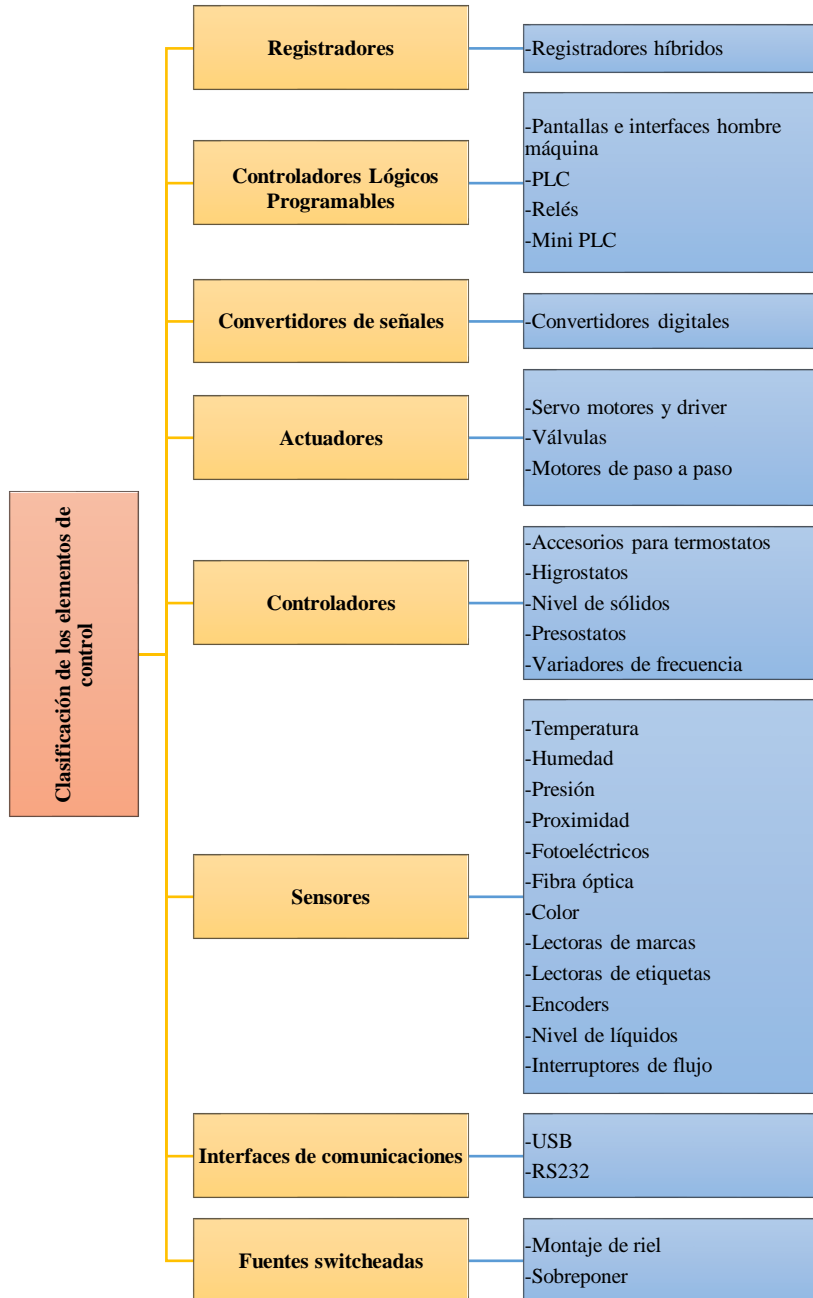


Figura 7. Clasificación de los elementos de control [19].

### Control Lógico Programable (PLC)

El PLC (Controlador Programable Lógico) básicamente es una computadora, que normalmente se utiliza en la ingeniería de automatización industrial, donde se tiene como fin automatizar

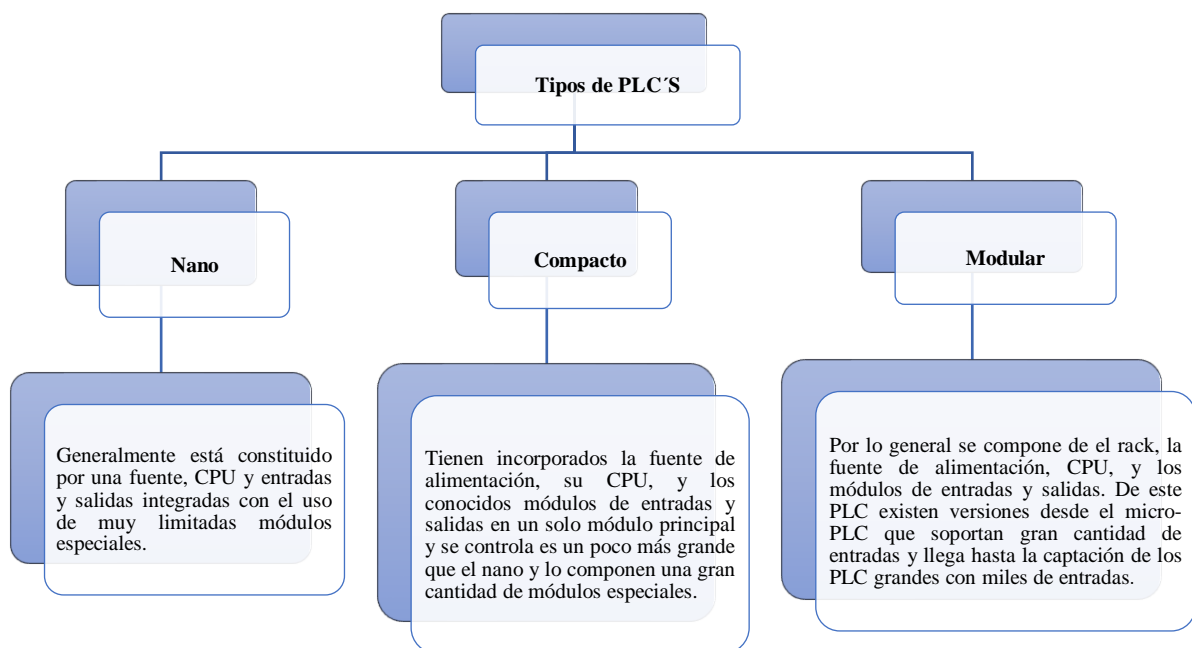


algún proceso electromecánico. Según la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que el PLC es:

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos” [20].

### **Tipos de Controladores Lógicos Programables**

Al saber que es un PLC, se identifican los tipos de PLC's como se muestra en la Figura 8:



**Figura 8.** Clasificación de los elementos de control [21].

Para la selección del PLC se tomaron en cuenta las entradas y salidas analógicas necesarias y la utilización del equipo en un sistema de supervisión y adquisición de datos.

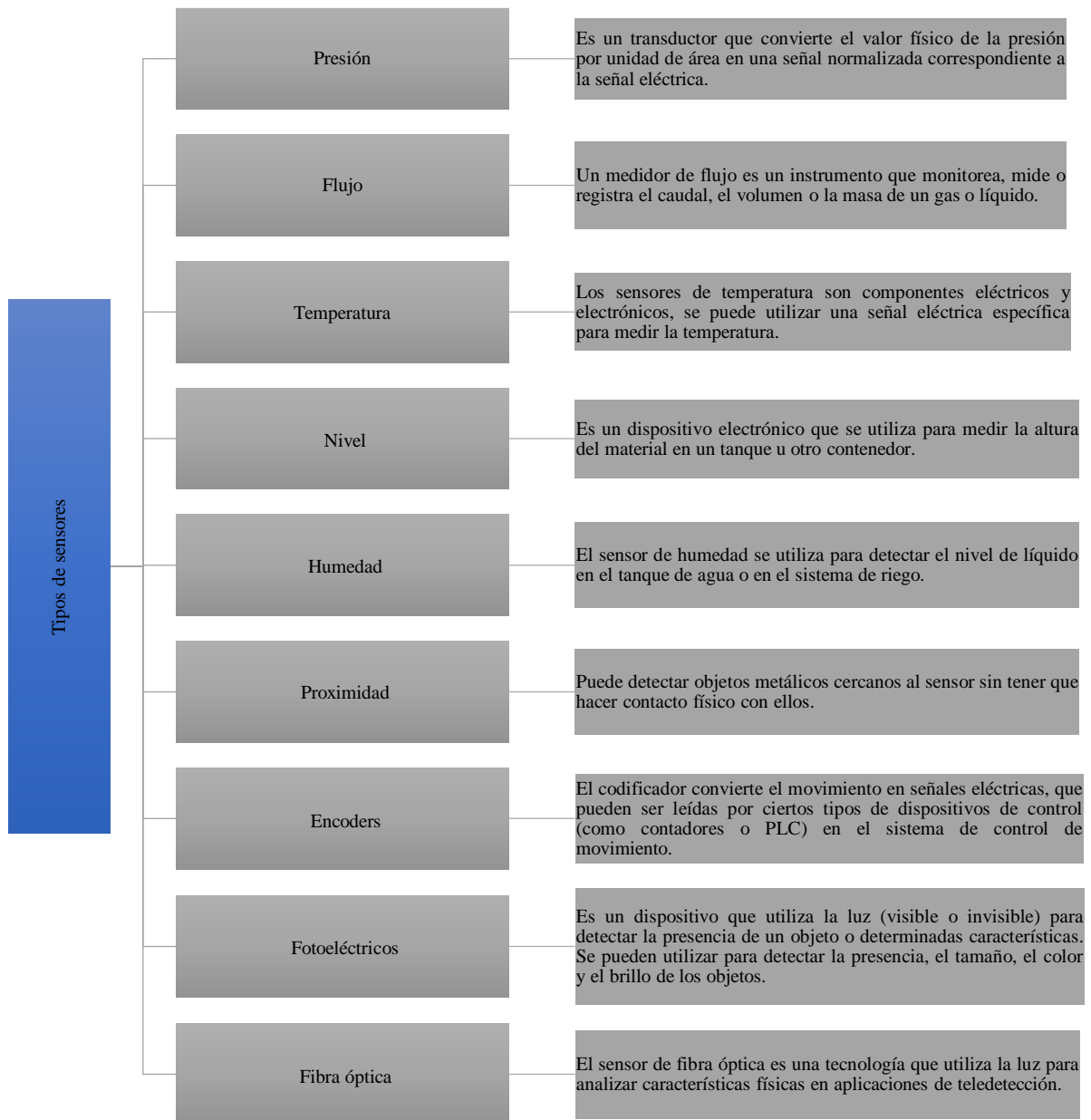
#### **3.2.2.2 Sensores**

##### **a. Definición**

Se entiende por sensores como un dispositivo apto para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas [22].

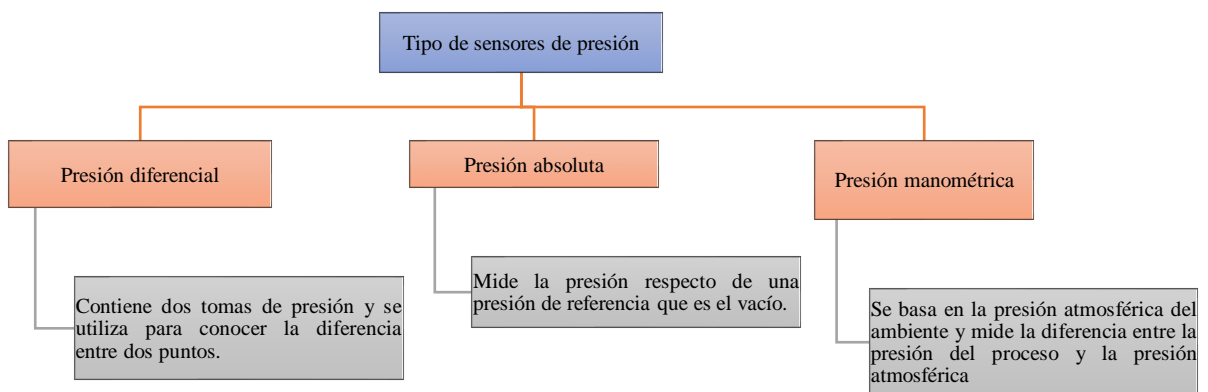
##### **b. Clasificación**

En la Figura 9, se muestra algunos tipos y definiciones de los sensores presentes en la industria:



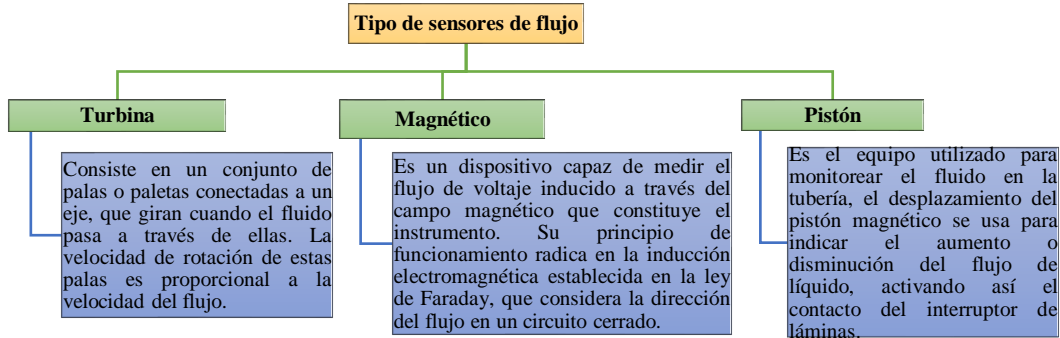
**Figura 9.** Tipos de sensores.

En la Figura 10, se muestra los tipos de sensores de presión:



**Figura 10.** Tipos de sensores de presión.

En la Figura 11, se observa los tipos de sensores de flujo:



**Figura 11.** Tipos de sensores de flujo.

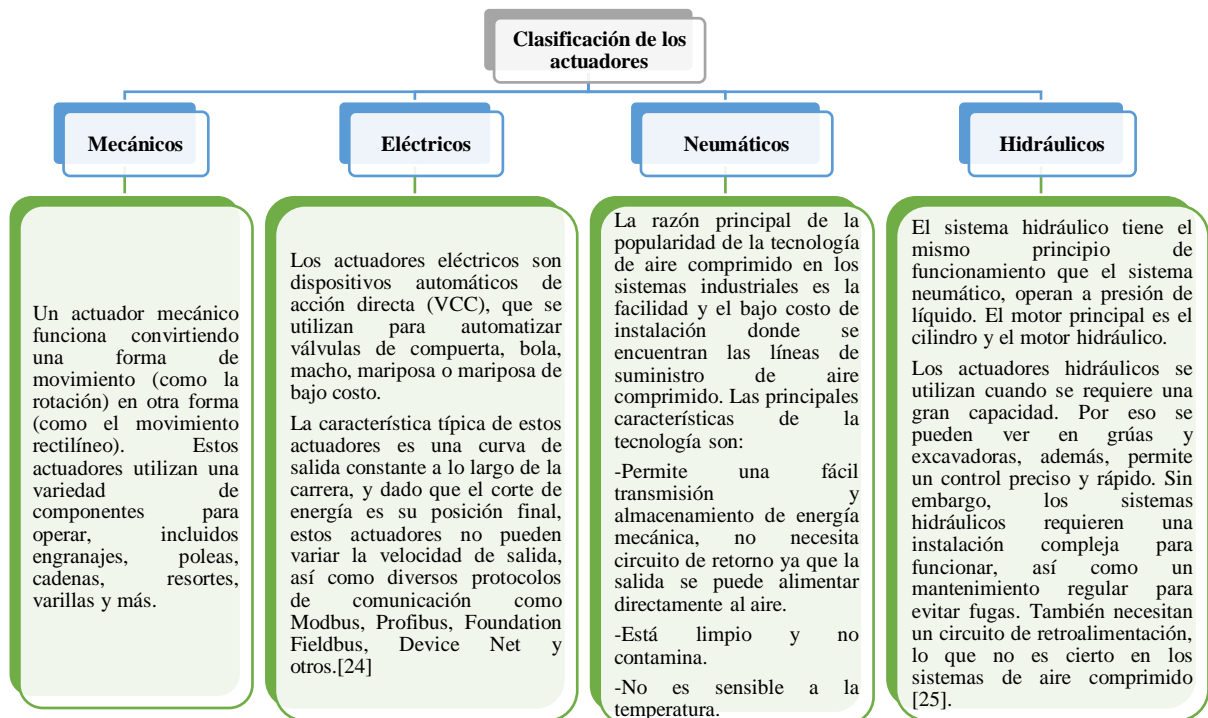
### 3.2.2.3 Actuadores

#### a. Definición

Un actuador es un dispositivo que convierte energía en movimiento o se utiliza para aplicar fuerza, toma energía de una fuente específica (ya sea energía generada por aire, líquido o electricidad) y la convierte en el movimiento deseado. Los actuadores se utilizan comúnmente en aplicaciones industriales y de fabricación. [23].

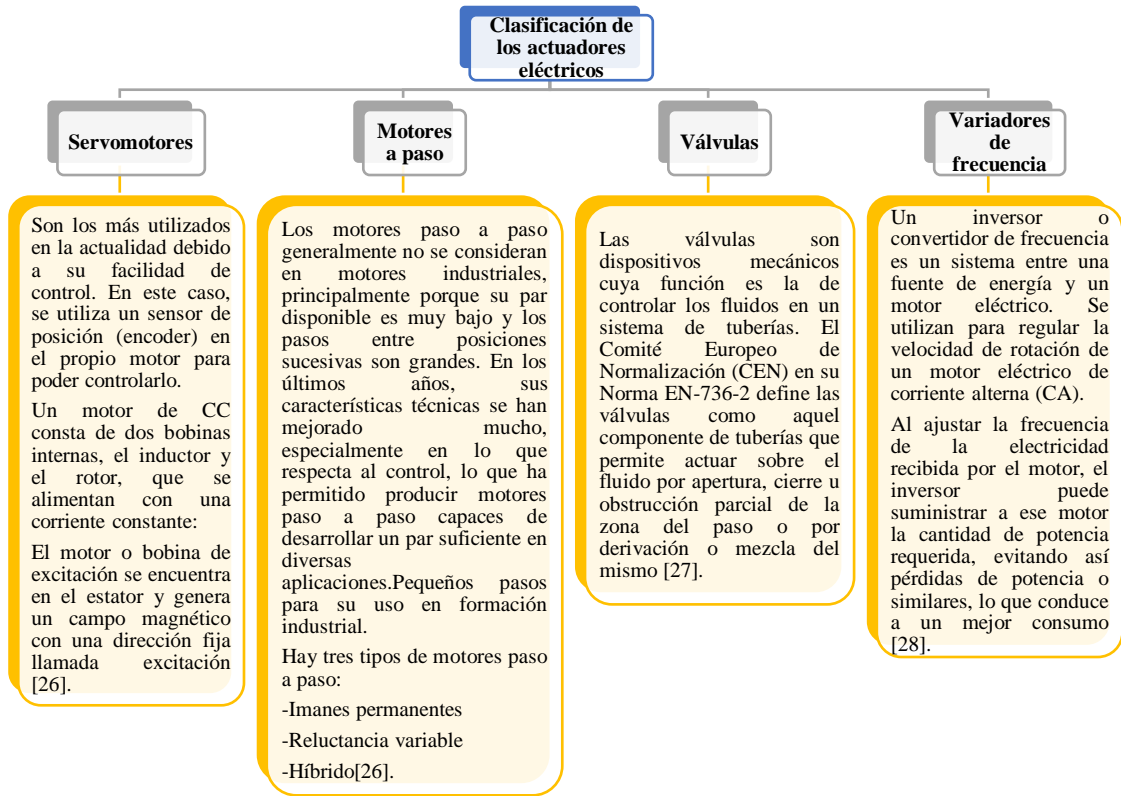
#### b. Clasificación

En la Figura 12 se describen la clasificación de los actuadores a continuación:



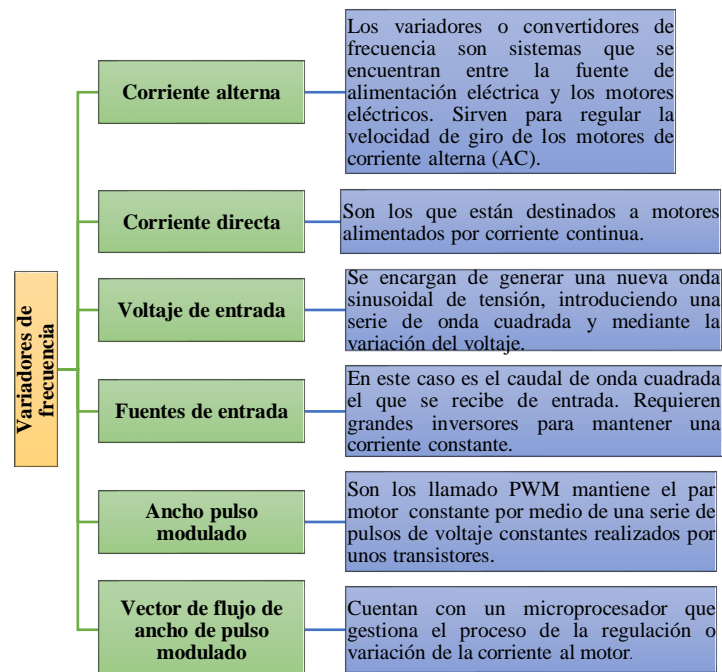
**Figura 12.** Clasificación de los actuadores [24] [25].

En la Figura 13 se detallan los conceptos básicos de la clasificación de los actuadores eléctricos más conocidos.



**Figura 13.** Clasificación de los actuadores eléctricos [26] [27] [28].

En la Figura 14 se especifican los tipos de variadores de frecuencia que existen:



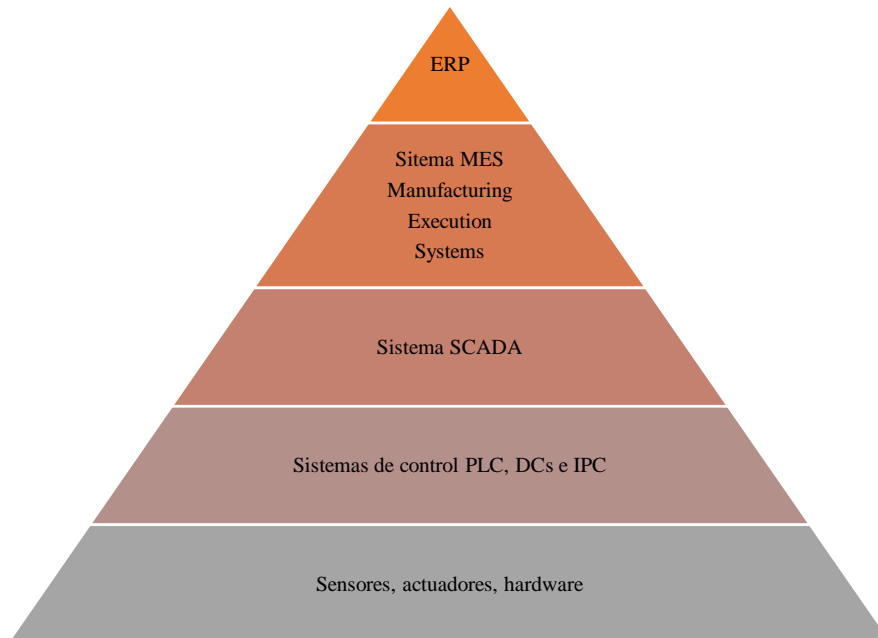
**Figura 14.** Clasificación de los variadores de frecuencia [28].

### 3.2.3 Equipos de experimentación con control automatizado

#### 3.2.3.1 Sistema SCADA

##### a. Definición

Un sistema de SCADA, es una aplicación software de control (ejecutada en una estación de trabajo) como se muestra la Figura 15 [29].



**Figura 15.** Pirámide de la automatización [30].

Intercambia información con los elementos de campo, supervisa/controla el proceso de forma automática y permite en tiempo real generar información para diversos usuarios como operadores, supervisores, mantenimiento, gestores, administradores, etc. En la Figura 15 se muestra una pirámide de relación de los sistemas SCADA.

##### b. Prestaciones

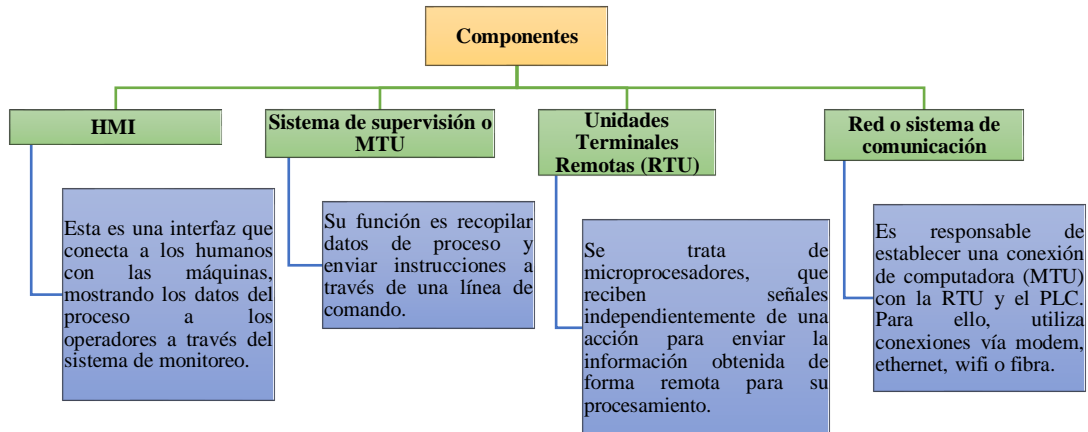
**Monitoreo:** Visualización de datos en tiempo real a los operadores de la planta.

**Supervisión:** Es el proceso de toma de decisiones y herramienta de gestión, también tiene la capacidad de ejecutar procedimientos que pueden supervisar, modificar los controles establecidos y cancelar tareas relacionadas con los autómatas bajo ciertas condiciones.

**Adquisición de datos:** Un sistema de adquisición de datos se refiere a un conjunto de equipos, líneas e interfaces que establecen una conexión entre el sensor de medición y la computadora central que realiza el procesamiento y almacenamiento de la información.

### c. Componentes básicos

Los componentes básicos de en un sistema SCADA son los siguientes (Figura 16):



**Figura 16.** Componentes básicos de un sistema SCADA [31].

#### 3.2.3.2 Software Ignition

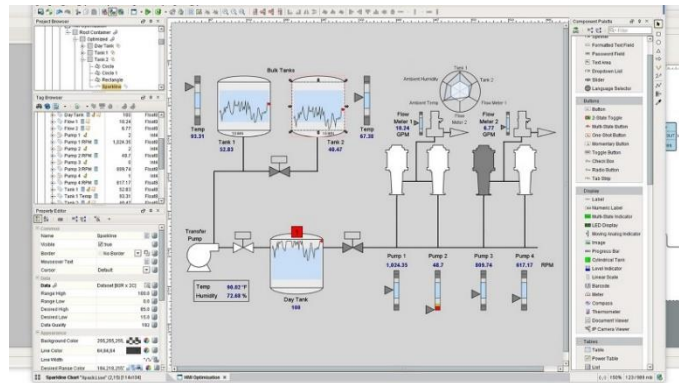
Ignition, es un paquete de software creado por Inductive Automation, que proporciona las funciones principales de un sistema de supervisión y adquisición de datos, además, está basado en la web (Figura 17).

Se emplea como un servidor porque está basado en tecnología web, lo que significa que todas las funciones se configuran a través de un cliente web y, a diferencia del monitoreo tradicional, ejecuta varias aplicaciones en paralelo. Ignition puede crear y utilizar diferentes sistemas de monitorización: salas de control y monitorización, HMI de sala de máquinas [32].

Los datos del proceso se almacenan de forma segura y de libre acceso, compatibles con cualquier base de datos SQL. Una de las grandes ventajas de Ignition es que los usuarios tienen acceso ilimitado a las aplicaciones de control y supervisión de línea.

Está asociada con softwares que efectúan controladores obligatorios para la comunicación con PLC's. Dentro del sistema se pueden encontrar:

- Alarmas.
- Base de datos.
- Históricos.
- Visualización.
- Control web.
- SCADA.



**Figura 17.** Interfaz de la plataforma de Ignition.

### 3.2.3.3 Comunicación OPC-UA

Proviene de Open Productivity Collaboration Unified Architecture y es un protocolo de comunicación flexible e independiente. La necesidad de simplicidad llevó a la Fundación OPC a crear un método de comunicación unificado para la especificación actual de OPC UA, HDA y A&E [33].

Los beneficios de los OPC UA son:

- Server principal disponible en todo el sistema operativo.
- Transferencia segura y fiable entre paralelismos de producción.
- Sistemática Cliente/Servidor.
- Permite la comunicación con métodos obsoletos.
- Conjunto de técnicas orientadas a servicios.
- Estructura robusta, con mecanismos íntegros.
- Cómoda configuración y mantenimiento.
- Valioso rendimiento y escalable [33].

### 3.2.4 Mecánica de fluidos

Se define como la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos en reposo o en movimiento y sus interacciones con los sólidos u otros fluidos en sus límites. La mecánica de fluidos se puede dividir en dos campos [34]:

- La estática: Experimenta a los fluidos en reposo.
- La dinámica: Experimenta a los fluidos en movimiento.

#### 3.2.4.1 Regímenes de flujo

Este experimento consiste en inyectar una pequeña cantidad de fluido coloreado en un líquido que circula en un tubo de vidrio y observar el comportamiento de los filamentos coloreados en

diferentes zonas después del punto de inyección.

Si el caudal o la velocidad promedio es bajo, la hoja de fluido de color se mueve en línea recta a medida que aumenta el flujo, estas paletas continúan moviéndose en línea recta hasta que alcanzan una velocidad en la que las paletas comienzan a doblarse, romperse y se deshacen, esto sucede a la llamada velocidad crítica.

### **Flujo laminar**

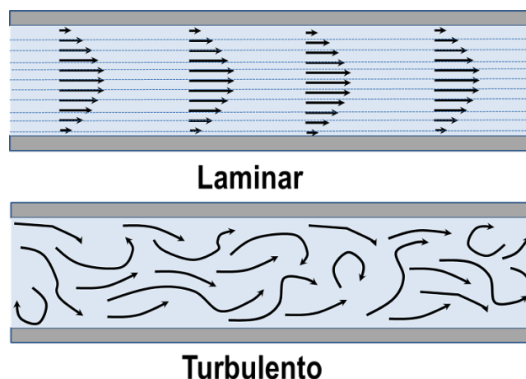
El tipo de flujo que existe a una velocidad por debajo de la velocidad crítica se llama estado laminar, a veces llamado estado viscoso. Este régimen se caracteriza por capas de cilindros concéntricos que se deslizan de manera ordenada.

La velocidad del fluido es máxima en el eje del tubo y disminuye rápidamente a cero en la pared del tubo.

### **Flujo turbulento**

Por encima de una velocidad crítica, el sistema es volátil, en el régimen de flujo turbulento, existe un movimiento irregular e indeterminado de las partículas del fluido en la dirección transversal a la dirección del flujo principal; la distribución de velocidades en el régimen de flujo turbulento es más uniforme a lo largo del diámetro de la tubería que en el régimen de flujo laminar.

A pesar del movimiento turbulento en la mayoría de los diámetros de tubería, siempre hay una pequeña capa de fluido en la pared de la tubería, llamada "capa periférica" o "subcapa laminar", que se mueve en un estado laminar [35].



**Figura 18.** Regímenes de flujo en tuberías circulares.

#### **3.2.4.2 Mecanismos de bombeo**

Todos los procesos industriales que sustentan nuestra civilización implican la transferencia de líquidos de un nivel de presión o energía estática a otro, por lo que las bombas se han convertido en una parte esencial de todos los procesos industriales, es decir, las bombas son el componente



del desarrollo de todas las economías y sociedades modernas.

Una bomba es un dispositivo que se utiliza para elevar, trasvasar o comprimir líquidos y gases, en definitiva, son máquinas que se utilizan para mantener líquidos en movimiento. Por lo tanto, se incrementa la presión o energía cinética del fluido.

Existe una variedad de mecanismos de bombeo (Figura 19) con una amplia gama de capacidades, diseños y aplicaciones, desde pequeñas unidades para las dosis más pequeñas hasta bombas centrífugas capaces de manejar grandes volúmenes para suministrar agua a la bomba Gran concentración urbana [36].

Está disponible en una amplia variedad de diseños, desde diferentes principios de funcionamiento, hasta bombas especiales para manejar diversas sustancias (como agua, metal fundido, hormigón, etc.), diferentes costos y materiales de construcción.

Por la existencia de una gran cantidad de bombas se las puede clasificar por rango de volumen a procesar, por fluido a mover, etc. Por lo general, se clasifican en función de forma y según su tipo de flujo:

- Bombas de desplazamiento positivo o normalmente conocidas como volumétricas: Algunas de estas bombas son opcionales, por ejemplo, bombas rotativas y bombas neumáticas, por generalización son bombas de pistón cuyo movimiento básico consiste en mover un cilindro con una varilla.
- Bombas de energía cinética o normalmente conocidas como dinámicas: Por lo general están en un impulsor que gira acoplado a un motor. Estos pueden ser de tipo regenerativos, especiales, periféricos, turbinas o centrífugas. [36].



**Figura 19.** Tipos de bombas hidráulicas.

### 3.2.4.3 Sistemas de distribución hidráulica

Es un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que se utilizan para conducir el agua desde tanque de distribución hasta una toma doméstica o un hidrante público.

Su finalidad es proporcionar a los usuarios condiciones especiales como agua doméstica, pública, comercial, industrial y protección contra incendios. La red siempre debe prestar este servicio en cantidad suficiente, calidad requerida y presión suficiente.

Una red de distribución de agua potable normalmente consta de los siguientes componentes:

1.- Tubería: Se denomina así al conjunto formado por las tuberías (de sección circular) y sus uniones o sistemas de montaje (Figura 20). Para fines de análisis, un conducto entre dos secciones transversales idénticas se denomina tubería [37].

La red de distribución se puede dividir primaria y secundaria según sus funciones, las tuberías que llevan el agua desde el tanque de acondicionamiento hasta el punto donde comienza a distribuirse el agua se denominan líneas de agua y se consideran parte de la red principal.

La división para la distribución dependerá del tamaño de la red y del diámetro de las tuberías, asimismo, la red primaria está formada por tuberías de mayor diámetro, mientras que la secundaria por tuberías de menor proporción. Entonces, la red principal puede ser la única tubería de abastecimiento con mayor diámetro que cubren toda un área.

2.- Piezas especiales: Son todos los accesorios para bifurcación, cruce, cambio de dirección, modificación de diámetro, combinación de tuberías de diferentes materiales o diámetros, terminaciones de tubería, etc. [37]



**Figura 20.** Instalaciones hidráulicas.

#### **3.2.4.4 Análisis de pérdidas de presión en sistemas hidráulicos**

Los sistemas de tuberías están diseñados para cumplir con caudales específicos y presiones de fluidos en juntas críticas en aplicaciones industriales. Si hay demasiada presión o no hay suficiente presión, pueden surgir problemas operativos, lo que resulta en gastos inevitables. Por lo tanto, los ingenieros industriales deben considerar la pérdida de presión (o caída de presión).

La pérdida de presión es el resultado de las fuerzas de fricción ejercidas sobre el fluido dentro del sistema de tuberías, impidiendo su flujo. A medida que aumenta la pérdida de presión,

también se incrementa la energía requerida para la compensación de la bomba del sistema, lo que genera costos operativos elevados.

Algunos de los factores que afectan la pérdida de presión pueden cambiar durante la vida útil de un sistema de tuberías. En ciertos casos, las consideraciones de diseño deben tenerse en cuenta en términos del impacto probable durante 5 a 10 años [38].

Entonces, ¿Cómo puede un proceso industrial realmente optimizar la pérdida de presión de su sistema de tuberías ahora y durante la vida útil del sistema? La respuesta comienza con la comprensión de los factores que influyen en la pérdida de presión.

### **¿Qué causa la pérdida de presión en un tubo?**

Según el sistema, existen muchas fuerzas en competencia que pueden reducir o aumentar la presión del fluido de un extremo al otro. Para optimizar el sistema, se deben considerar los siguientes factores.

#### **Factores constantes:**

Estos se mantienen en una vida útil prolongada.

- **Gravedad:** Los aumentos y disminuciones de altitud darán como resultado incrementos en las pérdidas de presión del sistema, respectivamente, es importante comprender el efecto neto del cambio de altitud.
- **Rutas de tuberías y válvulas:** En el sistema de tuberías los accesorios, codos, válvulas, juntas de expansión y cualquier cambio de dirección pueden causar fricción y, por lo tanto, pérdida de presión.
- **Tamaño de la tubería:** El diámetro de la tubería tiene el efecto opuesto sobre la presión, puesto que, a menor diámetro, mayor será la pérdida de presión.

#### **Factores variables:**

Estos componentes pueden oscilar durante la vida de un procedimiento de conducciones.

- **Fricción del material:** Todo material de tubería utilizado en sistemas de bombeo tiene un coeficiente de fricción o rugosidad que retrasa el fluido, cuanto más lisa sea la superficie del material, mayor será el coeficiente de fricción de Hazen Williams y más fácil será el paso del fluido. Dependiendo del material, este factor puede cambiar con el tiempo.

- Corrosión: La corrosión por picaduras ocurre en las superficies de las tuberías o en las uniones cuando los iones cargados en un líquido atacan los materiales metálicos. Esta picadura reduce el flujo de fluido.
- Escala: Ocurre cuando los iones adsorbidos en las superficies metálicas se unen en todo el sistema, generalmente alrededor de las juntas o bridas. A medida que se produce la contaminación, se restringe el paso del fluido y aumenta la influencia dentro de la tubería.

### **Cálculo de pérdida de presión en tuberías**

La ecuación de Hazen-Williams se usa comúnmente para el cálculo de pérdidas de presión dentro de los sistemas de tuberías. Sin embargo, a menudo se prefiere la ecuación de Darcy-Weisbach para la industria [39].

### **Optimización de un sistema de tuberías industriales**

La forma más efectiva de optimizar la presión del fluido es ajustando el diámetro de la tubería y también es uno de los más fáciles de controlar.

En cambio, para definir con efectividad los tamaños de tubería, es útil controlar los factores que pueden cambiar con el tiempo. Por ejemplo, en los sistemas de tuberías de metal, es posible que el diámetro de la tubería deba ser más ancho que el requerido inicialmente debido a la fricción del material y se debe considerar cierta corrosión y el escalado.

Por el contrario, los sistemas de tuberías industriales que especifican el material de CPVC Corzan pueden eliminar estos efectos especificando tuberías más estrechas:

- El CPVC tiene uno de los mejores factores “C” de Hazen-Williams de todos los materiales de tubería y mantiene ese factor durante toda la vida del sistema de tuberías.
- El CPVC es resistente a la corrosión porque es inerte a los ácidos, álcalis y sales que consumen las tuberías de metal.
- El CPVC no permite la formación de incrustaciones porque los iones ligados a las tuberías de metal no son atraídos por los termoplásticos [40].

### **3.2.5 Reología**

Se conoce como el estudio del flujo que constituye todo tipo de materia, además de su deformación a diferentes fuerzas entre las que destacan la axial o tangencial y cizalla, al mismo tiempo que se mide comúnmente con un reómetro.

### 3.2.5.1 Clasificación reológica de los fluidos

La reología de los fluidos se clasifica por lo general en dos grupos.

- Newtonianos
- No newtonianos

En un fluido newtoniano, existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante aplicado y la tasa de deformación resultante, obedeciendo así la ley de viscosidad de Newton.

La experiencia ha demostrado que todos los líquidos y gases homogéneos de baja viscosidad se comportan como fluidos newtonianos; la viscosidad de estos fluidos es constante con respecto a los cambios en la magnitud del esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad.

Una característica fundamental de los fluidos no newtonianos es que su viscosidad es función de un gradiente de velocidad y por lo tanto varía con dicho gradiente aun cuando la temperatura y otras condiciones permanezcan constantes. De acuerdo con el cambio de viscosidad los materiales no newtonianos se dividen en tres categorías.

#### De viscosidad independiente del tiempo

Pseudoplásticos: Su viscosidad disminuye al aumentar los gradientes de velocidad, fluyen una vez que se aplica el esfuerzo cortante ( $\tau \neq 0$ ).

Su curva de caudal está descrita por el modelo Ostwald de Waele (*para  $m < 1$* ).

Dilatantes: Su viscosidad incrementa con la proyección de la velocidad; y estas fluyen apenas se les aplica un esfuerzo cortante ( $\tau \neq 0$ ).

También se relaciona con el modelo de Ostwald de Waele (*para  $m < 1$* ).

Plásticos ideales: También se les llama plásticos de Bingham porque siguen este modelo, su viscosidad disminuye al aumentar los gradientes de velocidad, comienzan a fluir cuando se les aplica un esfuerzo cortante mayor que el cortante inicial ( $\tau_0$ ), este esfuerzo último que se debe ejercer sobre estos materiales para romper su estructura sólida rígida y comenzar a fluir.

El modelo de Bingham se escribe así:

Donde:  $\tau_0$  es el esfuerzo cortante inicial o límite de fluencia,  $\mu$  es la viscosidad plástica.

Plásticos reales: Su viscosidad disminuye con gradientes de velocidad crecientes, comienzan a fluir cuando el esfuerzo cortante es mayor que su esfuerzo cortante inicial ( $\tau_0$ ), siguen el modelo de Bulkley – Herschel.

### De viscosidad dependiente del tiempo

Tixotrópicos: La viscosidad de estos materiales disminuye con el tiempo y cuando es sometido a un cierto gradiente de velocidad, presentan un comportamiento reológico pseudoplástico, ideal y verdadero.

Reopéticos: Para un gradiente de velocidad dado, su viscosidad aumenta con el tiempo.

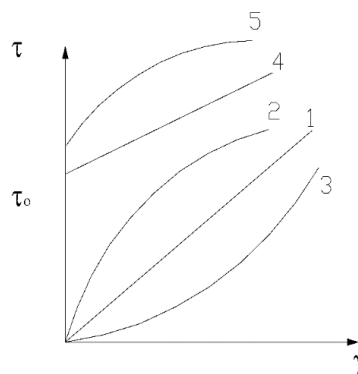
Visco - elásticos o de Maxwell: Estos materiales son viscosos y elásticos, fluyen bajo esfuerzo cortante, aunque la deformación es continua, no es del todo irreversible, por lo que cuando cesa la acción de la fuerza, el material recupera parcialmente su forma similar al comportamiento de un elastómero sólido [41].

#### 3.2.5.2 Aceite lubricante SAE 20W50

El aceite lubricante es el medio que tiene el motor para mantener su temperatura, eliminando la fricción que se produce entre todos sus componentes internos, limpiando las impurezas que se forman en su interior durante la combustión, transfiriéndolas al filtro y reteniéndolas allí. Al decir que un aceite es multigrado, tiene dos nomenclaturas: 20 y 50, por su capacidad de cambiar la viscosidad cuando el clima lo requiere, entonces podemos decir que cuando la temperatura es muy baja, este tipo de aceite se diluye a los 20°C, por lo que la letra W significa "invierno", cuando sube la temperatura, el aceite se espesa a 50°C, lo que protege mejor el motor de las mañanas frías [42].

#### 3.2.5.3 Curvas de flujo

Al graficar la relación del esfuerzo cortante en función del gradiente de velocidad, se obtiene una curva que describe el comportamiento reológico de los fluidos newtonianos y no newtonianos, llamada curva de flujo.



**Figura 21.** Curvas de flujo típica: 1.-Newtonianos; 2.- Pseudoplásticos; 3.- Dilatantes; 4.- Plástico ideal; 5.- Plástico real.

Las curvas de flujo se utilizan principalmente para el diseño de equipos o evaluar instalaciones establecidas, por ejemplo, para determinar la caída de presión requerida en un material no newtoniano y este fluya a través de una tubería de diámetro conocido.

Además de identificar si un equipo se puede comparar con otro material diferente utilizado en conjunto, se debe clasificar reológicamente los materiales y encontrar modelos adecuados para relacionar las características estructurales o de calidad en un mismo producto obtenido sin producción en masa y un producto fabricado mediante la sustitución de un componente por otro [43].

#### **3.2.5.4 Factores que influyen sobre el comportamiento reológico**

A temperaturas por debajo del punto de ebullición normal, la viscosidad del líquido tiene poco efecto sobre valores moderados, a presiones muy altas la viscosidad aumenta significativamente. Por ello, esta última aumenta con la complejidad molecular, pero no existe una forma confiable de estimar la viscosidad en general de las propiedades reológicas en los líquidos a baja temperatura y alta presión.

##### **Efecto de las propiedades superficiales**

En suspensiones coloidales donde la fase dispersa tiene un área superficial grande, el efecto de las propiedades superficiales juega un papel muy importante. Esto se debe principalmente al hecho de que el comportamiento reológico se ve muy afectado por la densidad de carga superficial y la fuerza iónica del medio de dispersión, porque estas variables afectan la interacción neta entre partículas.

La interacción neta es la suma de los componentes repulsivo y atractivo, el componente atractivo viene dado por la gravedad de Van Der Waals y es insensible a los fenómenos superficiales. El componente repulsivo se debe a la fuerza eléctrica repulsiva (fuerza repulsiva innata) que rodea a la partícula.

Cuando la interacción neta es repulsiva se observa el comportamiento newtoniano de la suspensión, sin embargo, cuando la interacción neta es atractiva, la suspensión puede presentar un comportamiento pseudoplástico debido a la formación de flóculos o estructuras espaciales.

Se debe tener en cuenta todo lo mencionado anteriormente, es evidente que el efecto de las propiedades superficiales sobre la reología de las emulsiones y aceites coloidales es un fenómeno general, de modo que al principio del proceso pueden ser aplicados individualmente al tipo de petróleo que lo conforma [43].

### Efecto de la temperatura

Por lo general en la mayoría de los líquidos se distingue una disminución de la viscosidad con un aumento de la temperatura. La disminución de la viscosidad se debe a:

- Baja de la viscosidad del medio dispersante.
- Debilidad de las estructuras formadas por las partículas al aumentar la temperatura.

El resultado de la temperatura sobre la viscosidad se representa con la ecuación de Andrade.

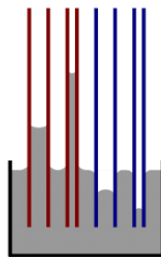
#### **3.2.5.5 Análisis reológico de tubos capilares**

Consiste en forzar la salida de cualquier tipo de muestra por dimensiones determinadas que está dado por la presión alta. La caída de presión se calcula con la finalidad de adquirir datos de la velocidad de presión de flujo y también para el tipo de fluido al que se le determina la viscosidad. Por lo general se controla la temperatura y velocidad para poder representar el entorno del proceso de estudio.

La reometría capilar tiene su origen en la industria del polímero, se utiliza para medir la viscosidad de suspensiones y todo aquello que posee una carga alta, esta puede aplicar una fuerza demasiado elevada que permite explorar el comportamiento de las velocidades del cizallamiento rotacional, la muestra para el estudio es de 1 litro para poder garantizar la curva del flujo [43].

### Capilaridad

Se lo define como el ascenso o descenso de cualquier tipo de líquido que se encuentra sometido a un tubo capilar, por lo general vienen procedentes por tensión superficial dependiendo de magnitudes de la cohesión y a su vez del adherimiento del líquido a la pared del tubo, siempre existe una relación que define cuando un líquido asciende por los tubos  $\text{cohesión} < \text{adherimiento}$ , en cambio cuando desciende se produce  $\text{cohesión} > \text{adherimiento}$ . Cabe recalcar que la capilaridad toma mucho valor en tubos estrechos que sean  $< 10$  mm, mientras que para valores  $> 12$  mm es insignificante [43].



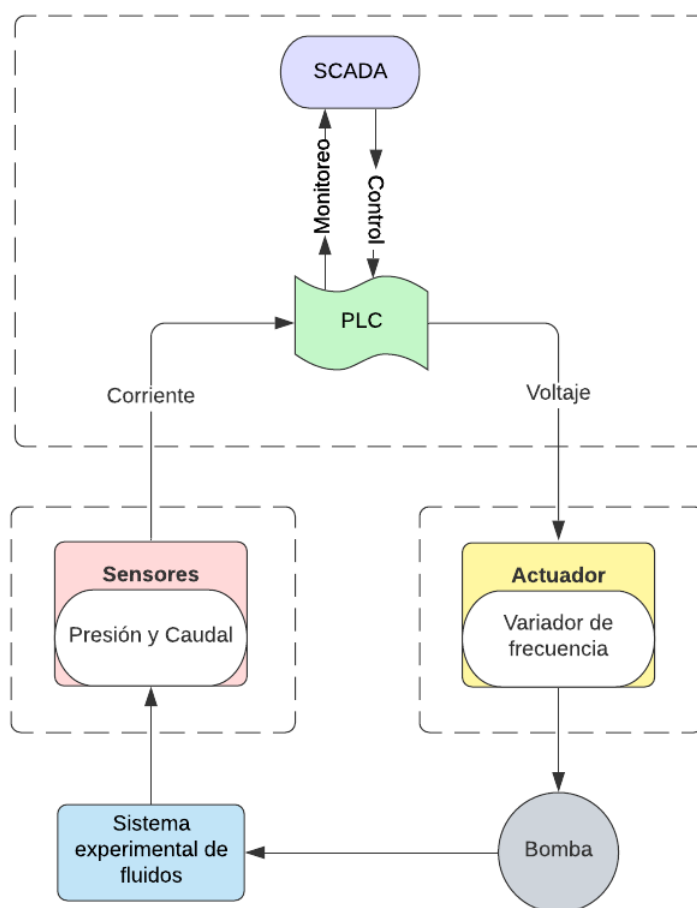
**Figura 22.** Capilaridad de los fluidos.



## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Introducción

El proyecto de tesis a tratar consiste en la implementación de un sistema de medición para determinar pérdidas de presión en tuberías de aceite, se pretende utilizar las distintas herramientas tecnológicas en la elaboración del proceso industrial. En la Figura 23, se detallan los elementos a dimensionar para su aplicación en el sistema experimental de fluidos.



**Figura 23.** Proceso de adquisición de datos del sistema de fluidos experimental.

Las líneas entrecortadas representan los elementos a implementar, es decir: el sistema SCADA, PLC, sensores y actuador. El sistema experimental de fluidos y la bomba no se dimensiona debido a que estos elementos ya existían.

### 4.2 Matriz de operacionalización de variables

- **Variable independiente**  
Diámetro de tuberías y número de revoluciones
- **Variable dependiente**  
Pérdidas de carga en tuberías de aceite

### 4.3 Operacionalización de las variables

Las variables independientes y dependientes consideradas en la propuesta tecnológica se detallan en las Tablas 4 y 5.

**Tabla 4.** Variable independiente.

Variable independiente	Unidad	Técnicas	Instrumentos
Diámetro de las tuberías	Metros (m)	Observación	Calibrador
Número de revoluciones	Hercio (Hz)	Programación	Variador de frecuencia

**Tabla 5.** Variable dependiente.

Variable dependiente	Unidad	Técnicas	Instrumentos
Pérdidas de presión en tuberías	Presión (Pa)	Observación	Sensores de presión diferencial

### 4.4 Método de ponderación

El método de ponderación desarrollado en la propuesta tecnológica permite la elección del controlador, los sensores y variador de velocidad, se realiza una matriz de ponderación cualitativa la cual se detalla en el Anexo I.

Para el dimensionamiento del variador de velocidad se toma en cuenta las características de la bomba y el motor ya existentes en el módulo como se observa en la Tabla 6 y 7.

**Tabla 6.** Características de la bomba.

CARACTERÍSTICAS	Bomba TUTHILL 4312 1''
Tipo	Engranaje
Flujo	2.27 L/min
Potencia	2HP
Voltaje	220V

**Tabla 7.** Características del motor.

CARACTERÍSTICAS	Bomba TUTHILL 4312 1''
Voltaje	220/240V
Corriente	7.8/3.9 A
RPM	1100
Cos $\beta$	0,77
Serial	BG090L
Frecuencia	60 Hz
Número de polos	3

## 4.5 Metodología de cálculo

La metodología de cálculo es implementada al presente proyecto de tesis, debido a que es fundamental la comparación de los datos calculados y los datos obtenidos a través del sistema SCADA, para validar la funcionalidad del módulo experimental de fluidos.

### 4.5.1 Flujo laminar

El cambio de flujo laminar a turbulento depende de la geometría, la rugosidad de la superficie, la velocidad del flujo, el tipo de fluido, la temperatura de la superficie, entre otros. Para determinar el flujo laminar se utiliza el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad (4.1)$$

donde  $\rho$  = densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>),  $V$  = velocidad de flujo (m/s),  $D$  = diámetro (m), y  $\mu$  = viscosidad del fluido.

La velocidad de flujo es igual:

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

Una vez obtenido el número de Reynolds se determina si el flujo en la tubería circular es laminar o turbulento, para lo cual según el libro de Mecánica de Fluidos de Cengel expone que [44]:

$$\begin{aligned} Re &\lesssim 2300 \text{ Flujo laminar} \\ 2300 &\lesssim Re \lesssim 4000 \text{ Flujo transicional} \\ Re &\gtrsim 4000 \text{ Flujo turbulento} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Una vez identificado el tipo de flujo y en el caso de ser laminar, la pérdida de presión se determina con la siguiente expresión:

$$\Delta P_L = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad (4.4)$$

donde  $L$  = es la longitud entre dos puntos, y  $\lambda$  = factor de fricción.

Mediante la obtención de los gradientes de presión se puede elaborar el gráfico de  $i = f(v)$ , para el flujo durante el transporte, siendo:

$$\frac{\Delta P}{L} = i \quad (4.5)$$

Con la obtención del gráfico  $\lambda = f(Re)$  se puede observar la correlación entre el factor de fricción con el aumento del número de Reynolds. El factor de fricción quedará determinado por la relación:

$$\lambda = i \frac{2 \cdot D}{\rho \cdot V^2} \quad (4.6)$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4.7)$$

A continuación, se procede a determinar la pérdida de carga:

$$h_L = \frac{\Delta P_L}{\rho \cdot g} \quad (4.8)$$

$$h_L = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (4.9)$$

donde  $g$ =gravedad ( $m/s^2$ ).

La pérdida de carga representa la altura adicional que el fluido necesita para subir a través de la bomba para vencer las pérdidas por fricción en la tubería. Por consiguiente, se determina la gradiente de velocidad:

$$\gamma = \frac{8 \cdot V}{D} \quad (4.10)$$

Por último, se analiza el esfuerzo cortante mediante la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{D \cdot \Delta P}{4 \cdot L} \quad (4.11)$$

#### 4.5.2 Flujo turbulento

Para el flujo turbulento o transicional plantean diferentes ecuaciones para la determinar el factor de fricción una de ellas es:

Blasius: Para tubos lisos como aluminio, plástico, vidrio, cobre, latón, plomo.

$$f = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad (4.12)$$

#### 4.5.3 Porcentaje de error

Para el cálculo del porcentaje de error entre los datos obtenidos del sistema experimental y la teórica se aplica la siguiente ecuación:

$$Error = \frac{Teórico - Experimental}{Teórico} \cdot 100\% \quad (4.13)$$

#### 4.5.4 Datos del sistema experimental de fluidos

Para la aplicación de las ecuaciones descritas anteriormente es necesario conocer varios parámetros dados por los fabricantes los cuales se pueden observar en la Tabla 8.

##### Tubos ISO galvanizado

Son de uso general en la conducción de fluidos como agua, vapor, gas y aire a presión, están

fabricados bajo la norma ISO 65/NTE INEN 2470, poseen un recubrimiento interno y externo galvanizado. La capa promedio de material galvanizado es ASTM A53: min 550 gr/m<sup>2</sup>.

### Aceite lubricante

Las características del aceite se toman de un estudio de envejecimiento de aceites lubricantes realizados a través de un reómetro [45].

**Tabla 8.** Características de las tuberías y aceite.

CARACTERÍSTICAS	TUBERÍA 1"	TUBERÍA 3/4"	TUBERÍA 1/2"
Diámetro interno (D)	0.028 m	0.022 m	0.017 m
Longitud entre dos puntos (L)	2 m	2 m	2 m
CARACTERÍSTICAS ACEITE LUBRICANTE SAE 20W50			
Temperatura (°C)	Viscosidad ( $\mu$ )		Densidad ( $\rho$ )
20	0.38 Pars		950 kg/m <sup>3</sup>

## 4.6 Método volumétrico

El método volumétrico es utilizado para verificar el funcionamiento del sensor de flujo para lo cual se determina por la siguiente ecuación:

$$V = \frac{1}{3} * \pi * h(R^2 + r^2 + R * r) \quad (4.14)$$

Donde  $h$  = altura,  $R$  = radio mayor,  $r$  = radio menor.

## 4.7 Medición

Mediante la medición se realiza la toma de datos de los manómetros ubicados en cada uno de los tramos de las distintas tuberías, para verificar el funcionamiento de los sensores de presión diferencial.

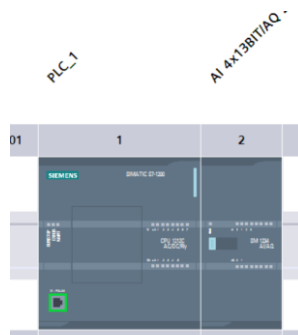
## 4.8 Método sistemático

El método sistemático se implementó en la propuesta tecnológica para el diseño del sistema de supervisión y adquisición de datos, el cual se desarrolla a través de softwares de programación [46].

### 4.8.1 Acondicionamiento de sensores

El acondicionamiento de los sensores de presión diferencial y caudal se determina por los siguientes pasos:

1. Seleccione el software de programación TIA Portal.
2. En la opción de configuración de dispositivos, elija el controlador y el respectivo módulo analógico.



**Figura 24.** Configuración de dispositivos.

3. En el módulo analógico se deben configurar los canales donde se van a conectar los sensores.

Dirección de canal:	IW96
Tipo de medición:	Intensidad
Rango de intensidad:	0..20 mA
Filtrado:	Débil (4 ciclos)

**Figura 25.** Configuración de canales analógicos.

4. A continuación, se procede a nombrar las variables %IW, las cuales son las entradas físicas de los sensores como se observa en la Tabla 9:

**Tabla 9.** Variables de sensores.

Sensor_presión1	IW96
Sensor presión3_4	IW98
Sensor1_2presión	IW100
Sensor Flujo	IW102

5. Para el escalamiento de los sensores se agrega los bloques NORM y SCALE, los valores a escalar se observan en la Tabla 10:

**Tabla 10.** Valores de escalamiento.

Variables	Sensor de presión tubería 1''	Sensor de presión tubería 3/4''	Sensor de presión tubería 1/2''	Sensor de flujo
Señal de entrada	4-20 mA			
Valor escalado (int)	5530 – 27648			
Rangos	0-40 Psi	0-40 Psi	0-40 Psi	0.15 a 1.5 m <sup>3</sup> /h

Se debe tener en cuenta que mediante la programación se realiza conversión de unidades por lo cual se utiliza las siguientes fórmulas:

Conversión de Psi a Pa:

$$Pa = Psi * 6895 \tag{4.15}$$

Conversión  $m^3/h$  a  $m^3/s$

$$\frac{m^3}{h} * \frac{1h}{3600s} = \frac{m^3}{s} \quad (4.16)$$

Conversión  $m^3/h$  a  $L/min$

$$\frac{m^3}{h} * \frac{1h}{60min} * \frac{1000L}{1m^3} = \frac{L}{min} \quad (4.17)$$

Al implementar un variador de velocidad es necesario conocer las RPM de la bomba por lo cual en la programación se utiliza la siguiente expresión:

$$V_s = \frac{f*60}{P} * (1 - s) \quad (4.18)$$

$$s = \frac{V_s - V}{V_s} \quad (4.19)$$

donde  $f$ =frecuencia,  $s$  = deslizamiento,  $P$  = número de polos,  $V$ = velocidad nominal.

#### **4.8.2 Sistema eléctrico**

En esta parte se exponen las consideraciones necesarias para el suministro eléctrico en el sistema automatizado, para ello es necesario dimensionar dispositivos de protección y alimentación.

##### **Fuente de alimentación AC**

El sistema experimental está alimentado por una red trifásica AC, debido a que el motor ya encontrado en el módulo presenta esas características para su funcionamiento.

##### **Fuente de alimentación DC**

Es necesario tener una fuente de alimentación externa de 24 VDC para el acondicionamiento de los sensores, debido a que no es recomendable el uso de la fuente interna del PLC. Se utiliza una fuente de alimentación de 12 VDC y un elevador de voltaje que permita la conversión de 12 V a 24V DC.

Para el dimensionamiento de la corriente necesaria de la fuente de alimentación se toma en cuenta la corriente que consume cada sensor y el módulo analógico.

$$I_T = I_{S1} + I_{S2} + I_{S3} + I_{AI} \quad (4.20)$$

donde  $I_S$  = Corriente consumida por sensores,  $I_{AI}$  = Corriente consumida por módulo analógico.

##### **Interruptor termomagnético**

Para proteger el motor es necesario conocer la corriente a plena carga:

$$I_{pc} = I_n * I_{nb} \quad (4.21)$$

donde  $I_n$  = factor de seguridad arranque de la bomba,  $I_{nb}$ = corriente nominal de la bomba.

Una vez determinada la corriente a plena carga, se dimensiona el interruptor termomagnético con este valor.

### 4.8.3 Descripción mecánica

Se procederá a realizar una descripción detallada y precisa de las dimensiones de cada uno de los elementos que forman el sistema experimental de fluidos, a través de planos realizados en el software Inventor, estas medidas se obtendrán del módulo ya existente.

### 4.8.4 Diseño del sistema SCADA

Para el diseño del sistema SCADA, se emplea el software Ignition, el cual permite la visualización de las variables presentes en el sistema experimental de fluido a continuación, se presenta los siguientes pasos a seguir para su diseño:

1. Instalación del software Ignition.
2. Ingrese al entorno de gestión a través de la siguiente dirección <http://localhost:8088/>
3. En la pestaña de configuración se inserta el username y password.
4. Se conecta el PLC, para lo cual selecciona la pestaña de OPC-UA y crea un nuevo Device.
5. Elija la opción de Siemens S7-1200 y asigne la dirección IP correspondiente del PLC.
6. Seleccione la pestaña iniciar como diseñar y ejecute el archivo.
7. Cree un nuevo proyecto.
8. Para la asignación de variables seleccione en la carpeta tags y cree una OPC Tag.
9. Diseñe las variables correspondientes en base a la programación que contiene el PLC.

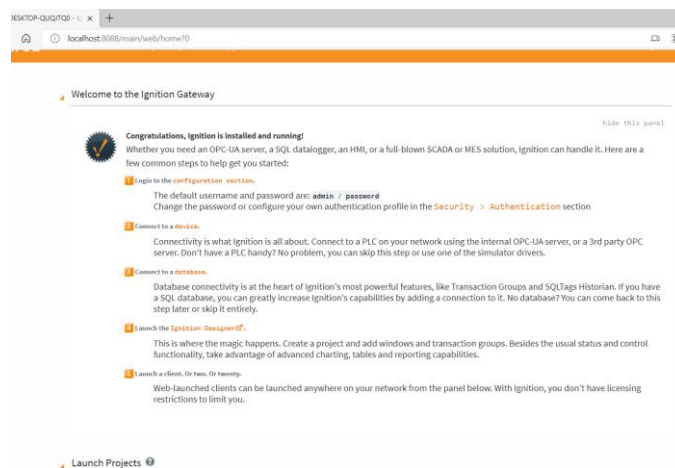


Figura 26. Entorno de gestión.

## 4.9 ANOVA de dos vías

De este modo se utilizará el método de ANOVA de dos vías, con la finalidad de comparar los resultados de presión y caudal obtenidos cuando se le aplican las variaciones de frecuencia a la bomba y en los distintos diámetros de tuberías del módulo de aceite.



## 4.10 Método experimental

El método experimental ejecutado en la propuesta tecnológica permite la obtención de las variables para su comparación con el método de cálculo. En la Tabla 11, se recopilan los datos de las mediciones.

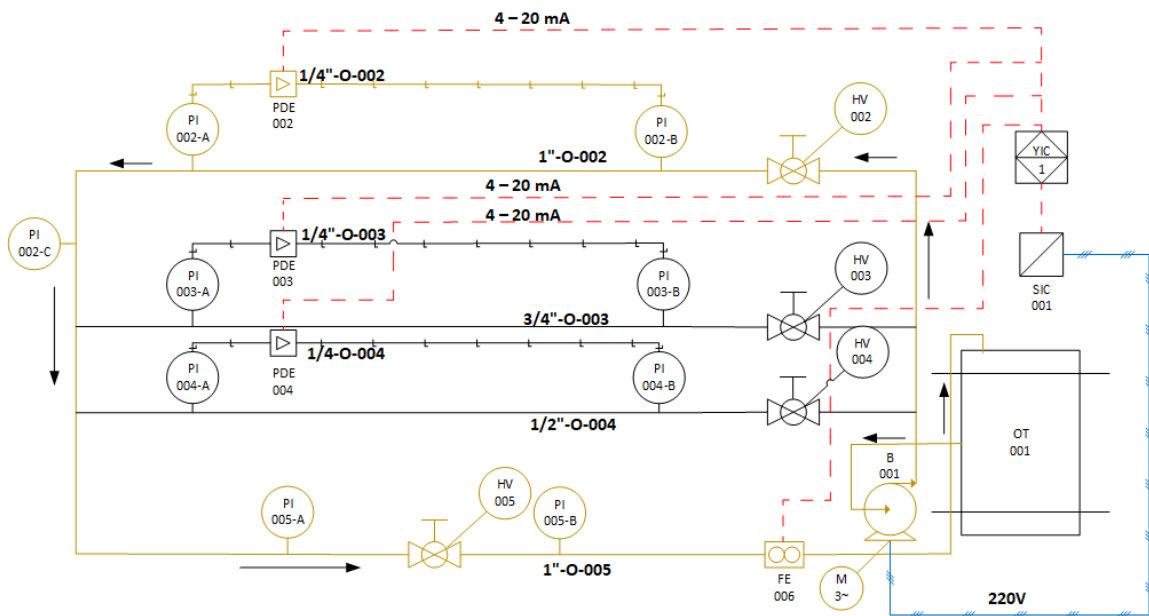
**Tabla 11.** Recopilación y tratamiento de datos.

Tubería de 1", 3/4", 1/2"																	
N°	RPM	Frecuencia (Hz)	Diámetro interno (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	$\Delta P$ (Pa) Exp.	Re	$\lambda$ Exp.	$\lambda$ Teór.	$\Delta h$ (m) Exp.	$\gamma$ (s <sup>-1</sup> )	$\tau$ (Pa)	$\Delta P$ (Pa) Teór.	$\Delta h$ (m) Teór.	$\Delta P$ Error (%)	$\Delta h$ Error (%)
1	550	30	Tabla 10.	Sensor de flujo	Transformación	Ec.4.2	Sensores diferenciales	Ec.4.1	Ec.4.6	Ec.4.7	Ec.4.8	Ec.4.10	Ec.4.11	Ec.4.4	Ec.4.9	Ec.4.13	Ec.4.13
2	624	34															
3	697	38															
4	770	42															
5	844	46															
6	917	50															
7	990	54															
8	1064	58															
9	1100	60															

### 4.10.1 Módulo didáctico para la conexión de entradas y salidas del PLC

Los pasos para la conexión del módulo didáctico se observan en el Anexo II, en donde se presentará la conexión del suministro eléctrico, el sensor de flujo, los sensores de presión diferencial y el variador de frecuencia.

### 4.10.2 Obtención de datos tubería de 1"



**Figura 27.** Diagrama P&ID de tramo 1.

Para la obtención de los valores de caudal y diferencia de presión en la tubería de 1" realice los siguientes pasos:

1. Revise la conexión del módulo didáctico para la conexión de entradas y salidas del PLC (Anexo II).
2. Compruebe la conexión de las mangueras en el sensor diferencial (PDE002).
3. Verifique que la válvula (HV002) esté completamente abierta.
4. Confirme que las válvulas (HV003 y HV004) estén completamente cerradas.
5. Ingrese al sistema de supervisión y adquisición de datos.
6. Ponga en marcha la bomba.
7. Escriba el valor de la frecuencia.
8. Tome la lectura  $\Delta P$ , se recomienda tomar 3 valores para trabajar con el promedio de los mismos.
9. Revise que los valores  $\Delta P$  arrojados son iguales a la diferencia de presión entre los manómetros (PI002-A y PI002-B).
10. Tome la lectura del caudal (Q).
11. Realice esto para las 9 lecturas planteadas.

#### 4.10.3 Obtención de datos tubería de 3/4"

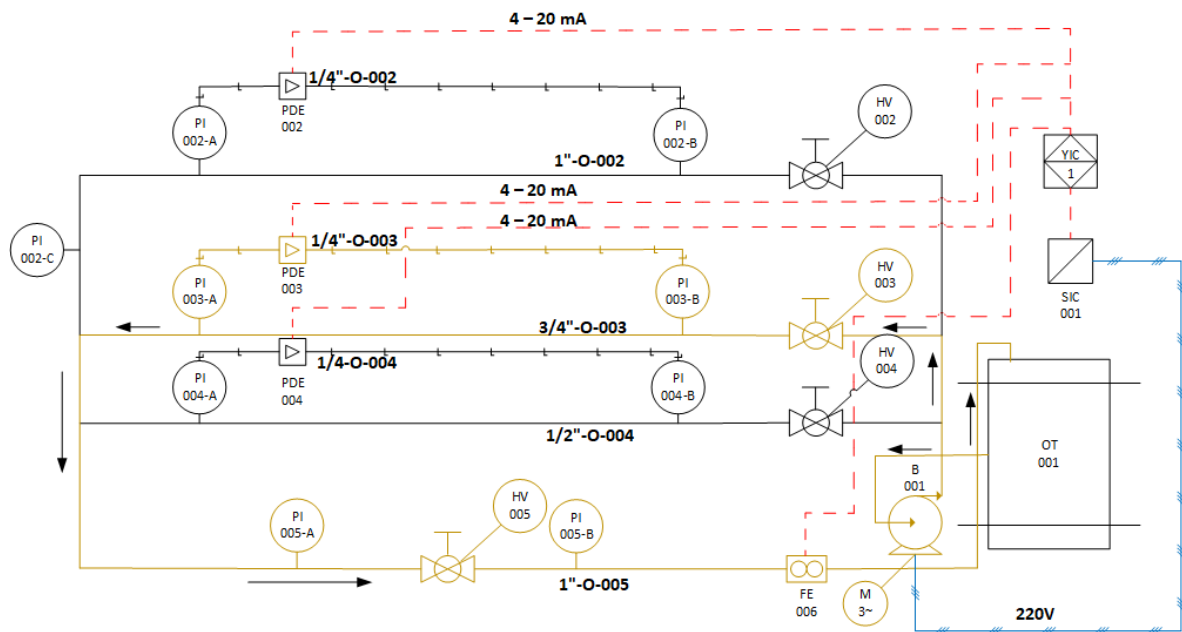


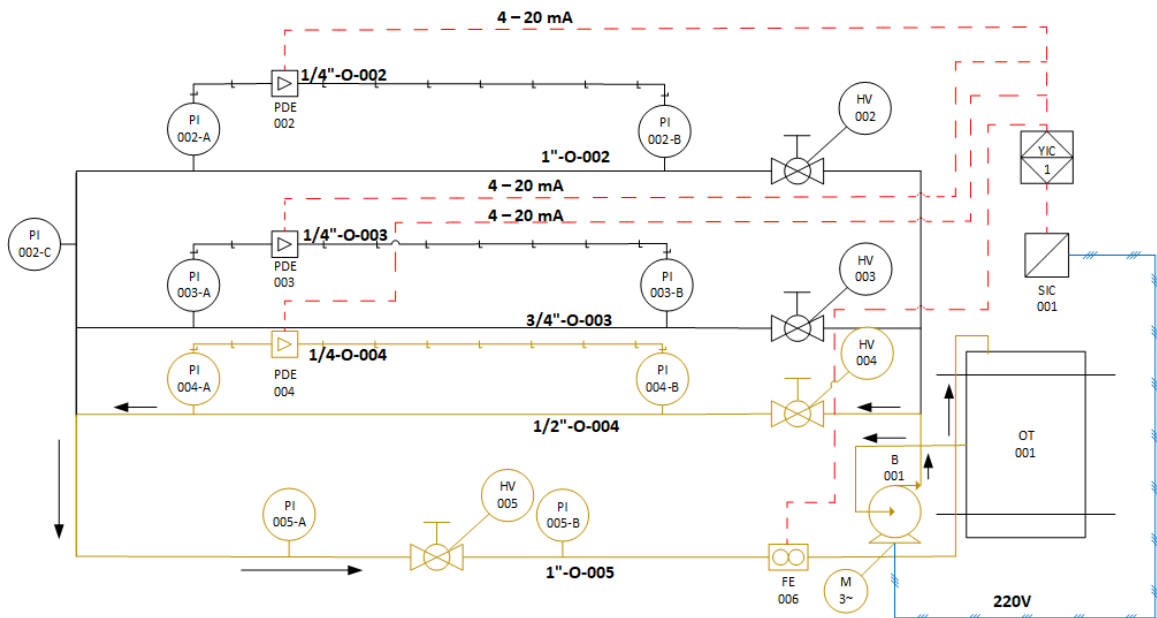
Figura 28. Diagrama P&ID de tramo 2.

Para la obtención de los valores de caudal y diferencia de presión en la tubería de 3/4" realice los siguientes pasos:

1. Revise la conexión del módulo didáctico para la conexión de entradas y salidas del PLC.

2. Compruebe la conexión de las mangueras en el sensor diferencial (PDE003).
3. Verifique que la válvula (HV003) esté completamente abierta.
4. Confirme que las válvulas (HV002 y HV004) estén completamente cerradas.
5. Ingrese al sistema de supervisión y adquisición de datos.
6. Ponga en marcha la bomba.
7. Escriba el valor de la frecuencia.
8. Tome la lectura  $\Delta P$ , se recomienda tomar 3 valores para trabajar con el promedio de los mismos.
9. Revise que los valores  $\Delta P$  arrojados son iguales a la diferencia de presión entre los manómetros (PI003-A y PI003-B).
10. Tome la lectura del caudal (Q).
11. Realice esto para las 9 lecturas planteadas.

#### 4.10.4 Obtención de datos tubería de 1/2"



**Figura 29.** Diagrama P&ID de tramo 3.

Para la obtención de los valores de caudal y diferencia de presión en la tubería de 1/2" realice los siguientes pasos:

1. Revise la conexión del módulo didáctico para la conexión de entradas y salidas del PLC (Anexo II).
2. Compruebe la conexión de las mangueras en el sensor diferencial (PDE004).
3. Verifique que la válvula (HV004) esté completamente abierta.
4. Confirme que las válvulas (HV002 y HV003) estén completamente cerradas.

5. Ingrese al sistema de supervisión y adquisición de datos.
6. Ponga en marcha la bomba.
7. Escriba el valor de la frecuencia.
8. Tome la lectura  $\Delta P$ , se recomienda tomar 3 valores para trabajar con el promedio de los mismos.
9. Revise que los valores  $\Delta P$  arrojados son iguales a la diferencia de presión entre los manómetros (PI004-A y PI004-B).
10. Tome la lectura del caudal (Q).
11. Realice esto para las 9 lecturas planteadas.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Finalizada la implementación del sistema de medición a través del método SCADA, se obtiene la visualización de las variables de presión y caudal del módulo didáctico para determinar pérdidas de carga en tuberías de aceite, dando como resultado la toma de datos experimentales para la evaluación con los datos teóricos.

### 5.1 Selección del controlador

La mayor puntuación obtenida es el PLC S7-1200, que cumple la mayor parte de requerimientos para el funcionamiento óptimo del proceso, como se observa en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Selección de controlador.

OPCIONES	PLC NANO (LOGO)	PLC COMPACTO (PLC S7-1200)	PLC MODULAR (XC200)
REQUERIMIENTOS			
Tensión de alimentación 120/230V AC	5	5	5
Voltaje de entrada 24V DC	5	5	5
Entradas digitales	5	3	3
Entradas analógicas	5	5	5
Módulos de expansión analógicos	0	3	3
Programación	0	5	0
Tamaño	5	5	0
Conexión Ethernet	5	5	5
Costos	5	3	3
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>29</b>

Por ende, las características del controlador seleccionado se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Características PLC S7-1200.

CARACTERÍSTICAS	PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/RLY
Tensión de alimentación	120/230V AC
Voltaje de entrada	24 V DC
Entradas digitales	8
Entradas analógicas	2 (10V)
Salidas digitales	6 relé
Comunicación	Ethernet

Por lo tanto, las entradas analógicas del controlador no abastecen para la conexión de los sensores, entonces se implementa un módulo de expansión analógico, en la Tabla 14 se muestran las características de este dispositivo.

**Tabla 14.** Características módulo analógico.

CARACTERÍSTICAS	SM1234 AI/AQ
Tensión de alimentación	24V DC
Entradas analógicas	4 (10V/4-20mA)
Salidas analógicas	2 (10V)

## 5.2 Selección de sensor de flujo

La mayor puntuación obtenida es el sensor de flujo tipo turbina, que cumple con la mayoría de los requerimientos para lectura óptima de la variable de caudal, como se observa en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Selección del sensor de flujo.

OPCIONES	TURBINA	MAGNÉTICO	PISTÓN
<b>REQUERIMIENTOS</b>			
Tensión de alimentación 24 V DC	5	5	5
Rango 0 – 1 m <sup>3</sup> /h	3	3	3
Señal de salida 4-20 mA	5	5	5
Fluido tipo aceite	5	5	5
Costos	5	0	0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>18</b>

Por ende, las características del sensor de flujo seleccionado se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Características del sensor de flujo.

CARACTERÍSTICAS	TURBINA
Especificación	GTLWGY10A1LC2WSN
Rango	0.15 - 1.5 m <sup>3</sup> /h
Número de serie	L10211026
Fuente de alimentación	24 V DC
Señal de salida	4-20 mA
Error	±1.0 %
Operación	6.3 MPa
Factor de medida	1754.3 pulsos/L

## 5.3 Selección de sensores diferenciales

La mayor puntuación obtenida es el sensor de presión diferencial, que cumple con la mayoría de los requerimientos para lectura óptima de la variable de presión, como se observa en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Selección de sensores de presión.

OPCIONES	SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL WNK805	SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA HDP500	SENSOR DE PRESIÓN MANOMÉTRICA 828-5723
REQUERIMIENTOS			
Tensión de alimentación 24 V DC	5	5	5
Rango 0 – 40 Psi	5	3	0
Señal de salida 4-20 mA	5	5	3
Fluido tipo aceite	5	5	5
Costos	5	0	0
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>13</b>

Por ende, las características de los sensores de presión seleccionado se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18.** Características sensores de presión.

CARACTERÍSTICAS	SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL
Modelo	WNK805
Rango	0 - 40 Psi
Fuente de alimentación	24 V DC
Temperatura ambiente	23 °C
Precisión	±0.5 % FS
Número de serie	T211109
Señal de salida	4-20 mA
Humedad de ambiente	65 RH%

#### 5.4 Selección de variador de velocidad

La mayor puntuación obtenida es el variador de velocidad de corriente alterna, que cumple con la mayoría de los requerimientos para el control del motor, como se observa en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Selección del variador de velocidad

OPCIONES	CORRIENTE ALTERNA LS IG5A	CORRIENTE DIRECTA TPD32 EV
REQUERIMIENTOS		
Entradas/Salidas 0 a 10 V	5	5
Voltaje 200 a 230 V	5	0
Potencia 2 HP	3	3
Frecuencia 60 Hz	5	5
Costos	5	0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>13</b>

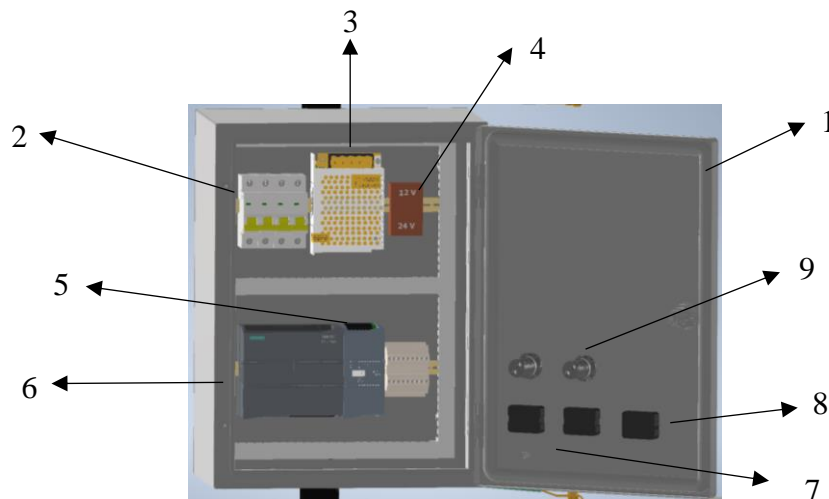
Por ende, las características del variador de velocidad seleccionado se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Características del variador de velocidad.

CARACTERÍSTICAS	VARIADORES DE FRECUENCIA DE CORRIENTE ALTERNA
Modelo	LS IG5A
Salida de alimentación	24 Vcc
Señal de entrada	NPN / PNP
Monofásico	0.4 – 1.5 kW (200-230V)
Trifásico	0.4 – 22 kW (200-230V) 0.4 – 22kW (380-480V)
Interfaz	Comunicación RS 485 (LS Bus. MODBUS RTU)
Frecuencia	50/60 Hz
Entradas	Analógicas de -10 + 10, 0-10 Vcc, 4-20mA
Potencia	2HP
Ventilador	Desmontable

### 5.5 Diseño eléctrico

En esta parte se expone las consideraciones necesarias para el suministro eléctrico en el sistema automatizado, para ello el tablero cuenta con un circuito de conexión como se observa en el Anexo III.



**Figura 30.** Tablero eléctrico del sistema de medición para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite.

El tablero está alimentado por una línea trifásica de 220 VAC, y está compuesta por los siguientes elementos:

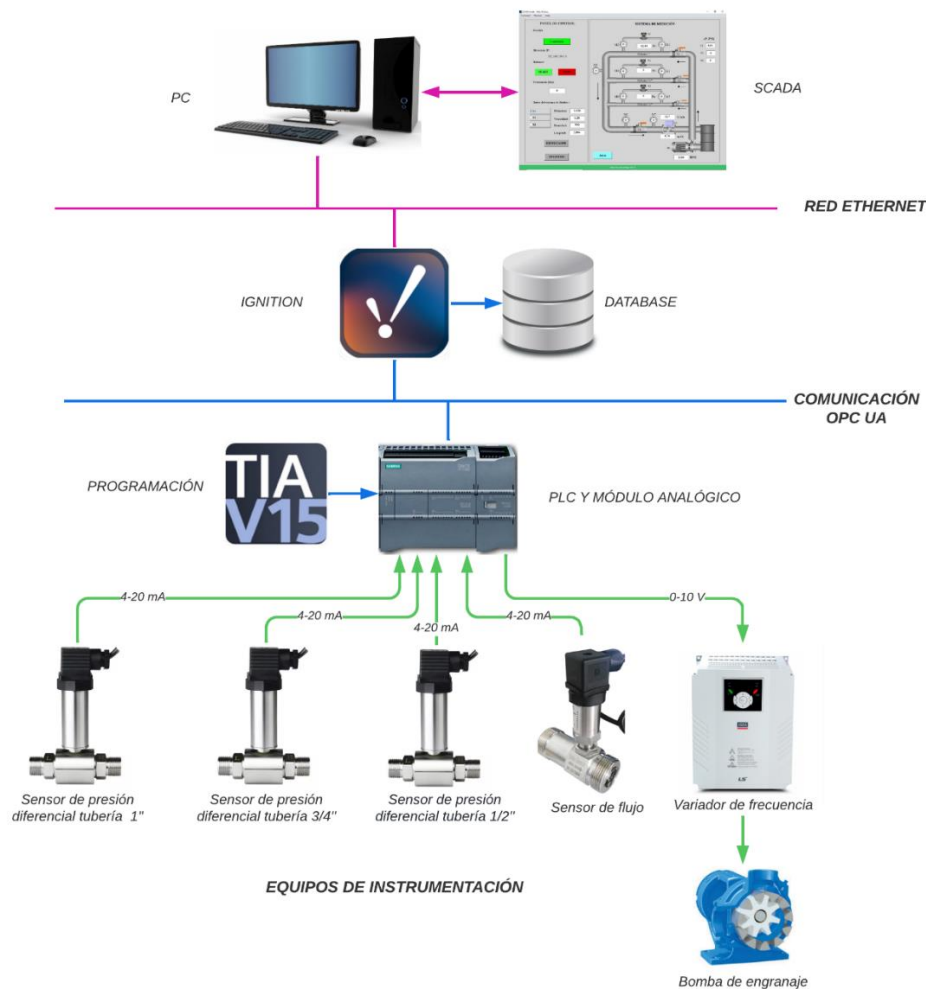
1. Tablero eléctrico: De poliéster, con dimensiones de 30x30x20 cm.
2. Interruptor electromagnético: Marca Siemens, corriente de 10 A.
3. Fuente de voltaje: 12 V, corriente de 5 A.

4. Elevador de voltaje: 12 a 24 V, corriente de 6 A.
5. Controlador: PLC S7-1200, las características se detallan en la Tabla 13.
6. Módulo de expansión: Tipo analógico, las características se detallan en la Tabla 14.
7. Pulsador de marcha y paro: 220 VAC, corriente de 3 A.
8. Paro de emergencia: 220 VAC, corriente de 5 A.
9. Luces indicadoras: 220 VAC, corriente de 3 A, color rojo y verde.

## 5.6 Adquisición de datos

Para la adquisición de datos es necesario el escalamiento de los sensores a través de la programación en este caso se emplea el lenguaje tipo KOP. Mediante el software TIA Portal se diseña la programación y se carga al PLC, en el Anexo IV se observa la programación del sistema experimental de fluidos.

## 5.7 Sistema de medición

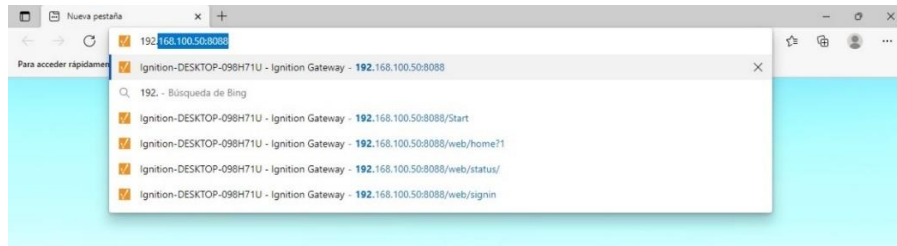


**Figura 31.** Arquitectura de red del sistema de medición para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite.



El sistema de medición es desarrollado en el software Ignition, para la visualización de las variables se conecta al PLC a través de comunicación OPC UA en la Figura 31, se muestra la arquitectura de red del sistema de medición para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite.

### 5.7.1 Dirección IP



**Figura 32.** Dirección IP del servidor web local.

En la Figura 32, se encuentra la dirección IP de la aplicación mediante, la cual pone en marcha el funcionamiento de la aplicación y además verificar el estado de conexión del PLC.

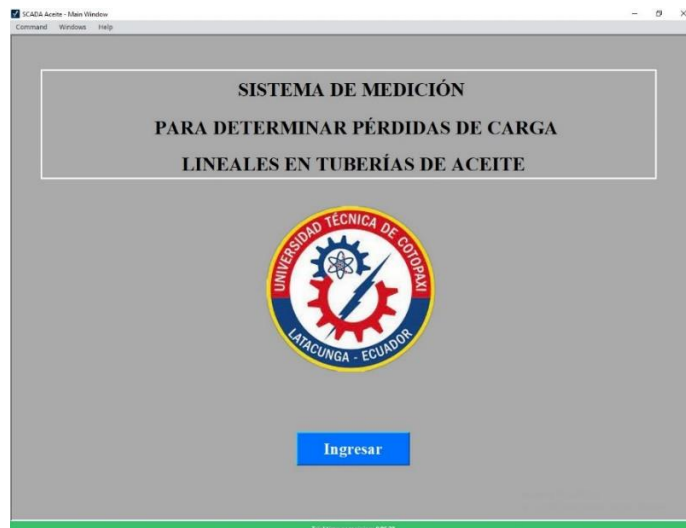
### 5.7.2 Aplicación



**Figura 33.** Aplicación.

En la Figura 33, se encuentra la aplicación ejecutable donde se ingresa al sistema de medición del módulo experimental de fluidos.

### 5.7.3 Inicio



**Figura 34.** Ventana de inicio.

En la Figura 34, se observa la ventana de inicio de la aplicación, esta cuenta con un botón de inicio que dirige a la ventana de sistema de medición.

### 5.7.4 Visualización de datos

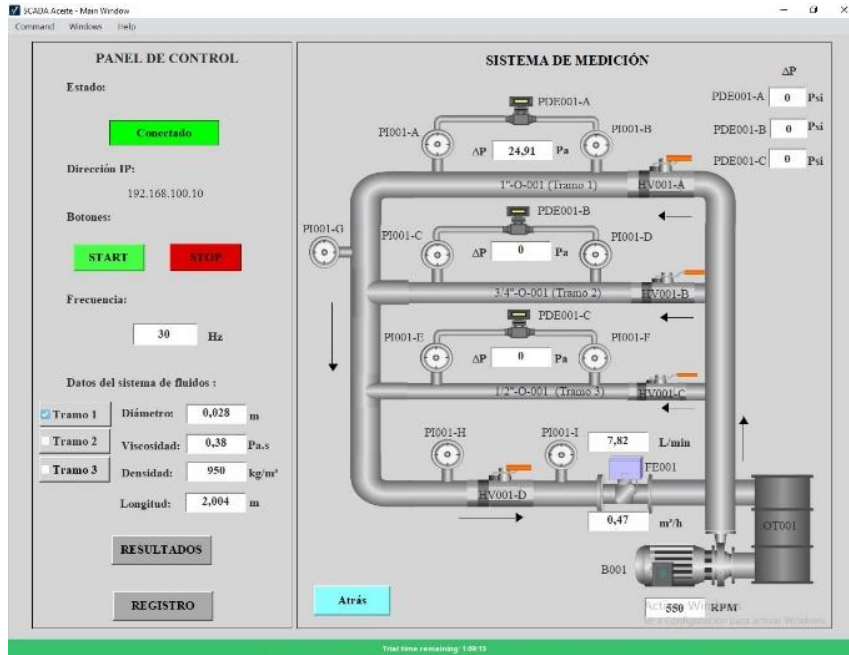


Figura 35. Ventana de visualización de datos.

En la Figura 35, se observa la ventana de visualización de datos, la cual consta con un panel de control y de visualización.

### 5.7.5 Panel de resultados

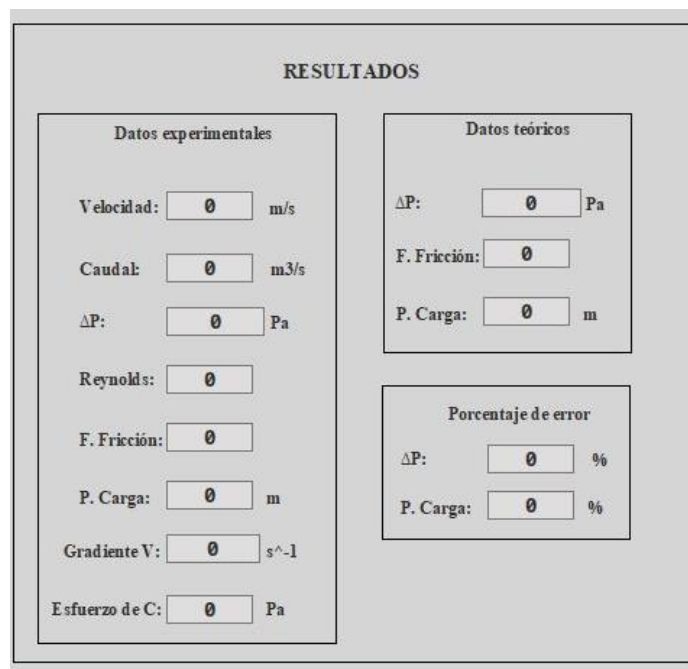


Figura 36. Panel de resultados.

En la Figura 36, se muestra el panel de resultado, donde se visualizan los resultados teóricos y experimentales de cada tramo de tubería.

### 5.7.5 Registro de datos

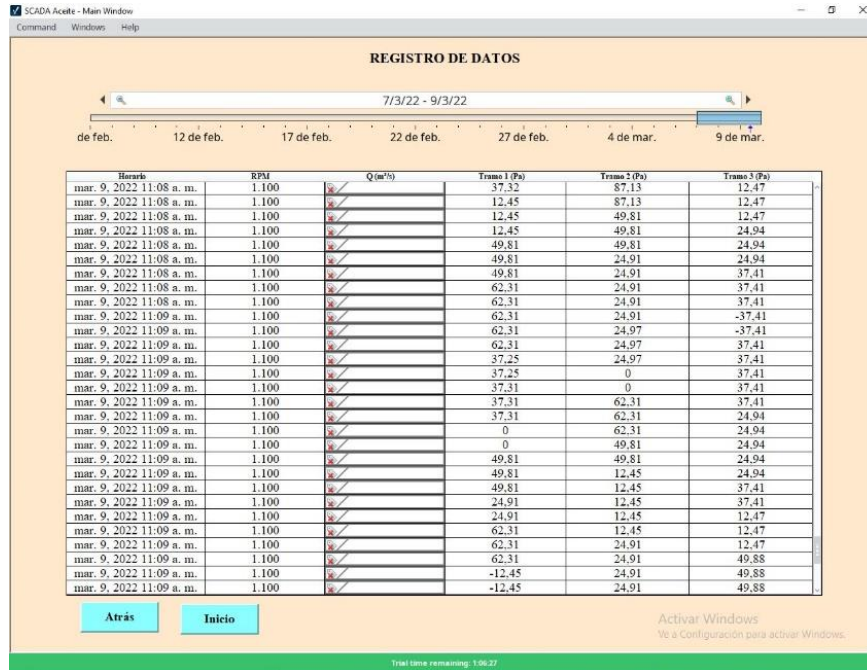


Figura 37. Panel de resultados.

En la Figura 37, se observa el registro de datos, este consta con la adquisición de ciertas variables en tiempo real y las almacena.

### 5.8 Dimensiones del sistema experimental de fluidos

Las dimensiones del sistema experimental de fluidos se observan en el Anexo V y se realiza a través del software Inventor.

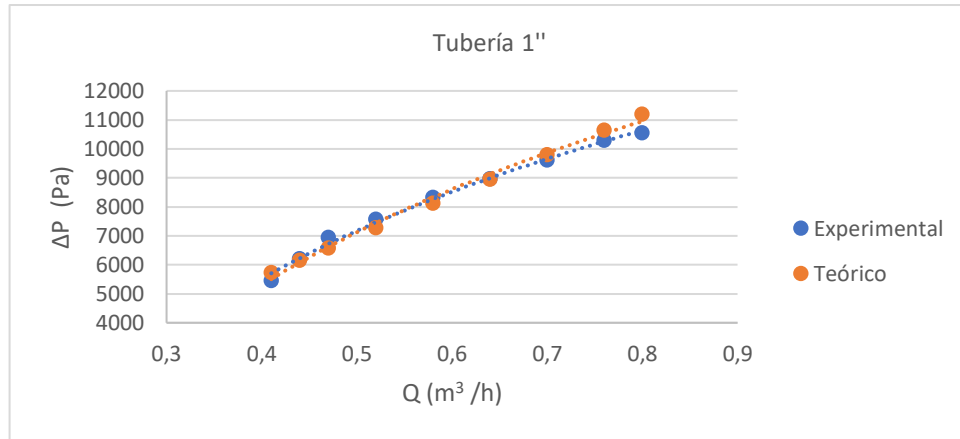


Figura 38. Sistema experimental de fluidos.

## 5.9 Resultados experimentales

### 5.9.1 Tramo 1

En el Anexo VI, se muestran los resultados experimentales correspondientes a las pérdidas de presión del tramo 1, donde se evalúa la tubería de 1". En la Figura 39, se observa la relación entre las pérdidas de presión y el caudal para el tramo mencionado anteriormente, se utiliza la Ec.4.4 para la obtención de los datos teóricos.

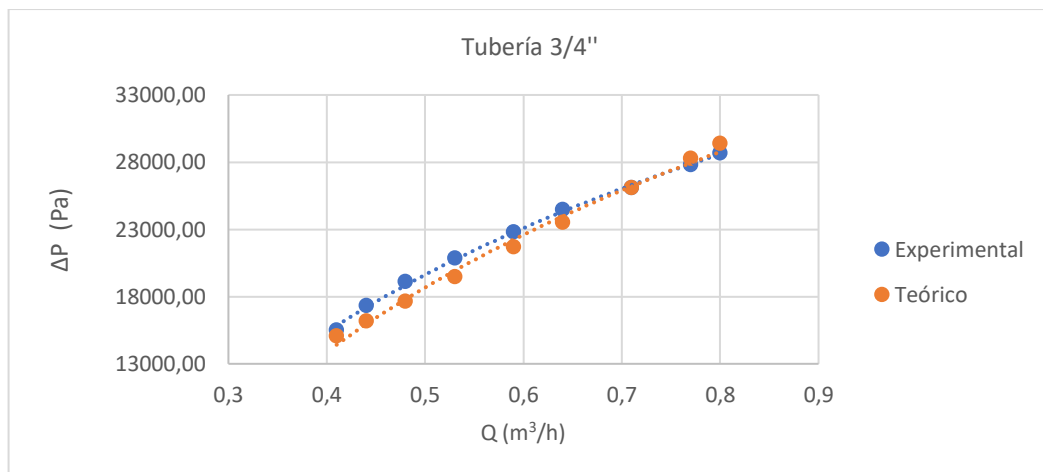


**Figura 39.** Relación entre la pérdida de presión en el tramo 1 y el caudal.

En la presente Figura 39, se muestran dos líneas de tendencia pertenecientes a los datos experimentales y teóricos, estos tienen un margen de error menor al 10%.

### 5.9.2 Tramo 2

De igual forma en el Anexo VI, se muestran los resultados experimentales correspondientes a las pérdidas de carga del tramo 2, donde se evalúa la tubería de 3/4". En la Figura 40, se observa la relación entre las pérdidas de presión y el caudal para el tramo mencionado anteriormente, se utiliza la Ec.4.4 para la obtención de los datos teóricos.

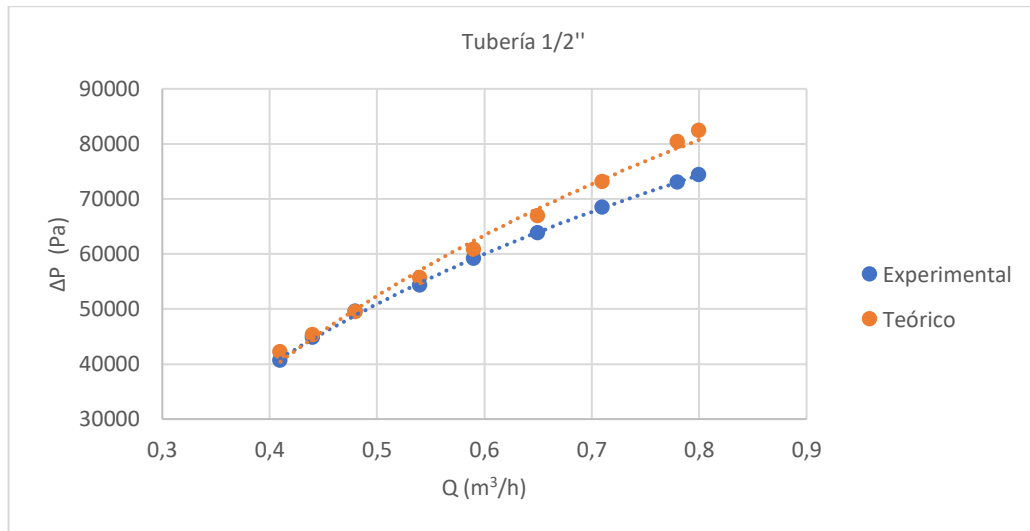


**Figura 40.** Relación entre la pérdida de presión en el tramo 2 y el caudal.

En la presente Figura 40, se muestran dos líneas de tendencia pertenecientes a los datos experimentales y teóricos, estos tienen un margen de error menor al 10%.

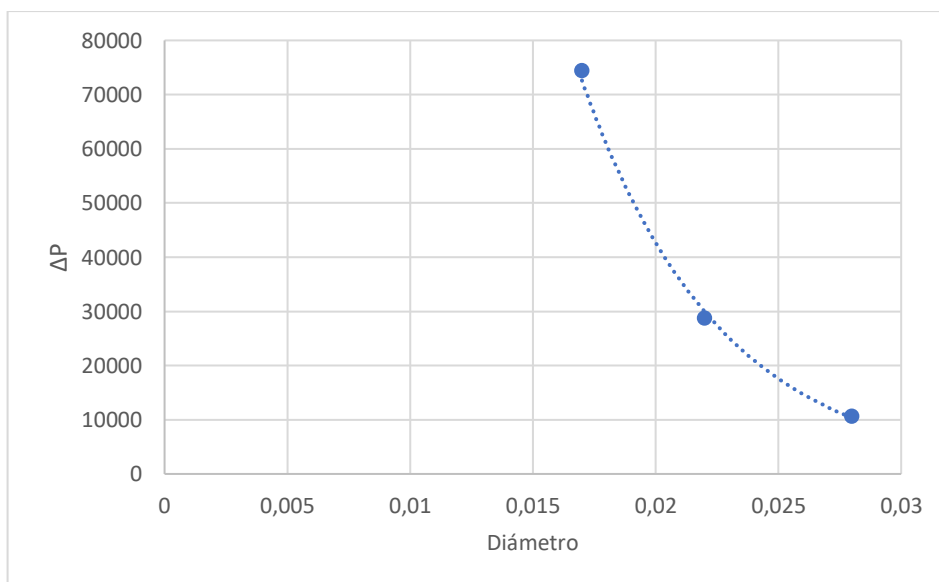
### 5.9.3 Tramo 3

Por consiguiente, en el Anexo VI, se muestran los resultados experimentales correspondientes a las pérdidas de carga del tramo 3, donde se evalúa la tubería de 1/2". En la Figura 41, se observa la relación entre las pérdidas de presión y el caudal para el tramo mencionado anteriormente, se utiliza la Ec.4.4 para la obtención de los datos teóricos.



**Figura 41.** Relación entre la pérdida de presión en el tramo 3 y el caudal.

En la presente Figura 41, se muestran dos líneas de tendencia pertenecientes a los datos experimentales y teóricos, estos tienen un margen de error menor al 10%.

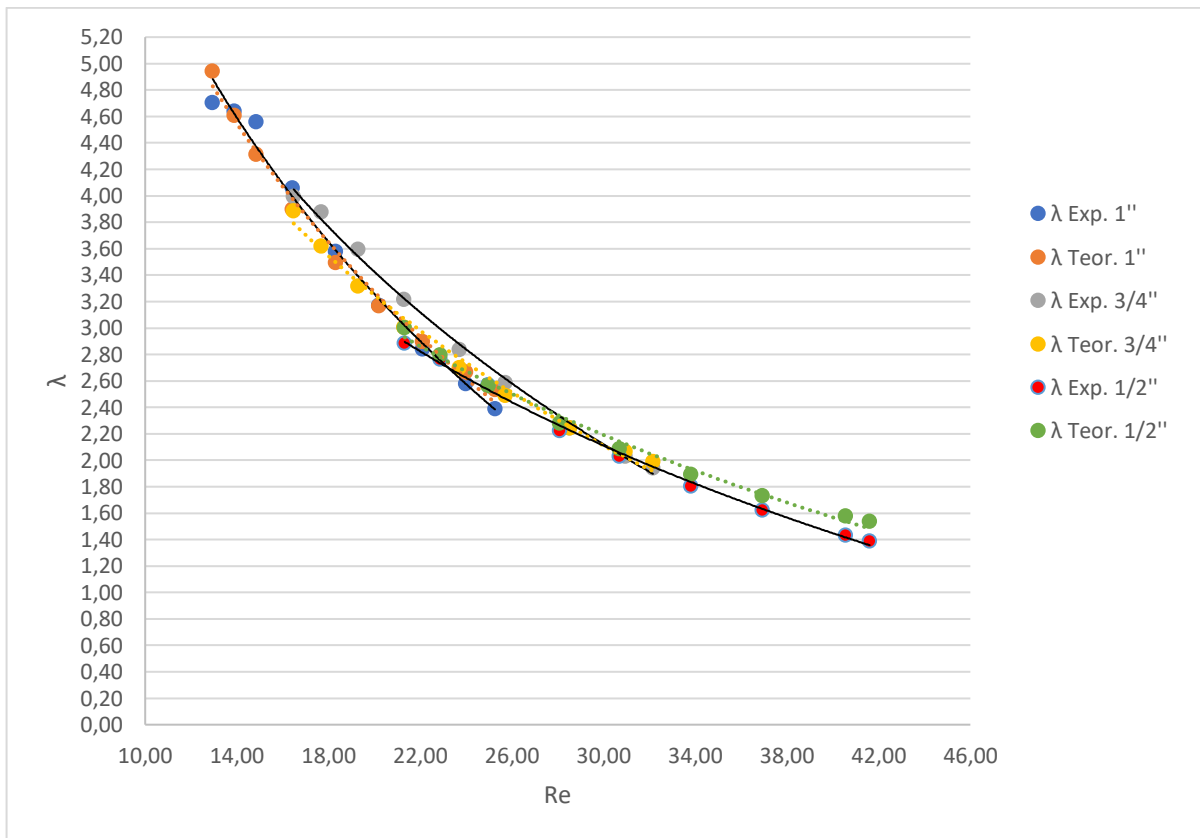


**Figura 42.** Relación entre la pérdida de presión y diámetro de la tubería.

En la Figura 42, se observa la relación entre la pérdida de presión y el diámetro de la tubería, donde se demuestra que a mayor diámetro menor presión y a menor diámetro mayor presión, se obtiene los valores de pérdida de presión a una velocidad de 1100 RPM.

### 5.9.4 Número de Reynolds y factor de fricción

Una vez determinado el caudal y las pérdidas de presión en el tramo 1 (tubería 1"), tramo 2 (tubería 3/4") y tramo 3 (tubería 1/2"), se obtiene el gráfico que se muestra en la Figura 43, donde se plantea la relación del factor de fricción ( $\lambda$ ) y el número de Reynolds (Re) de todos los tramos mencionados anteriormente. Se utiliza la Ec.4.6 para la obtención del factor de fricción experimental y la Ec.4.7 para el teórico, además se emplea la Ec. 4.1 para el número de Reynolds.



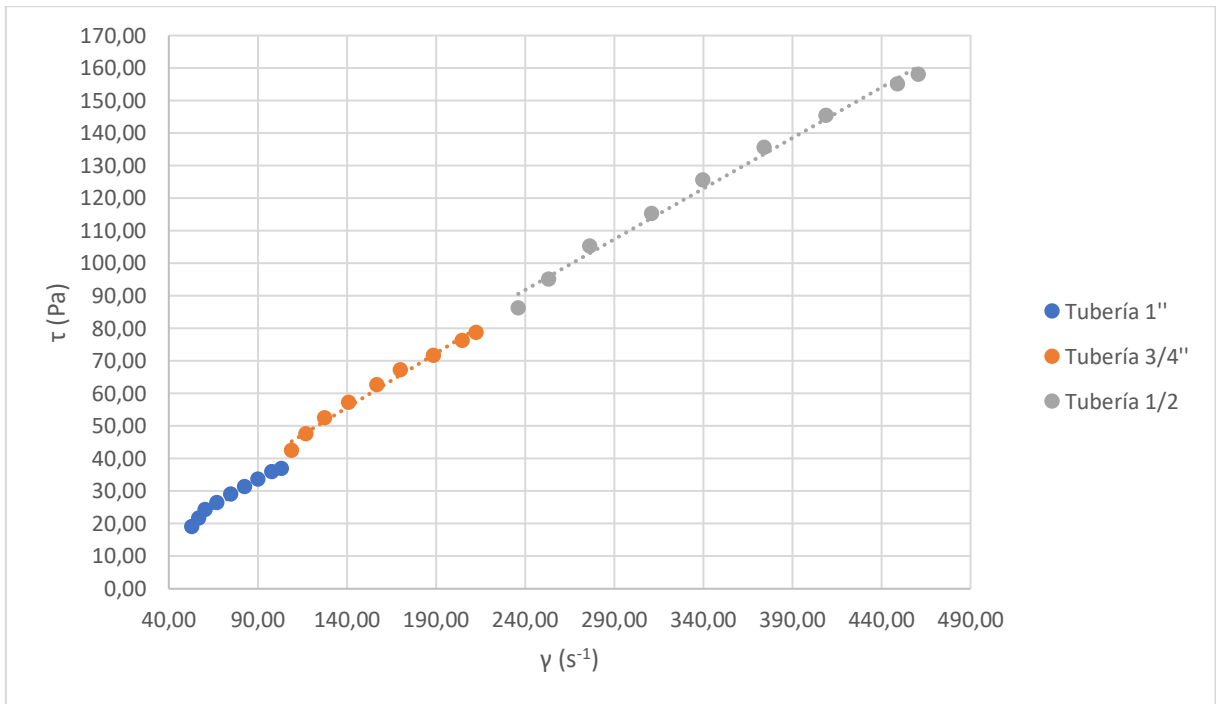
**Figura 43.** Relación entre el factor de fricción en el tramo 1,2,3 y el número de Reynolds.

En la presente Figura 42, se muestran dos líneas de tendencia de cada tramo correspondientes a los datos experimentales y teóricos.

### 5.9.5 Determinación del Comportamiento Reológico del aceite SAE 20W50

Se obtienen las líneas de tendencia a partir de los esfuerzos de corte ( $\tau$ ) y las gradientes de velocidad ( $\gamma$ ) determinadas a 9 diferentes velocidades y en cada uno de los tramos. En la Figura 44, se observa la relación entre el esfuerzo de corte y la gradiente de velocidad, este presenta

un comportamiento newtoniano. Se utiliza la Ec.4.10 para la obtención de la gradiente de velocidad y la Ec.4.11 para el esfuerzo de corte.



**Figura 44.** Relación entre el esfuerzo de corte en el tramo 1,2,3 y gradiente de velocidad.

## 5.9.6 Validación de datos

### 5.9.6.1 Sensor de flujo

Para validar los datos adquiridos por el sensor de caudal, se procede a utilizar el método volumétrico, donde se observa la cantidad de aceite que pasa por el sistema experimental de fluidos dentro de un determinado tiempo, en este caso se utiliza un recipiente de 10 litros, como se visualiza en la Figura 45.



**Figura 45.** Obtención de datos método volumétrico.

En la Tabla 21, se observa los valores obtenidos durante un minuto a través de la tubería de 1" (tramo 1), tubería de 3/4" (tramo 2), tubería 1/2" (tramo 3), en este caso se procedió a tomar 3 muestras a la máxima velocidad del motor, es decir 1100 RPM.

**Tabla 21.** Recolección de datos mediante método volumétrico.

Método Volumétrico					
Nº Prueba	Diámetro	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	1"	10	40.56	0.25	0.00025
2		10	43.22	0.23	0.00023
3		10	46.13	0.22	0.00022
<b>Promedio</b>				<b>0.23</b>	<b>0.00023</b>
1	3/4"	10	41.44	0.24	0.00024
2		10	42.24	0.24	0.00024
3		10	39.83	0.25	0.00025
<b>Promedio</b>				<b>0.24</b>	<b>0.00024</b>
1	1/2"	10	40.41	0.25	0.00025
2		10	42.33	0.24	0.00024
3		10	41.16	0.24	0.00024
<b>Promedio</b>				<b>0.24</b>	<b>0.00024</b>

Considerando los valores obtenidos tanto del método volumétrico como con los valores del sensor de flujo se calcula el promedio, luego se realiza el cálculo de error como se observa en la Tabla 22.

**Tabla 22.** Porcentaje de error mediante el método volumétrico.

Tuberías	Métodos	RPM	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad (m/s)	Error %
1"	Volumétrico	1100	0.00023	0.38	4.3
	Sensor de flujo	1100	0.00022	0.36	
3/4"	Volumétrico	1100	0.00024	0.64	9.3
	Sensor de flujo	1100	0.00022	0.58	
3/4"	Volumétrico	1100	0.00024	1.07	8.2
	Sensor de flujo	1100	0.00022	0.98	

El error encontrado entre el método volumétrico y el sensor de caudal es menor al 10% lo que indica que el sensor está funcionando adecuadamente.

### 5.9.6.2 Sensores diferenciales

Para validar los datos adquiridos de los sensores diferenciales, se toman los datos de los manómetros ubicados en cada tramo como se observa en el Anexo VII. Se considera los valores obtenidos de los manómetros con los valores de los sensores de presión diferencial se realiza el cálculo de error como se observa en la Tabla 23.



**Tabla 23.** Cálculo de error manómetros.

N° Prueba	RPM	Diámetro 1"			Diámetro 3/4"			Diámetro 1/2"		
		$\Delta P$ (Pa) Manómetros	$\Delta P$ (Pa) Sensor diferencial	Error %	$\Delta P$ (Pa) Manómetros	$\Delta P$ (Pa) Sensor diferencial	Error %	$\Delta P$ (Pa) Manómetros	$\Delta P$ (Pa) Sensor diferencial	Error %
1	550	5516	5459.01	1.03	15513.75	15483.26	0.20	41370	40593.13	1.88
2	624	6205.5	6200.21	0.09	17927.00	17302.04	3.49	44817.5	44782.52	0.08
3	697	6895	6951.68	-0.82	19306.00	19104.97	1.04	50333.5	49573.94	1.51
4	770	7584.5	7577.98	0.09	21374.50	20833.52	2.53	55160	54254.69	1.64
5	844	8274	8315.19	-0.50	23443.00	22779.62	2.83	58607.5	59118.74	-0.87
6	917	8963.5	8964.94	-0.02	25511.50	24438.85	4.20	63778.75	63812.13	-0.05
7	990	9653	9606.13	0.49	27580.00	26080.81	5.44	68950	68473.06	0.69
8	1064	10342.5	10288.51	0.52	28269.50	27767.34	1.78	73776.5	73004.93	1.05
9	1100	11032	10555.31	4.32	29648.50	28651.33	3.36	75845	74376.57	1.94

El error encontrado entre la medición de los manómetros y los sensores diferenciales es menor al 10% lo que indica que los sensores de presión diferencial están funcionando apropiadamente.

### 5.10 Comparación de mediciones.

Se procede a comprobar el porcentaje de error de las mediciones del módulo didáctico antes de la implementación del sistema de medición, por lo tanto, los datos se toman de la Tabla 17 del proyecto precedente titulado como: Implementación de módulos didácticos para determinar pérdidas de carga en tuberías [47].

A continuación, en la Tabla 24 se comparan los datos tomados antes del sistema de medición y después del mismo.

**Tabla 24.** Porcentaje de error de datos comparados.

Diámetro	RPM	Datos anteriores		Datos Actuales		Error Q %	Error $\Delta P$ %
		Q (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta P$ (Pa)		
1"	1100	0.0003	17466.73	0.00022	10555.31	26.67	39.57
3/4"	1100	0.0003	18386.03	0.00022	28651.33	26.67	-55.83
1/2"	1100	0.0003	84345.90	0.00022	74376.57	26.67	11.82

Entonces, se determina que los datos adquiridos antes de la implementación del sistema de medición eran inexactos, debido a que el porcentaje de error en el caudal y la presión diferencial superan el 10%.

## 6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO

### 6.1 PRESUPUESTO

En el siguiente presupuesto se recoge todos los egresos de la propuesta tecnológica, de modo que se detallan a continuación cada uno de los valores de costo en los materiales.

- Tablero de mando

**Tabla 25.-** Presupuesto de los elementos del tablero de mando.

Tablero de mando	Cantidad	Precio U. (\$)	Precio T. (\$)
PLC S7-1200 1212C AC/DC/RLY	1	450	450
Módulo de expansión de 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas	1	350	350
Variador iG5A	1	380	380
Fuente de 12V	1	7	7
Convertor de voltaje	1	3	3
Caja impresa en 3D para convertor	1	3	3
Borneras	9	0,5	4,5
Canaleta	1	4	4
Terminales de cable 16 para PLC	100	0,1	10
Terminales de cable 16 para pernos	100	0,1	10
Terminales de cable 8 para pernos	10	0,15	1,5
Metros de cable N°16	40	1,2	48
<b>TOTAL</b>			<b>1271</b>

- Sistema de medición

**Tabla 26.-** Presupuesto de los elementos del sistema de medición.

Sistema de medición	Cantidad	Precio U. (\$)	Precio T. (\$)
Sensor de presión diferencial	3	140	420
Sensor de flujo	1	490	490
Manómetros	9	5	45
Metros de manguera	15	2	30
Acoples de manguera	12	2	24
T para manómetros	6	0,5	3
Abrazaderas hidráulicas	12	0,5	6
<b>TOTAL</b>			<b>1018</b>

- Sistema de supervisión y adquisición de datos

**Tabla 27.-** Presupuesto de los elementos del sistema de supervisión y adquisición de datos.

Sistema de supervisión y adquisición de datos	Cantidad	Precio U. (\$)	Precio T. (\$)
CPU	1	400	400
Monitor	1	200	200
Teclado	1	15	15
Mouse	1	7	7
Módulo de PLC	1	15	15
Plugs banana hembra	45	0,35	15,75
Plugs banana macho	45	0,35	15,75
Metros de cable N°16	10	1,2	12
<b>TOTAL</b>			<b>680,5</b>

- Estructura y detalles

**Tabla 28.-** Presupuesto de los elementos de estructura y detalles.

Estructura y detalles	Cantidad	Precio U. (\$)	Precio T. (\$)
Pintura	4	5	20
Permatex	1	10	10
Teflón	12	0,75	9
Pernos y tornillos	20	0,1	2
Estructura del módulo	1	30	30
Tubo cuadrado 4x4cm	1/2	10	5
Pedazo de Tool	1	2	2
Malla metálica	1	10	10
<b>TOTAL</b>			<b>88</b>

**Tabla 29.-** Presupuesto total.

Presupuesto Total	Precio T. (\$)
Tablero de mando	1271
Sistema de medición	1618
Sistema de supervisión y adquisición de datos	686,5
Estructura y detalles	88
Software	0
<b>TOTAL</b>	<b>3663,5</b>

El costo total de la implementación es de **\$3663,5**. Cabe resaltar que, al ser un proyecto de repotenciación de un módulo del Laboratorio de Fluidos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la Carrera de Electromecánica proporcionó un valor total de **\$1180** para el desarrollo del proyecto, entonces el valor total real de la implementación del sistema de medición es de **\$2483,5**.

## 6.2 ANÁLISIS DE IMPACTO

El presente proyecto de implementación de un sistema de medición tiene una alta posibilidad de desarrollo, ya que los estudios de pérdidas de carga en tuberías que son privados sobrepasan el estudio por cada prueba de \$200 según la empresa “Inspecciones Técnicas Petroleras o ITP” [48] y además cada una de las partes que conforman el módulo tienen costos elevados los cuales al paso del tiempo por la cantidad de experimentaciones se prevé sea factible haber instaurado el módulo experimental de fluidos.

### 6.2.1 Impacto económico

**Tabla 30.-** Costos de prácticas de acuerdo a 5 años.

	1er año	2do. Año	3ero. Año	4to. Año	5to. Año
Número de prácticas	30	40	50	60	70
<b>TOTAL (\$)</b>	6000	8000	10000	12000	14000

**Tabla 31.-** Flujo de caja de las prácticas en 5 años.

		1er año	2do. Año	3ero. Año	4to. Año	5to. Año
Costo por año de pruebas		6000	8000	10000	12000	14000
Probetas	30	450	600	750	900	1050
Materiales de laboratorio	30	900	1200	1500	1800	2100
<b>TOTAL COSTO</b>		1350	1800	2250	2700	3150
<b>MARGEN BRUTO</b>		3750	5000	6250	7500	8750
Transporte	30	900	1200	1500	1800	2100
<b>TOTAL GASTO GENERALES</b>		900	1200	1500	1800	2100
<b>MARGEN NETO</b>		<b>2850</b>	<b>3800</b>	<b>4750</b>	<b>5700</b>	<b>6650</b>

**Tabla 32.-** Cálculo de del TIR y VAN.

<b>TASA DE OPORTUNIDAD</b>	0,30%
<b>TIR</b>	97%
<b>VAN</b>	\$6726,13

De acuerdo a los valores obtenidos en el segundo año se recupera la inversión y en los años posteriores se logrará dar un ahorro a la Universidad Técnica de Cotopaxi. Efectivamente, el valor actual neto es mayor a cero y equivale a \$6726,13 mientras la tasa interna de retorno se ubica en un 97 % para el periodo de los 5 años de estimación.

### 6.2.2 Impacto ambiental

Los impactos ambientales son de suma importancia, debido a que en los módulos didácticos

con el paso del tiempo suelen presentar fallas que producen derrames de lubricante en este caso el aceite SAE 20W50, por ello se describe los posibles impactos que pueden afectar al medio ambiente. En la Tabla 33 se especifica.

**Tabla 33.-** Identificación de los impactos ambientales asociados.

Actividades	Factor ambiental	Impacto ambiental
Derrame de aceite	Suelo	Daños casi irreversibles del suelo.
Derrame de aceite	Aire	Si es calentado, emite gases muy tóxicos.
Derrame de aceite	Hombre	Provoca en las personas dermatitis, cáncer e infecciones por contaminación microbiana.

**Tabla 34.-** Estudio del impacto del ruido de la máquina.

Actividad	Frecuencia (Hz)	Impacto sonoro (dB)
Ruido	30	72.1
	40	75.4
	50	78.6
	60	84.1



**Figura 46.** Obtención del impacto sonoro mediante un sonómetro.

Según la Revista Médica Electrónica en su artículo sobre la contaminación ambiental por ruido, resalta que se considera fuerte entre 75 dB y 100 dB, [49], por lo cual el sonido emitido por el motor se considera como un impacto ambiental.

Además, causa efectos indirectos y negativos como aumento de la presión y aceleración sanguínea, la contracción de los capilares de la piel y la baja en la cabida de trabajo corporal e intelectual del operador como también es arriesgado a padecimientos respiratorios.

### 6.2.3 Impacto tecnológico

La implementación de un sistema de medición, a través del método SCADA tiene un gran impacto tecnológico por su aplicación en procedimientos industriales, debido a que permite el control y la supervisión de las diferentes variables que pueden afectar al funcionamiento de un proceso.

## **7. CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

### **7.1 CONCLUSIONES**

- Mediante la implementación del sistema de medición, se logra analizar las pérdidas de presión y la determinación del factor de fricción en distintos diámetros de tubería y números de revoluciones, con una exactitud próxima a los resultados teóricos con errores menores al 10% para cada tramo del sistema experimental de fluidos.
- Las pérdidas de presión experimentales en el tramo 1 (tubería de 1") presentan un porcentaje de error promedio del 3.20%, en el tramo 2 (tubería de 3/4") existe un error promedio de 4.31% y en el tramo 3 (tubería de 1/2") tiene un error promedio de 4.38% en comparación con los resultados teóricos.
- Las pérdidas de carga lineales experimentales en el tramo 1 (tubería de 1") presentan un porcentaje de error promedio del 0.22%, en el tramo 2 (tubería de 3/4") existe un error promedio de 1.31% y en el tramo 3 (tubería de 1/2") tiene un error promedio de 5.67% en comparación con los resultados teóricos.
- La caída de presión en el tramo 1 es igual a 10555.31 Pa, en el tramo 2 es equivalente a 28651.33 Pa y en el tramo 3 es correspondiente a 74376.57 Pa, todos estos valores obtenidos a 1100 RPM, por lo tanto, se determina que a menor diámetro de la tubería mayor será la pérdida de presión y a mayor diámetro menor será la pérdida de presión.
- El número de Reynolds máximo obtenido se identifica en el tramo 3 con un valor de 41.61 a 1100 RPM, entonces, se establece que el fluido que circula por el sistema experimental es de régimen laminar, debido a la alta viscosidad del aceite SAE 20W50.
- En base al gráfico de reología se define que el comportamiento del aceite es Newtoniano porque la viscosidad del aceite ( $0.38 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ) es constante y representa una recta que pasa por el origen.

### **7.2 RECOMENDACIONES**

- Diseñar un sistema de calentamiento que permita variar la temperatura del fluido para el análisis de los cambios que se efectúen en la determinación del factor de fricción.
- Implementar electroválvulas hidráulicas que sustituyan las válvulas de bola del sistema experimental de fluidos para tener un proceso totalmente automatizado.
- Realizar un sistema de control remoto a partir del software Ignition para la visualización y control de las variables del sistema experimental.
- Agregar una interfaz de conexión entre Excel y el PLC del sistema experimental de fluidos

que permita la obtención de las gráficas de pérdidas de presión, factor ficción y la reología en tiempo real.

- Reemplazar los manómetros del sistema experimental de fluidos por manómetros de glicerina, para obtener una mayor exactitud en sus mediciones.

## 8. BIBLIOGRAFÍAS

- [1] D. Serrano, F. Cerpa y G. Gutiérrez, «Análisis de las pérdidas de carga en flujo turbulento en un laboratorio universitario de mecánica de fluidos,» *SciELO*, vol. 16, n° 2, 2020.
- [2] R. Bandala, R. Macedo y Ramírez y J. Vélez y Ruiz , «Evaluación de Coeficientes de Fricción en el Transporte de Fluidos No-Newtonianos,» *SciELO*, vol. 16, n° 2, pp. 73-80, 2005.
- [3] T. Fernández Roque, M. Toledo Velázquez y J. Vázquez Flores, «Caída de presión debida a un flujo en torbellino,» *Esimez*, vol. 10, n° 4, pp. 159-165, 2006.
- [4] M. T. Serrano Mejía, «Habilitación del banco para determinar pérdidas en tubería de la Escuela de Ingeniería Mecánica,» 2008. [En línea]. Available: [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1780/1/TRABAJO\\_DE\\_GRADUACI%C3%93N.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1780/1/TRABAJO_DE_GRADUACI%C3%93N.pdf).
- [5] R. Mejía Luna, «Diseño y construcción de un equipo para realizar prácticas de determinación de pérdidas friccionales y localizadas para el laboratorio de Mecánica de Fluidos,» 2014. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8539>.
- [6] L. A. López Cáceres y M. P. Yépez Sinchiguano, «Diseño e implementación de un laboratorio virtual para medir caída de presión y obtener datos en tiempo real usando LABVIEW y visual BASIC para mecánica de fluidos,» 2015. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4486>.
- [7] G. Sánchez Briceño y Á. Custodio Ruiz, «Desarrollo de sistema SCADA para el control de caudal basado en Linux,» *SciELO*, vol. 11, n° 44, 2007.
- [8] E. Pérez López, «Los sistemas SCADA en la automatización industrial,» *Tecnología en Marcha*, vol. 28, n° 4, pp. 3-14, 2015.
- [9] P. Ponsa Asencio y R. Vilanova Arbós, *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA*, Cataluña: Edicions UPC, 2005.
- [10] A. 21, «Automatización Industrial: Qué es y cómo funciona,» Centro de formación técnica para la industria, 2020. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [11] F. Velasco, «Automatización Industrial Mecánica,» 25 05 2017. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/349422085/Automatizacion-Industrial-Mecanica>. [Último acceso: 02 12 2021].
- [12] D. J. Ordoñez Sanchez y V. F. Resabala Lara, *Control Eléctrico Industrial*, Santo Domingo: Editorial académica Española, 2020.
- [13] EMERSON, «Procesos térmicos,» EMERSON, 2021. [En línea]. Available: <https://www.emerson.com/es-es/automation/welding-assembly-cleaning/thermal-processing>. [Último acceso: 02 12 2021].
- [14] G. E. S.I., «Control de fluidos en los procesos industriales,» 21 07 2014. [En línea]. Available: <https://www.garmasl.com/es/11-control-de-temperatura-humedadco2-presi%C3%B3n>. [Último acceso: 15 12 2021].
- [15] A. Brunete, «Sistemas de Control,» *Automatización industrial* , 2017. [En línea]. Available: [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/arquitecturasistemaproduct.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/arquitecturasistemaproduct.html).
- [16] SUHISSA, «AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL,» 2017. [En línea]. Available: <https://suhissa.com.mx/automatizacion-y-control/>. [Último acceso: 15 12 2021].



- [17] R. PQ, «Automatización de sistemas para plantas y procesos industriales de Técnica de Fluidos,» *45 ANIVERSARIO*, p. 15, 24 01 2019.
- [18] M. Gandhi, «¿Qué es un sistema de control?,» AUTYCOM, 11 2016. [En línea]. Available: <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [19] NAXA, «Elementos De Automatización y Control,» Neumática, Técnica de vacío, Automatización, 2016. [En línea]. Available: <http://naxa.solutions/producto/elementos-automatizacion-control/>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [20] URBE, «Capítulo II marco teórico,» [En línea]. Available: <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0107218/cap02.pdf>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [21] E. Wong, «PLC Siemens,» GSL Industrias, 01 06 2021. [En línea]. Available: <https://www.industriasgsl.com/blog/post/plc-siemens>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [22] Newbery de Junín y Sarmiento, «Sensores: Pilares de la investigación tecnológica,» 2018. [En línea]. Available: [https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/8637/11746\\_8637.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/8637/11746_8637.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [23] R. Especificar, «Todo sobre los actuadores,» Revista Especificar, 2016. [En línea]. Available: <https://www.especificarmag.com.mx/todo-sobre-los-actuadores.html#gsc.tab=0>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [24] INTESISTA, «Actuadores eléctricos,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.intesista.com/productos/actuadores-electricos/>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [25] A. Brunete, P. San segundo y R. Herrero, «Introducción a la Automatización Industrial,» bookdown.org, 28 07 2020. [En línea]. Available: [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatiza/actuadoreselectricos.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatiza/actuadoreselectricos.html). [Último acceso: 16 12 2021].
- [26] V. González, «Actuadores,» Platea.pntic.mec.ec, 2002. [En línea]. Available: [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/sistema/actuadores.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/sistema/actuadores.htm). [Último acceso: 16 12 2021].
- [27] Comeval, «Válvulas Industriales, Glosario y Definiciones,» Comeval, 2019. [En línea]. Available: <https://www.comeval.es/formacion/formacion-valvulas-idustriales-glosario-definiciones/>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [28] S. Blog, «¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?,» S&P Blog, 07 06 2020. [En línea]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>. [Último acceso: 16 12 2021].
- [29] . L. A. García Gutiérrez y E. Villarreal López, «Implementación de un sistema SCADA para la automatización de un laboratorio,» *Umbral Científico*, n° 14, pp. 119-129, 2009.
- [30] ADDIXA-Control, «Automatización de procesos, SCADA y sistemas MES,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.addixa.net/empresa/>.
- [31] AULA21, «Qué es un sistema SCADA, para qué sirve y cómo funciona,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-scada/>.
- [32] I. Automation, «Información del producto,» [En línea]. Available: <https://inductiveautomation.com/scada-software/>.
- [33] E. S. Maila Andrango, «Desarrollo de un sistema de monitorización de planta piloto mediante servidor OPC-UA empotrado,» 2019. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/130297/Maila%20->

- %20Desarrollo%20de%20un%20sistema%20de%20monitorizaci%C3%B3n%20de%20planta%20piloto%20mediante%20servidor%20OPC-UA%20empo....pdf?sequence=1.
- [34] J. C. Y. y. Cimbala, *Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones*, México : Mc Graw Hill Interamericana, 2006.
- [35] J. R. Calderón Córdova y C. X. Pozo Calva, «Diseño y construcción de un banco de pruebas para pérdidas de carga en tuberías y accesorios con simulación,» 2011. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16432/1/UPS-KT00162.pdf>.
- [36] A. R. Moreno, «Mecanismos de Bombeo,» 2013. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/132125578/Mecanismos-de-Bombeo>.
- [37] Plinco, «Ingeniería en redes hidráulicas,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.plinco.com.co/2019/02/asi-funciona-una-red-hidraulica>.
- [38] J. Solorio, «Cómo optimizar un sistema industrial de tuberías para pérdidas de presión,» 19 12 2018. [En línea]. Available: <https://www.corzan.com/blog-sp/c%C3%B3mo-optimizar-un-sistema-industrial-de-tuber%C3%ADas-para-p%C3%A9rdida-de-presi%C3%B3n>.
- [39] J. Falcón Hernández y H. Laurencio Alfonso, Modelo para cálculo de pérdidas de presión en tuberías conductoras de petróleo pesado (11° API), *Minería y Geología* 30(1). 62-79, 2012.
- [40] S. Jiménez, «Pérdidas de carga localizadas o en accesorios,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>.
- [41] H. Laurencio Alfonso y A. Gilbert Hernández, Modelado de la viscosidad aparente de un petróleo crudo de 11° API con comportamiento no newtoniano, *Revista chilena de ingeniería* 25(4), 674-680, 2017.
- [42] R. Mario, «Garrafa de Aceite Multigrado Mineral 20W-50 Mobil para Motores a Gasolina,» [En línea]. Available: <https://refaccionariamario.com/aceites/109-garrafa-de-aceite-multigrado-mineral-20w-50-mobil-para-motores-a-gasolina.html>. [Último acceso: 13 02 2022].
- [43] R. Torres Mayan, «Fabricación de un reómetro de tubo capilar para la investigación de propiedades de transporte de fluidos industriales.,» 2008. [En línea]. Available: <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/3402/torres.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 13 02 2022].
- [44] Y. A. Çengel, *Mecánica de Fluidos*, Madrid : McGraw-Hill, 2013.
- [45] W. Hurtado, «Análisis del Envejecimiento de Aceites Lubricantes de Automotores,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2295/1/T-UCE-0017-62.pdf>.
- [46] H. Laurencio Alfonso, *Procedimiento para prácticas de laboratorio en la asignatura Mecánica de los Fluidos*, Trabajo de Diploma Instituto Superior, 2015.
- [47] C. Guilcamaigua, «Repositorio UTC,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5407/1/PI-000768.pdf>.
- [48] I. T. Petroleras, «Pruebas hidrostáticas en tanques de almacenamiento, recipientes a presión y tuberías de transporte y procesos de hidrocarburo.,» 01 08 2017. [En línea]. Available: <https://itpsa.com.ec/2017/08/01/pruebas-hidrostaticas/>. [Último acceso: 16 03 2022].
- [49] D. I. Amable Álvarez, «Contaminación ambiental por ruido,» 06 2017. [En línea]. Available: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-)

18242017000300024. [Último acceso: 24 02 2022].

[50] I. Automation, «Información de licencia del producto,» [En línea]. Available: <https://inductiveautomation.com/pricing/ignition>.

# **9. ANEXOS**

**9.1 Anexo I** (Matriz de ponderación cualitativa)

Pág. 66

**Tabla 1.** Matriz cualitativa.

OPCIONES	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
REQUERIMIENTOS			
<b>TOTAL</b>			

Los niveles de cumplimiento se evalúan en una escala del 0 al 5. En donde:

**Tabla 2.** Escalas de evaluación.

0	DEFICIENTE
3	BUENO
5	SATISFACTORIO

- Para DEFICIENTE se considera que ninguno de los requerimientos se cumple.
- Para BUENO se considera que todos los requerimientos se cumplen, pero con sobredimensionamiento.
- Para SATISFACTORIO se considera que todos los requerimientos se cumplen sin sobredimensionamiento.

**Nota:** Para la elección de la opción más adecuada se suman los valores y se comparan, determinando que el de mayor puntaje es seleccionado.

9.2 Anexo II (Conexión módulo didáctico para entradas y salidas analógicas PLC)

Pág. 67-68

1. Realice la conexión de la parte de potencia.

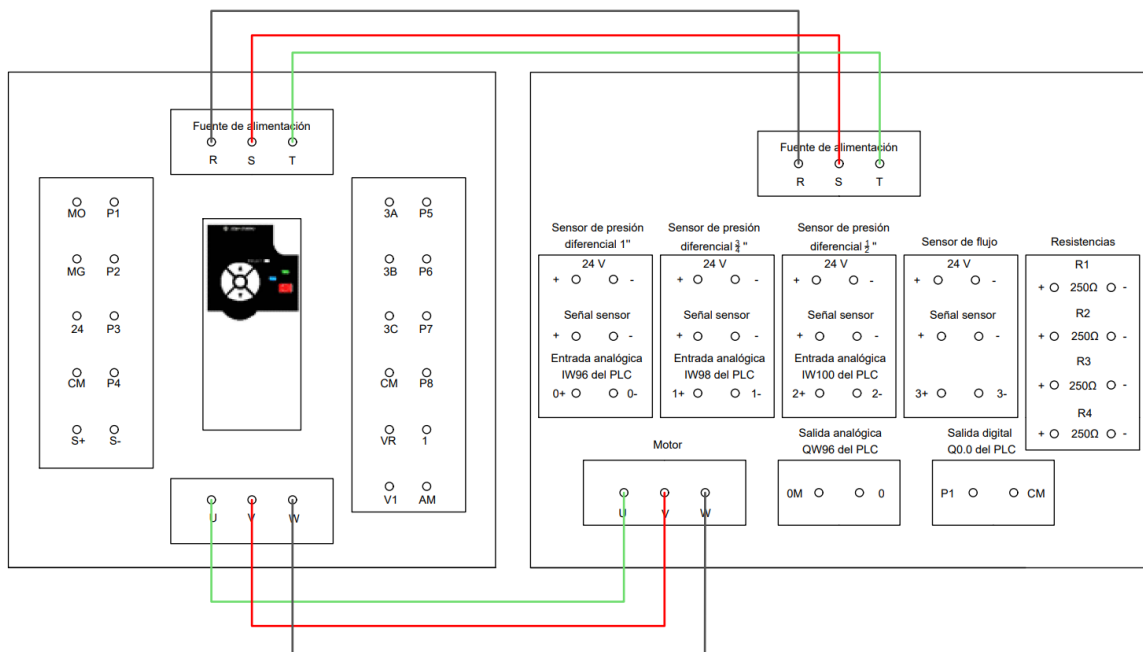


Figura 1. Conexión al sistema de potencia.

2. Efectúe la conexión de los sensores a las entradas analógicas.

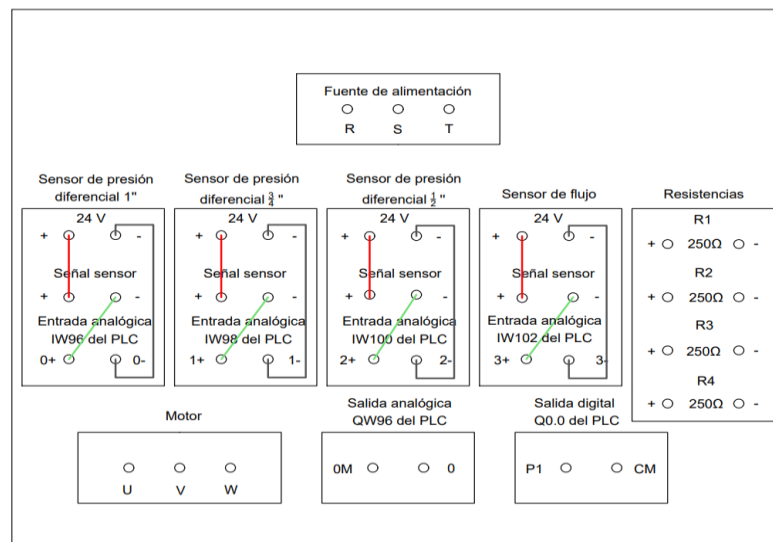
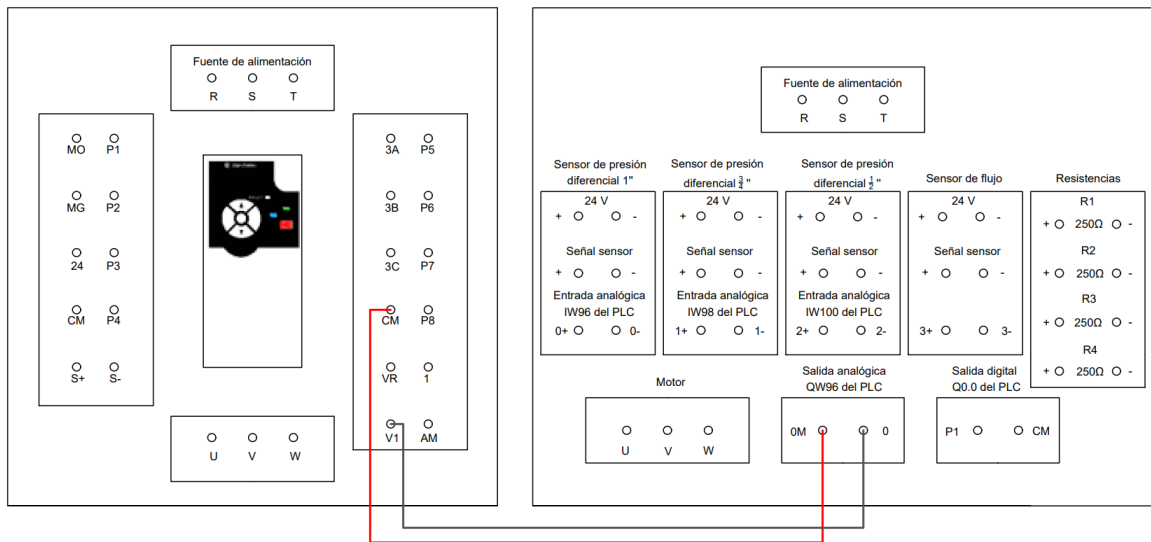


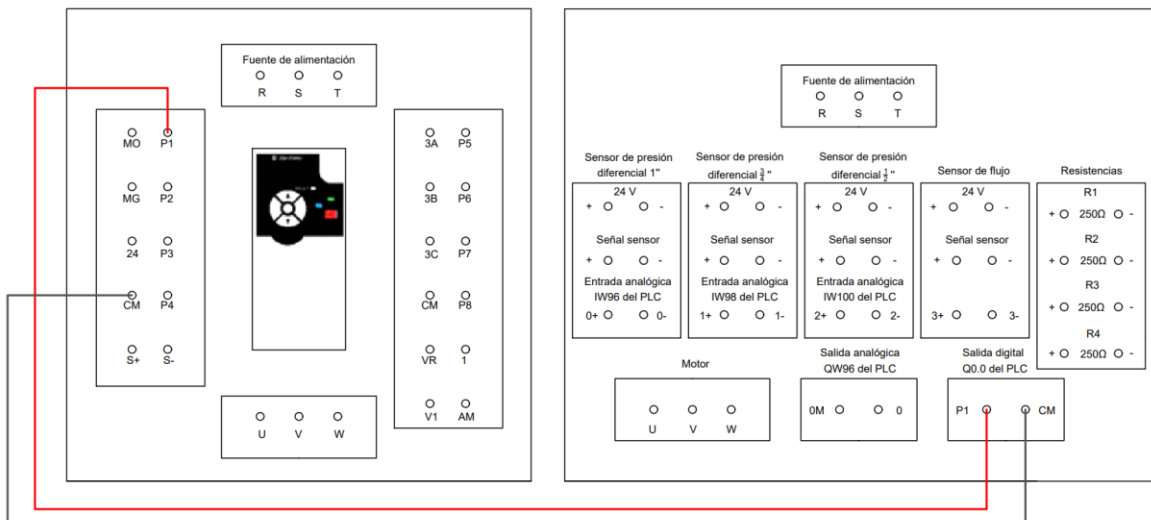
Figura 2. Conexión de sensores.

3. Ejecute la conexión de la salida analógica al variador de frecuencia.



**Figura 3.** Conexión salida analógica.

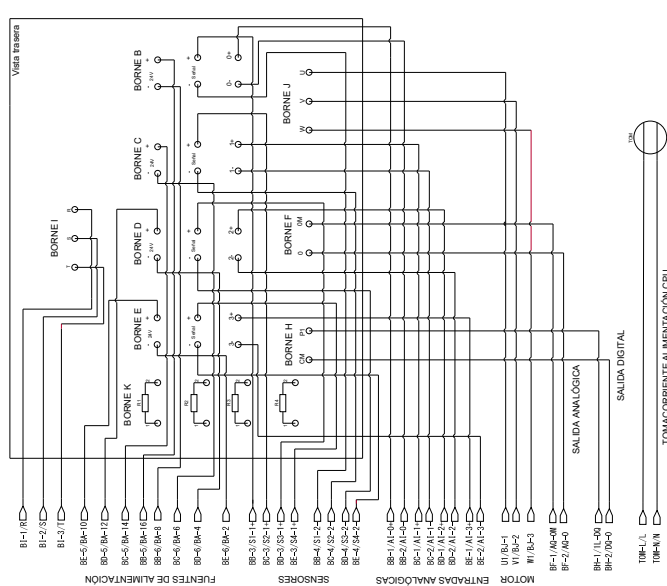
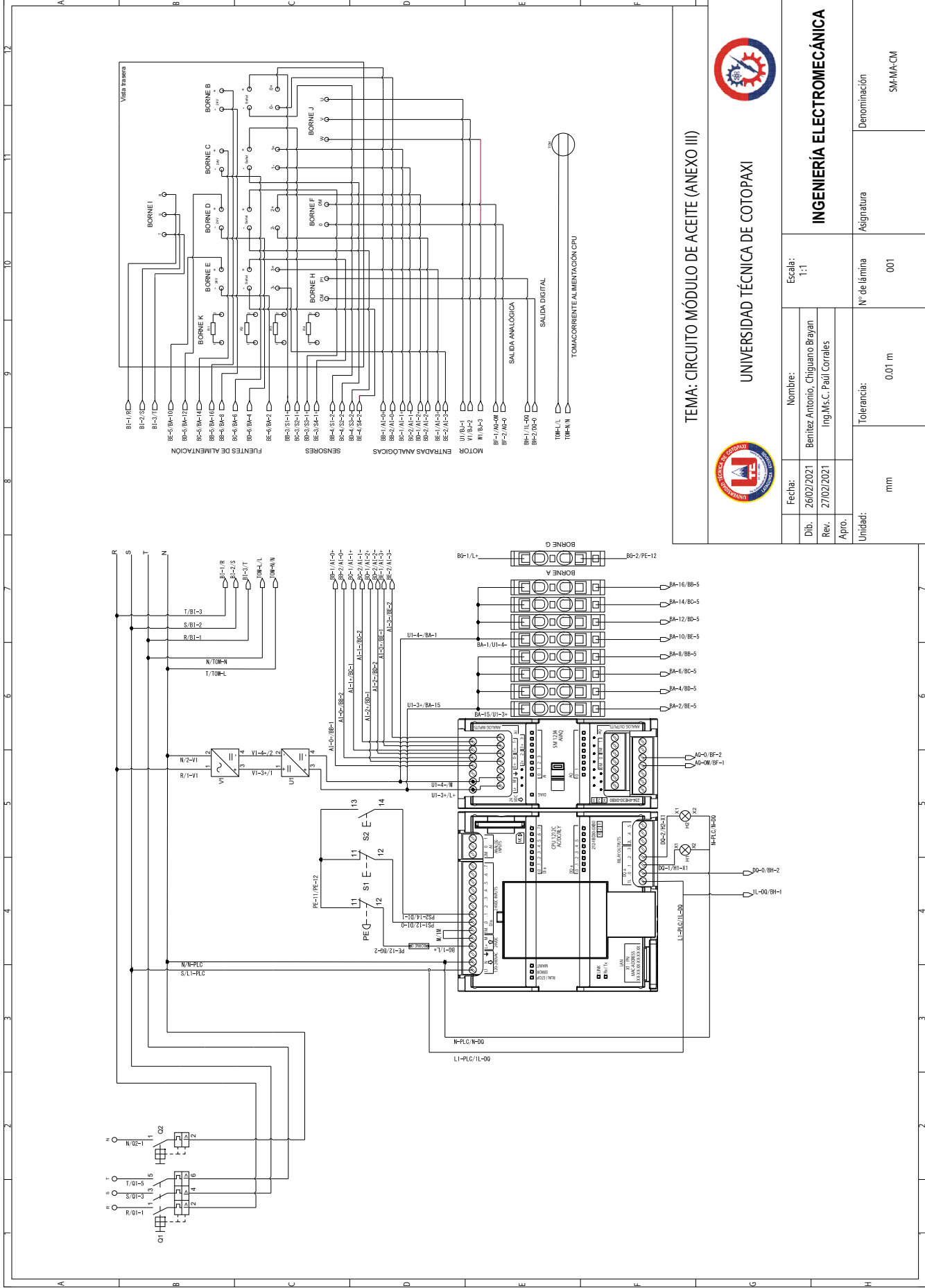
4. Establezca la conexión de la salida digital al variador de frecuencia.



**Figura 4.** Conexión salida digital.

# Planos eléctricos de la máquina



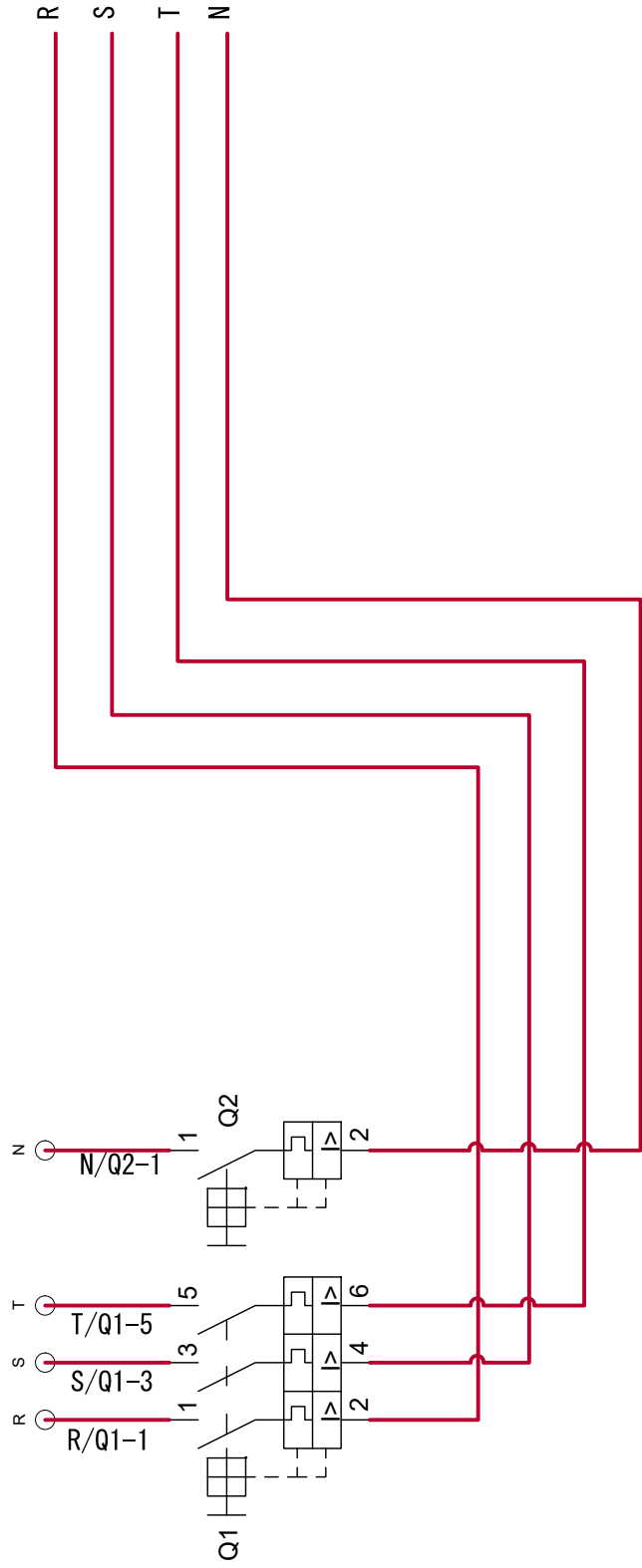


TEMA: CIRCUITO MÓDULO DE ACEITE (ANEXO III)




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

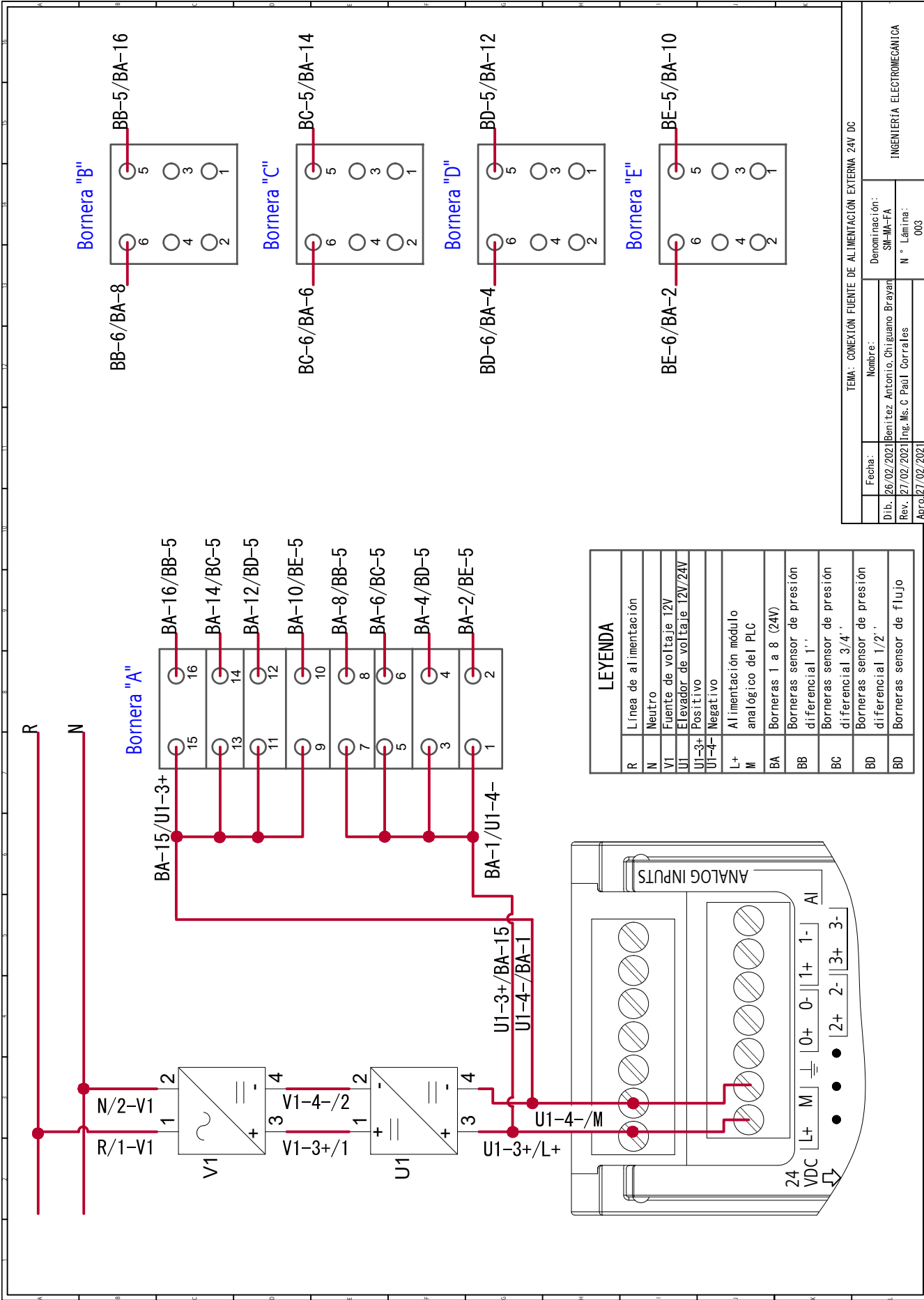
Fecha:	Nombre:	Escala:	Denominación:
Dib. 26/02/2021	Benitez Antonio, Chiguano Brayan	1:1	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Rev. 27/02/2021	Ing.Ms.C. Paul Corrales		
Pro.			
Unidad:	Tolerancia:	N° de lámina	Asignatura
mm	0.01 m	001	SIMMA-CM



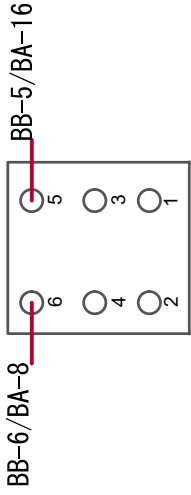
**LEYENDA**

R	Línea de alimentación trifásica
S	220V
T	Neutro
N	Disyuntor eléctrico trifásico
Q1	Disyuntor eléctrico monofásico
Q2	

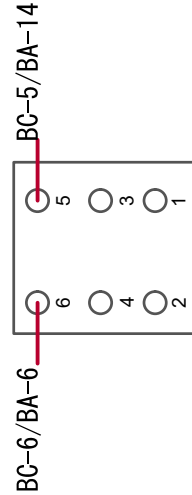
TEMA: CONEXIÓN PROTECCIONES ELÉCTRICAS	
Fecha:	Nombre:
Dib. 26/02/2021	Berítez Antonio, Chiguano Brayan
Rev. 07/02/2021	Ing. Ms. C. Paul Corrales
Apro. 07/02/2021	
Denominación: SIM-MA-CPE	
N° Lámina: 002	
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	



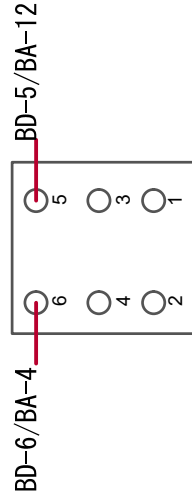
Bornera "B"



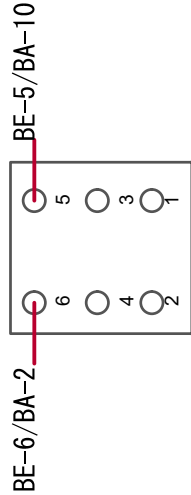
Bornera "C"



Bornera "D"



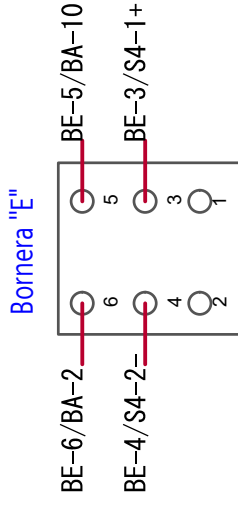
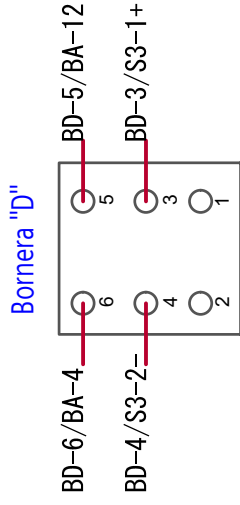
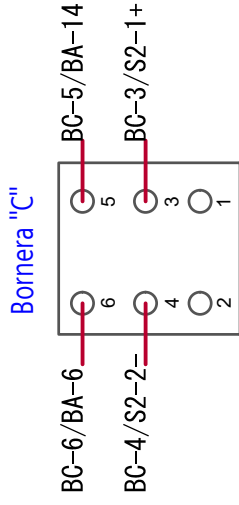
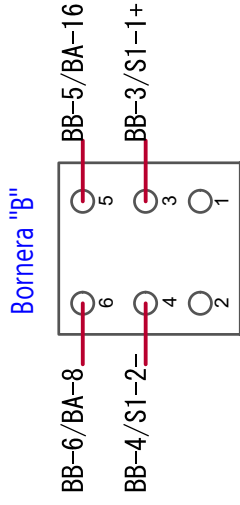
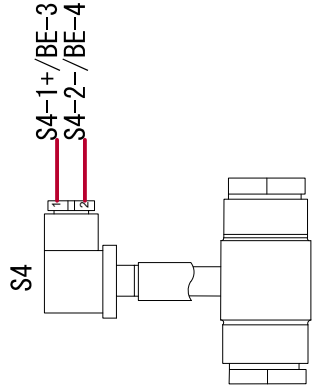
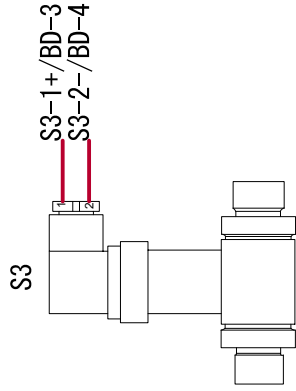
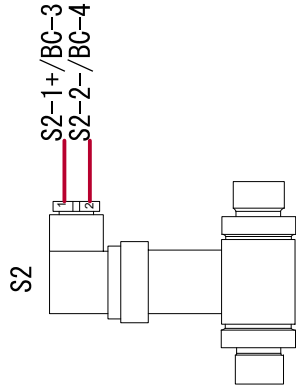
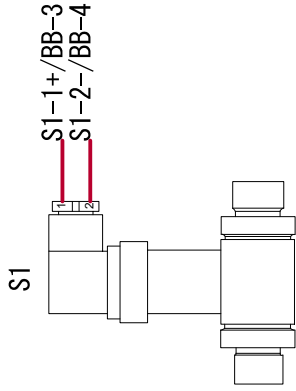
Bornera "E"



LEYENDA	
R	Línea de alimentación
N	Neutro
V1	Fuente de voltaje 12V
U1	Elevador de voltaje 12V/24V
U1-3+	Positivo
U1-4-	Negativo
L+	Alimentación módulo analógico del PLC
M	Borneras 1 a 8 (24V)
BA	Borneras 1 a 8 (24V)
BB	Borneras sensor de presión diferencial 1''
BC	Borneras sensor de presión diferencial 3/4''
BD	Borneras sensor de presión diferencial 1/2''
BD	Borneras sensor de flujo

TEMA: CONEXION FUENTE DE ALIMENTACION EXTERNA 24V DC

Fecha:	Nombre:	Denominación:
26/02/2022	Beritez Antonio, Chiguano Brayan	SI-ME-FA
Rev. 02/02/2022	Ing. Ms. C Paul Corrales	N° Lámina:
Apro. 27/02/2022		003
		INGENIERIA ELECTROMECANICA



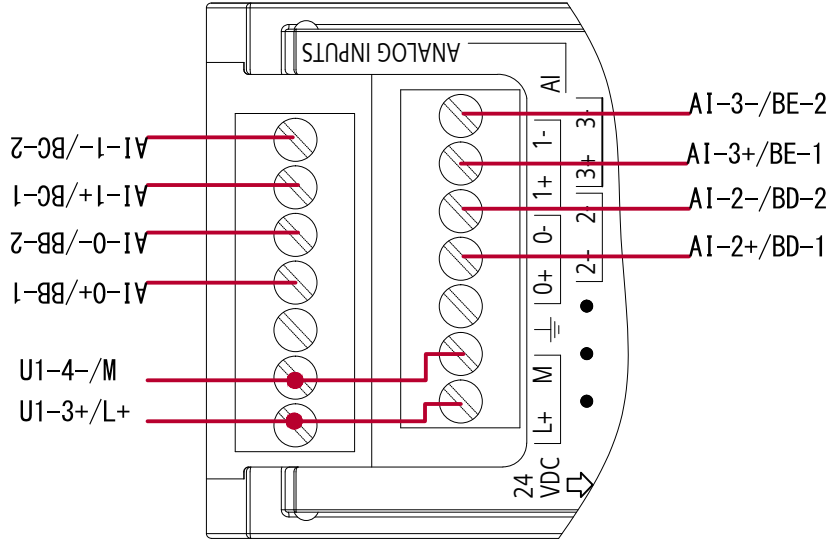
LEYENDA	
S1	Sensor de presión diferencial 1"
S2	Sensor de presión diferencial 3/4"
S3	Sensor de presión diferencial 1/2"
S4	Sensor de flujo
S1-1+	Alimentación del sensor (+)
S2-2-	Señal del sensor (-)
BB	Borneras sensor de presión diferencial 1"
BC	Borneras sensor de presión diferencial 3/4"
BD	Borneras sensor de presión diferencial 1/2"
BE	Borneras sensor de flujo

TEMA: CONEXION DE SENSORES

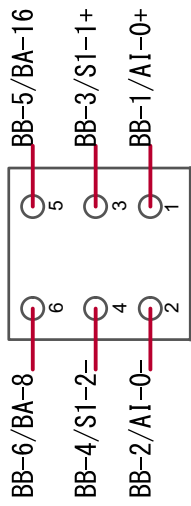
Fecha:	Nombre:
Dib. 26/02/2021	Beritez Antonio, Chiguano Brayan
Rev. 27/02/2021	Ing. Ms. C. Paul Corrales
Apro. 27/02/2021	

Denominación:  
SII-ME-CS  
N ° Lámina:  
004

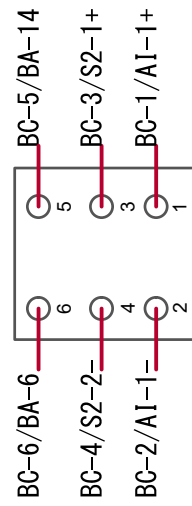
INGENIERIA ELECTROMECANICA



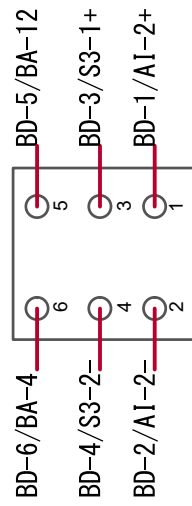
Bornera "B"



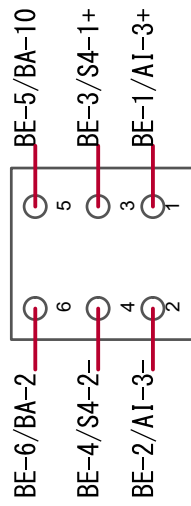
Bornera "C"



Bornera "D"



Bornera "E"



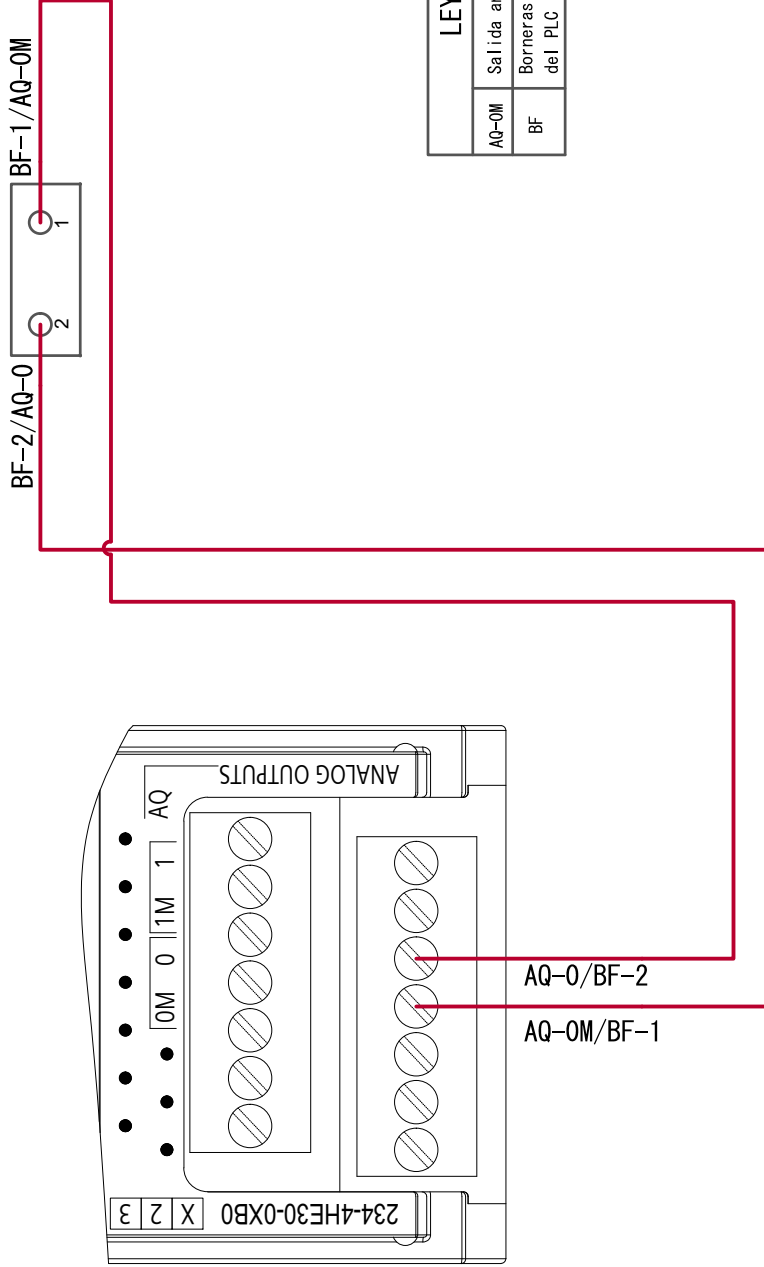
LEYENDA	
AI	Entradas analógicas del PLC
BB	Borneras sensor de presión diferencial 1''.
BC	Borneras sensor de presión diferencial 3/4''.
BD	Borneras sensor de presión diferencial 1/2''.
BE	Borneras sensor de flujo

TEMA: CONEXION ENTRADAS ANALOGICAS DEL PLC

Fecha:	Nombre:
Dib. 26/02/2021	Beritez Antonio, Chigüano Brayan
Rev. 27/02/2021	Ing. Ms. C. Paul Corrales
Apro. 27/02/2021	

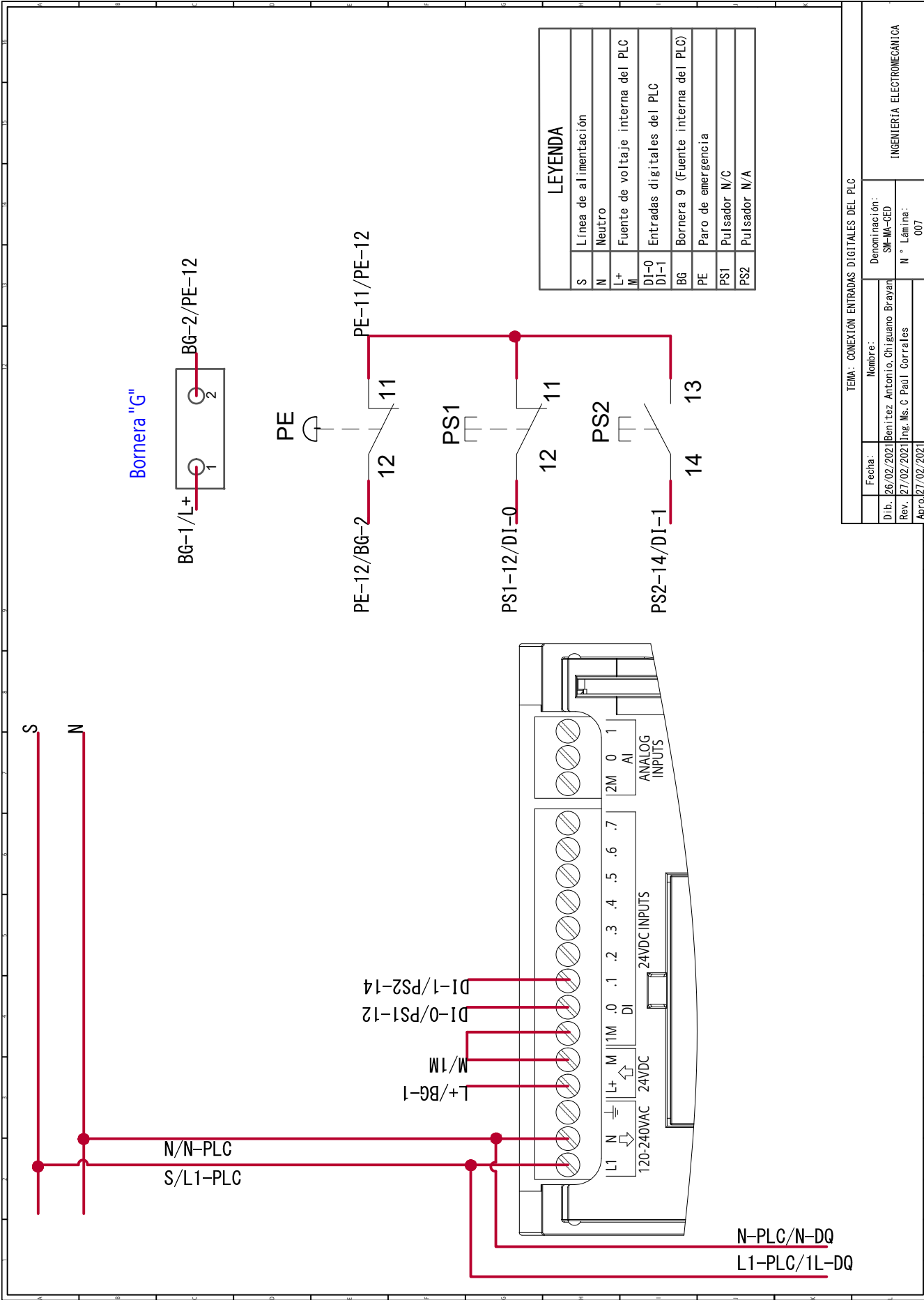
Denominación:	INGENIERIA ELECTROMECANICA
N ° Lámina:	
	005

Bornera "F"



LEYENDA	
AQ-0M	Salida analogica del PLC
BF	Borneras salida analogica del PLC

TEMA: CONEXION SALIDA ANALOGICAS DEL PLC	
Fecha:	Nombre:
Dib. 26/02/2021	Beritez Antonio, Chiguano Brayan
Rev. 27/02/2021	Ing. Ms. C. Paul Corrales
Apro. 27/02/2021	
Denominación: SM-MA-CSA	
N° Lámina: 006	
INGENIERIA ELECTROMECHANICA	

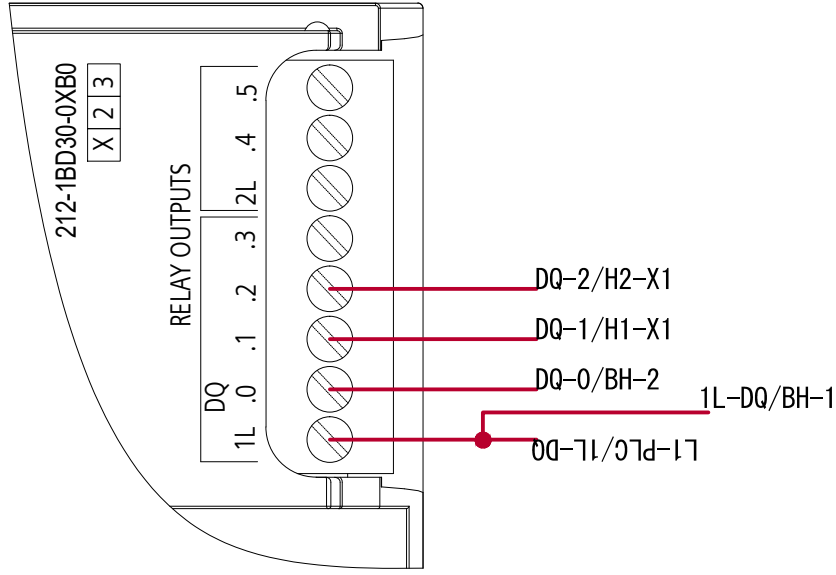


Bornera "G"

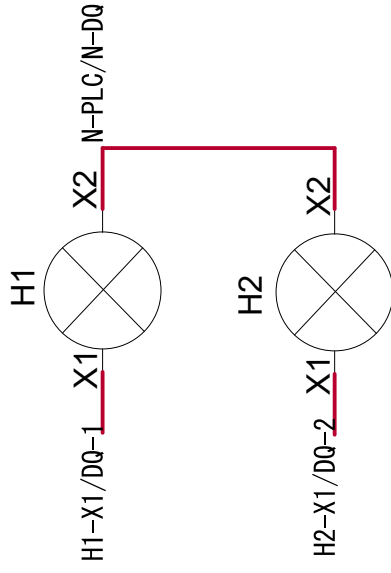
LEYENDA	
S	Línea de alimentación
N	Neutro
L+	Fuente de voltaje interna del PLC
M	Entradas digitales del PLC
DI-0	
DI-1	
BG	Bornera 9 (Fuente interna del PLC)
PE	Paro de emergencia
PS1	Pulsador N/C
PS2	Pulsador N/A

TEMA: CONEXION ENTRADAS DIGITALES DEL PLC

Fecha:	Nombre:
Dib. 26/02/2021	Berítez, Antonio, Chiguano Brayan
Rev. 07/02/2021	Ing. Ms. C. Paul Corrales
Apro. 07/02/2021	
Denominación: SM-MA-GED	
N° Lámina: 007	
INGENIERIA ELECTROMECANICA	



Bornera "H"



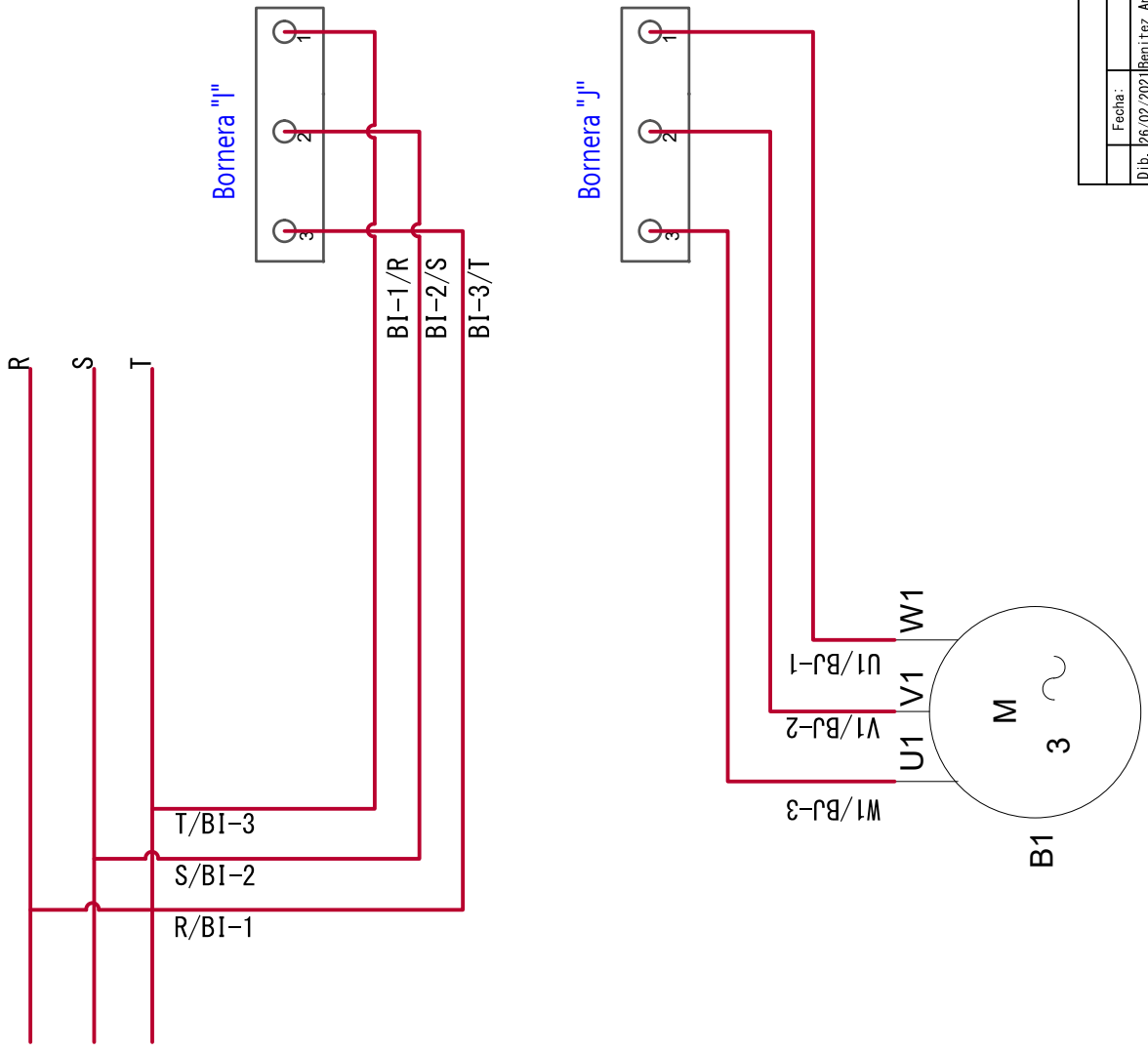
LEYENDA	
1L	Alimentación salida digital del PLC
DQ-0	Salida digitales del PLC
DQ-1	Bornera encendido del Variador
DQ-2	Luz piloto color verde
BH	Luz piloto color rojo
H1	
H2	

TEMA: CONEXIÓN SALIDAS DIGITALES DEL PLC

Fecha:	Nombre:	Denominación:
Dib. 26/02/2021	Beritez Antonio, Chiguano Brayan	SM-MA-CSD
Rev. 27/02/2021	Ing. Ms. C. Paul Corrales	N ° Lámina:
Apro. 27/02/2021		008

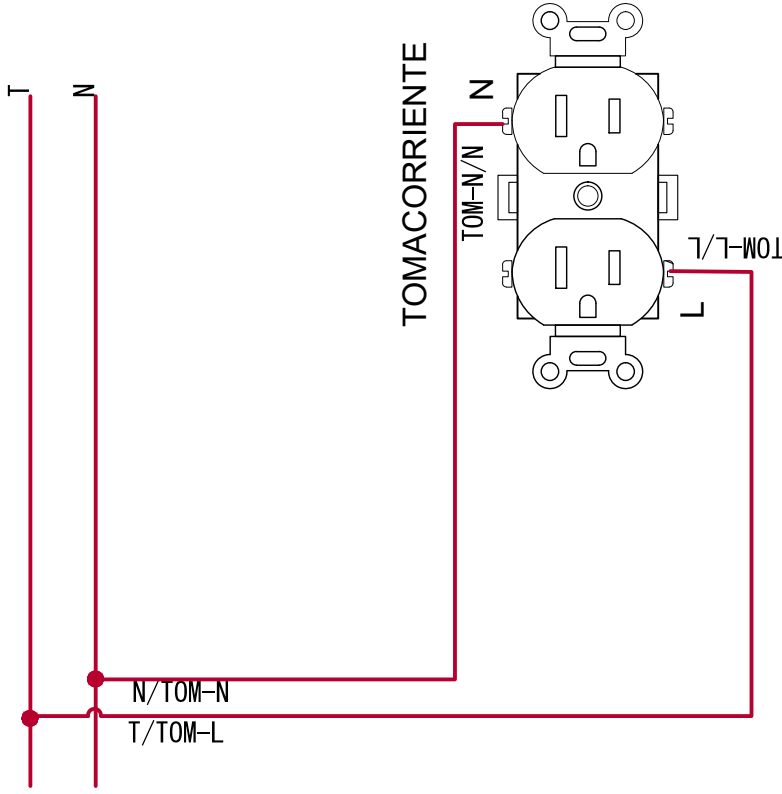
INGENIERIA ELECTROMECANICA



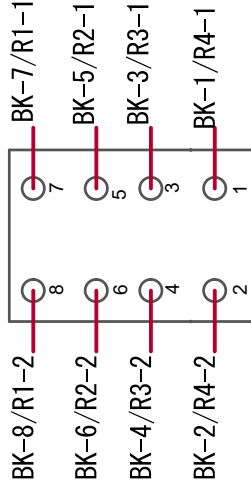


LEYENDA	
R	Línea de alimentación trifásica
S	220V
T	
BI	Bomba de engranaje
BI	Bornera de conexión trifásica
BJ	Bornera conexión de la bomba

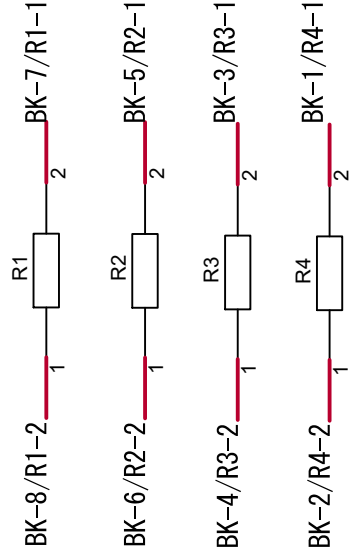
TEMA: CONEXIÓN DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA Y MOTOR	
Fecha:	Nombre:
Dib. 26/02/2021	Berítez Antonio, Chiguano Brayan
Rev. 07/02/2021	Ing. Ms. C. Paul Corrales
Apro. 07/02/2021	
Denominación:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
SM-MA-DAT	
N° Lámina:	009



Bornera "K"



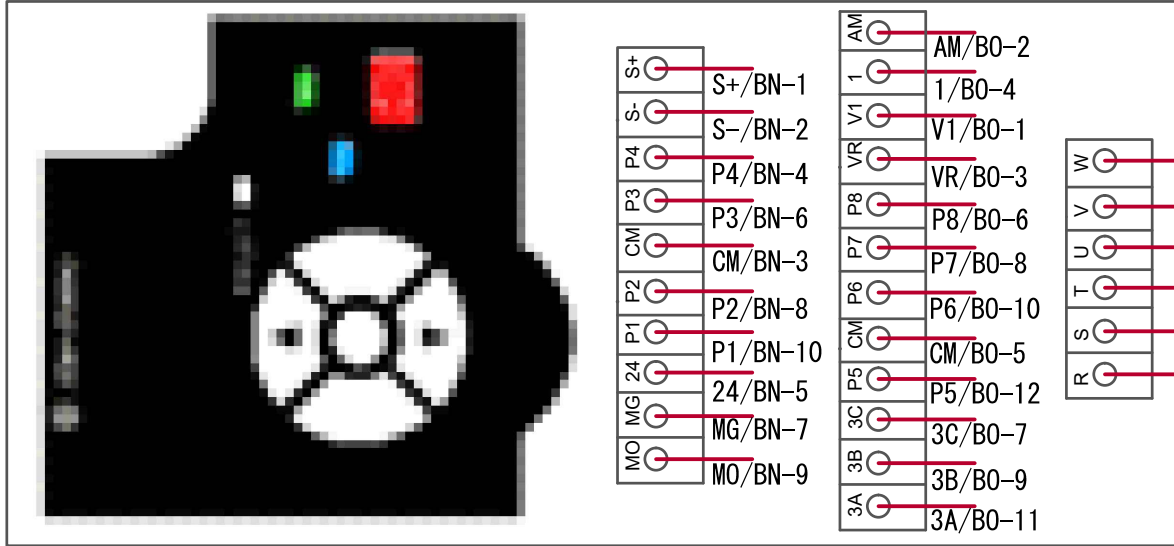
LEYENDA	
L	Línea de alimentación
N	Neutro
TOM	Tomacorriente para CPU
R1	Resistencias
BK	Borneras para resistencias



TEMA: CONEXIÓN TOMACORRIENTE PARA ALIMENTACIÓN AL CPU Y RESISTENCIAS

Fecha:	Nombre:	Denominación:
Dib. 26/02/2021	Beritez Antonio, Chigüano Brayan	SM-ME-CT
Rev. 27/02/2021	Ing. Ms. C. Paul Corrales	N ° Lámina:
Apro. 27/02/2021		010

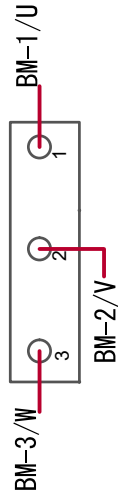
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



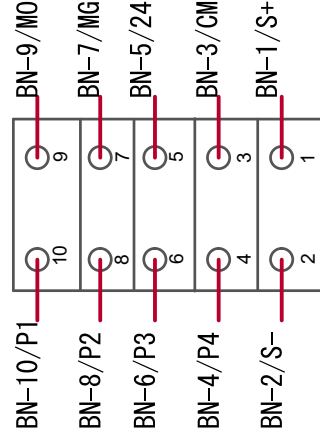
Bornera "L"



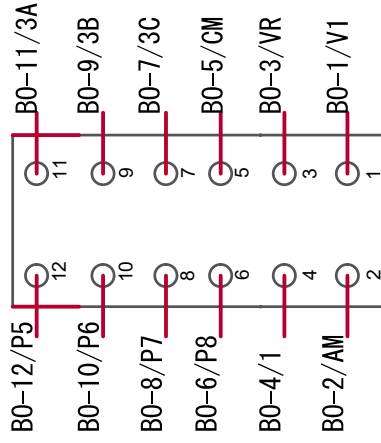
Bornera "M"



Bornera "N"



Bornera "O"



LEYENDA

MO	Transistor colector abierto
MG	Común para MO
24	Salida 12V
P1	Avance
P2	Retroceso
CM	Común señales de entrada
P3	Paro de emergencia
P4	Reset de fallos
P5	Job
P6	Velocidad baja
P7	Velocidad media
P8	Velocidad alta
VR	Alimentación 10 V
V1	Señal de entrada 0-10V
1	Señal de entrada 0-20mA
AM	Señal de salida 0-10V
3A	Contacto salida A
3B	Contacto salida B
3C	Contacto salida A/B
S+	Comunicación RS485
S-	
R	Entrada alimentación
S	
T	
U	
V	
W	Conexión del motor

TEMA: CONEXIÓN BORNES DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

Fecha:	Nombre:	Denominación:
Dib. 26/02/2021	Berítez Antonio, Chiguano Brayan	SI-ME-CY
Rev. 27/02/2021	Ing. Ms. C Paul Corrales	N ° Lámina:
Apro. 27/02/2021		011

INGENIERIA ELECTROMECANICA

9.4 Anexo IV (Programación TIA Portal)

Pág. 70-83

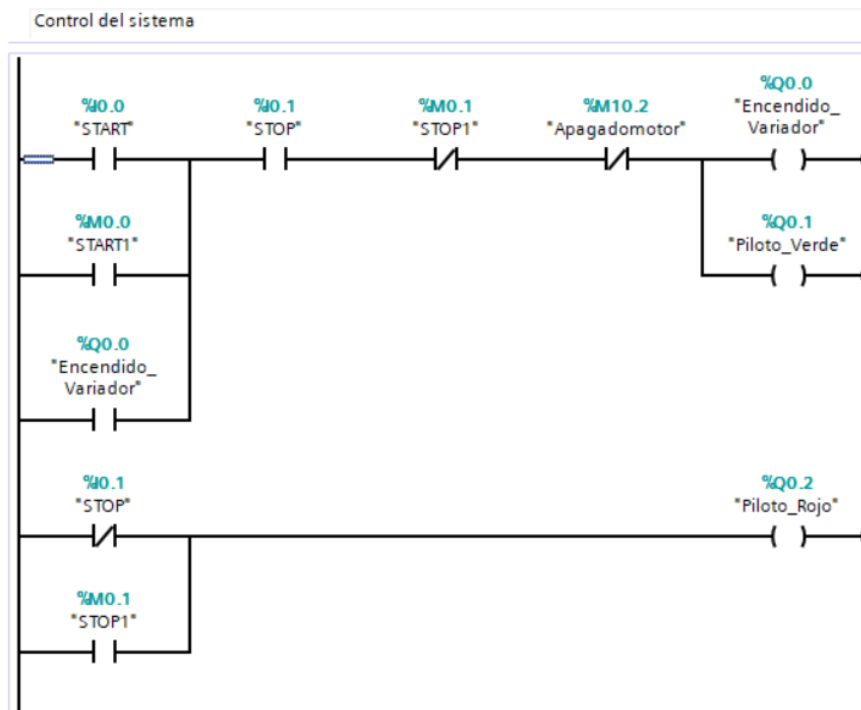


Figura 1. Programación panel de control.

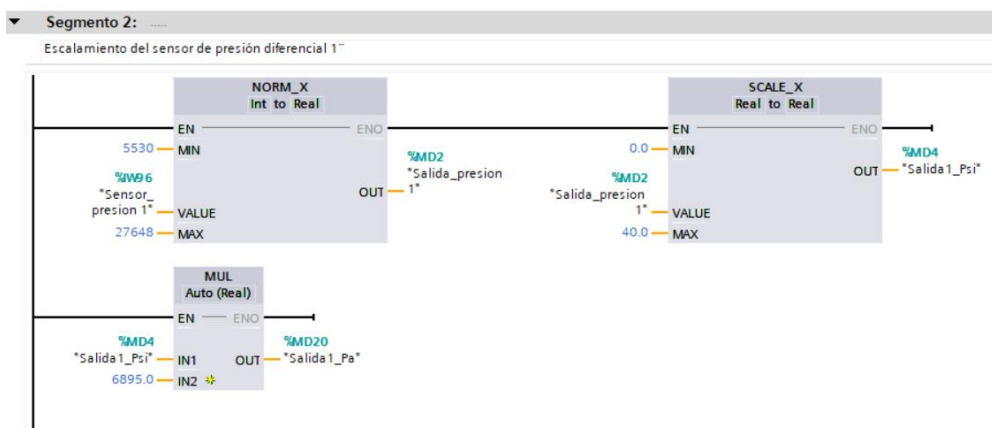
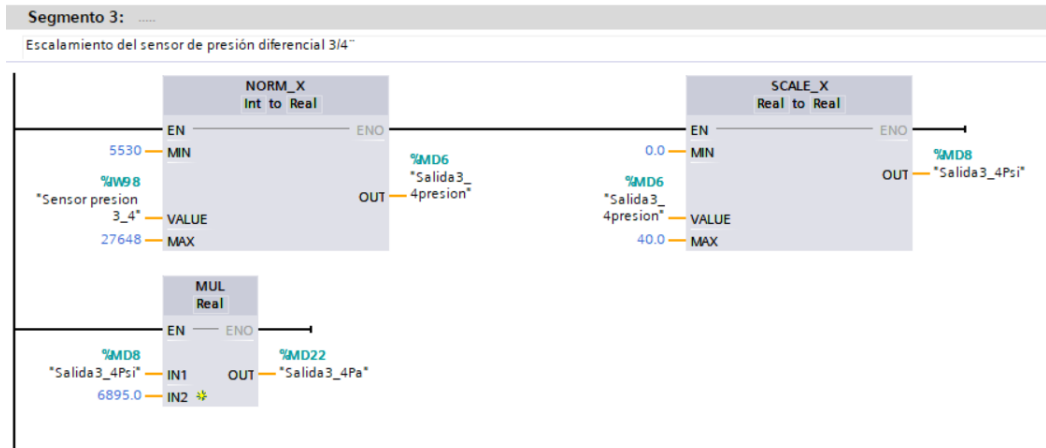
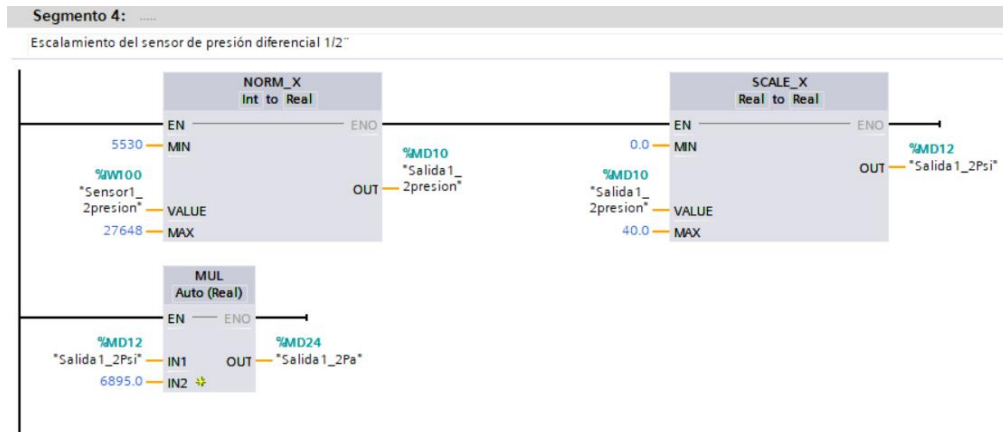


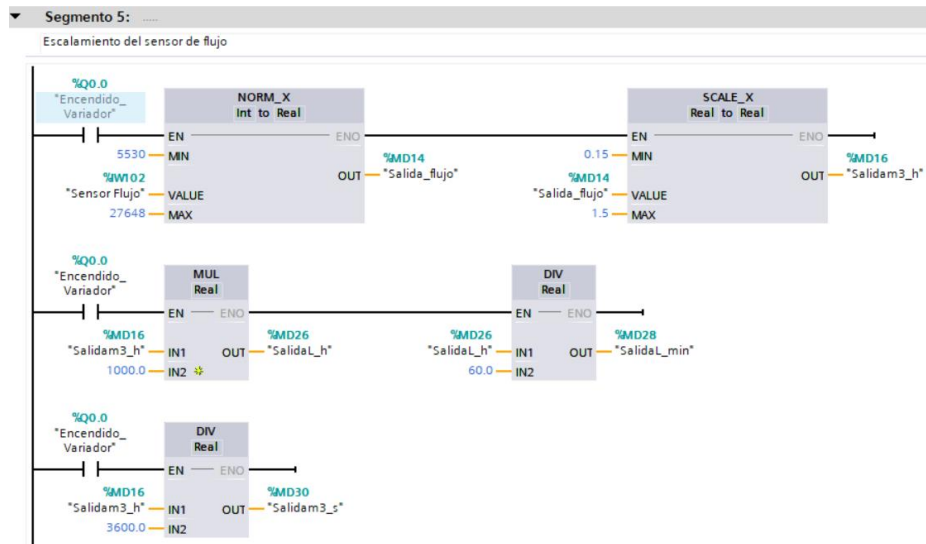
Figura 2. Escalamiento sensor de presión tubería 1''.



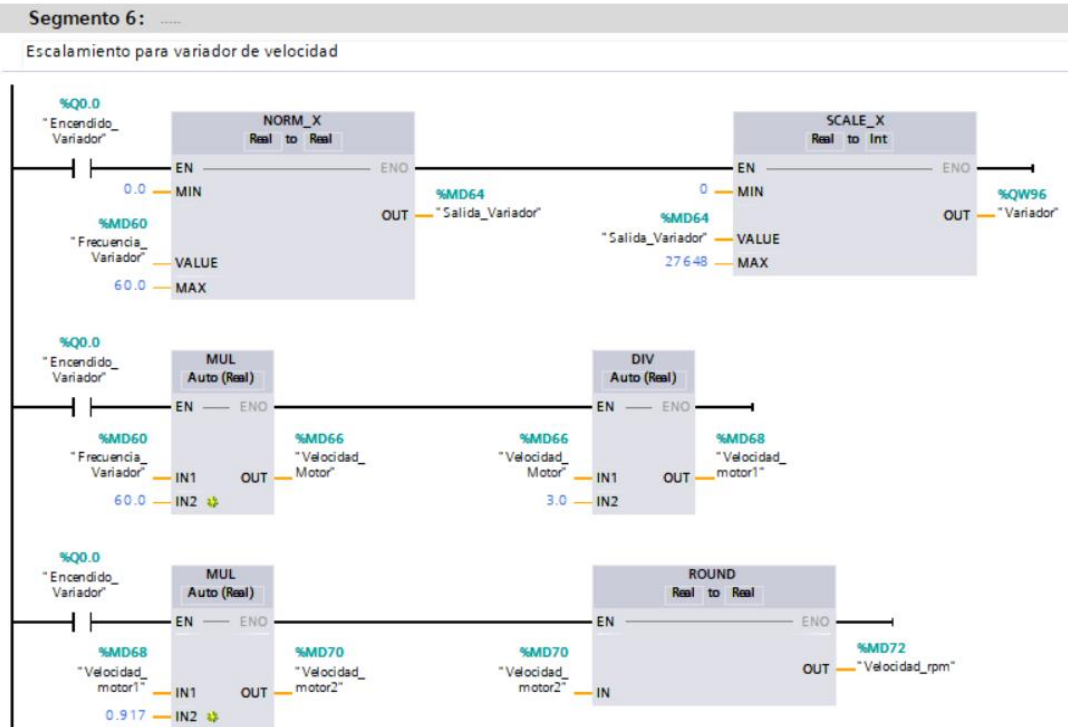
**Figura 3.** Escalamiento sensor de presión tubería 3/4".



**Figura 4.** Escalamiento sensor de presión tubería 1/2".



**Figura 5.** Escalamiento sensor de flujo.



**Figura 6.** Programación variador de velocidad.

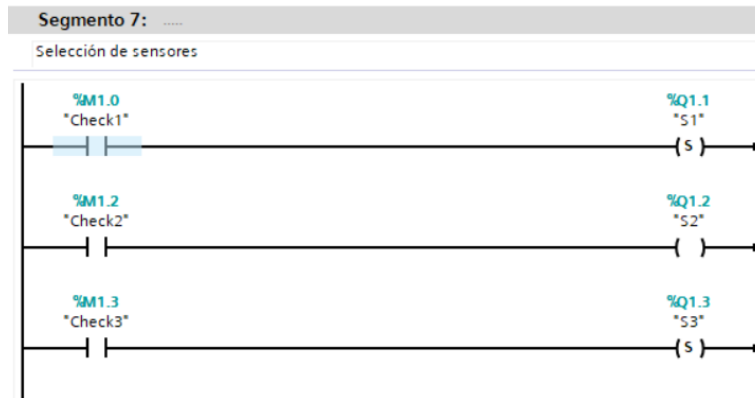


Figura 7. Selección de sensores.

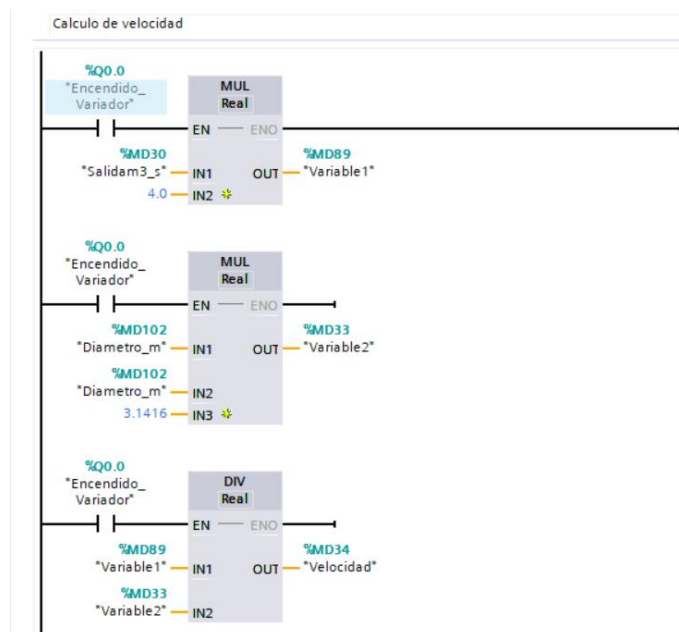
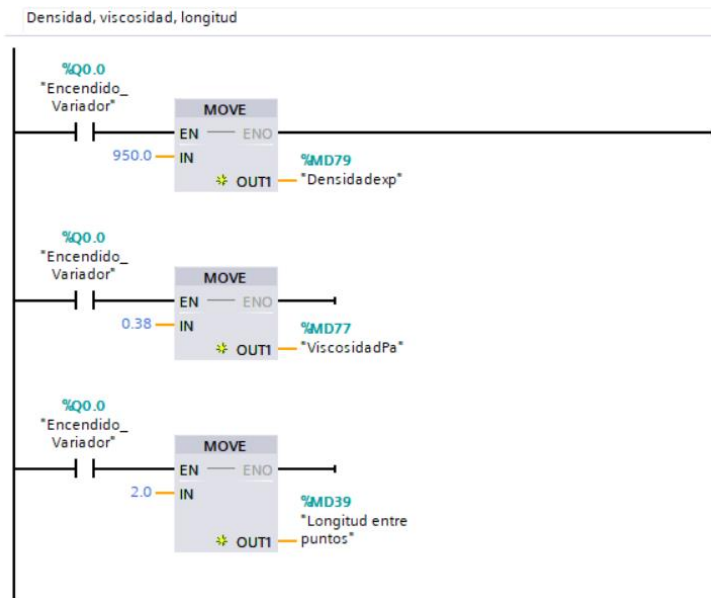
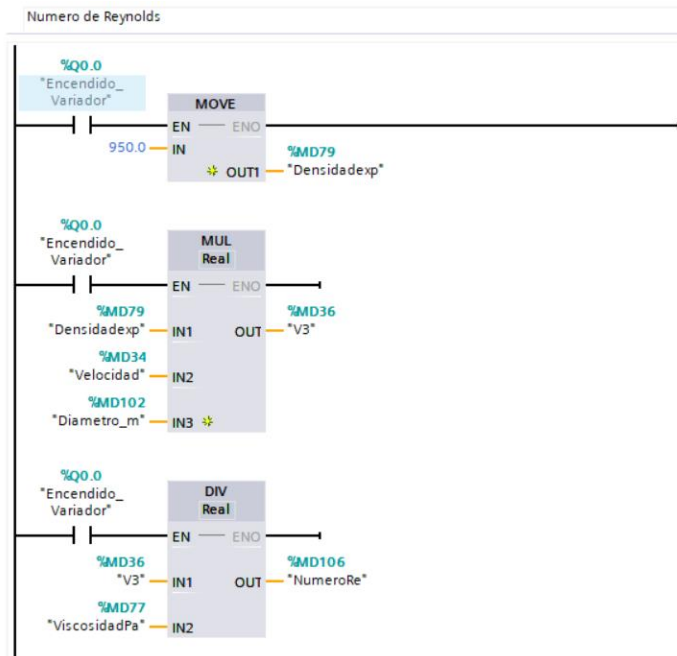


Figura 8. Cálculo de velocidad.

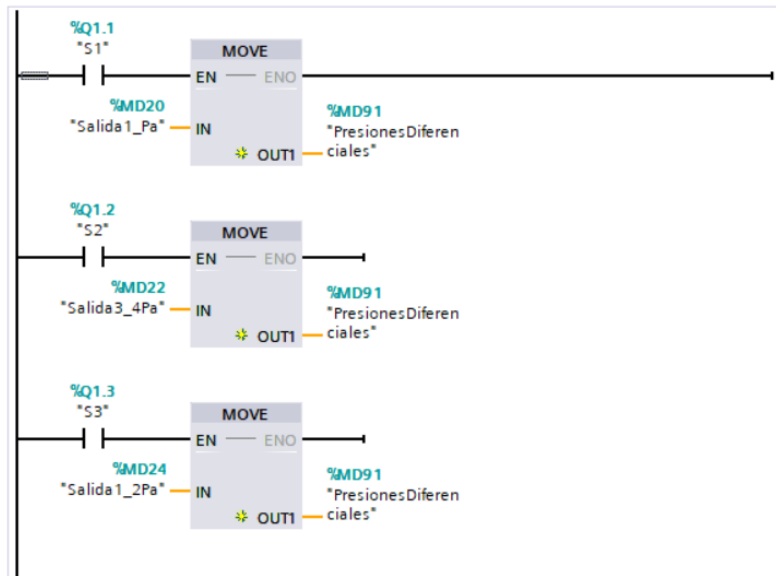


**Figura 9.** Características del sistema experimental.



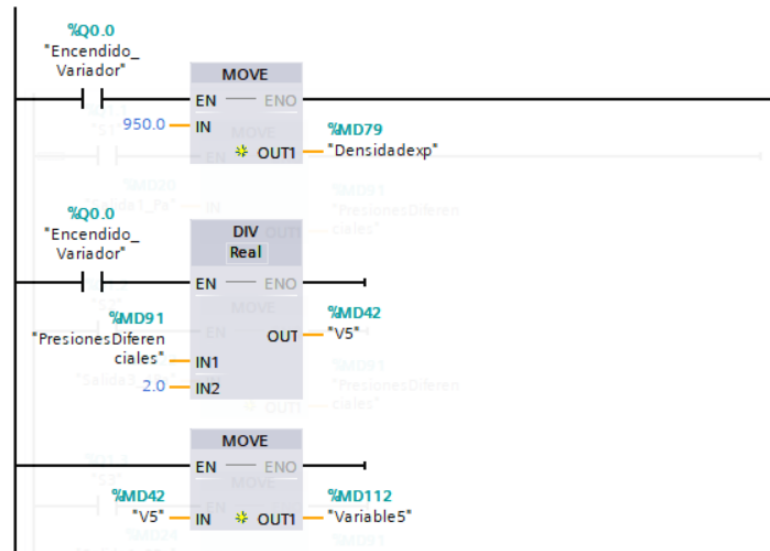
**Figura 10.** Cálculo del número de Reynolds.

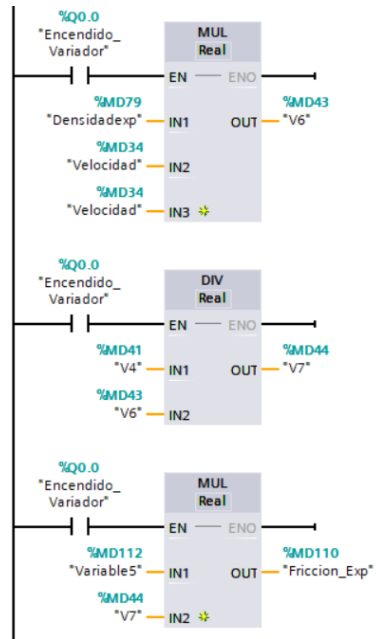




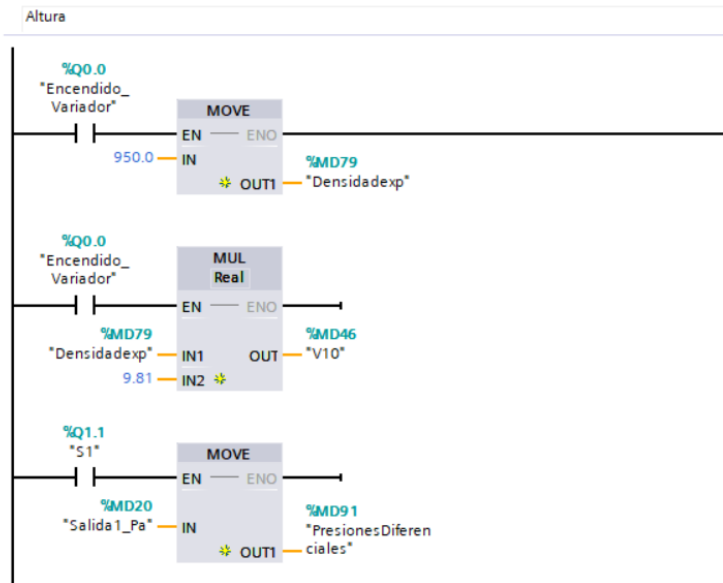
**Figura 11.** Copia de valores de presiones diferenciales.

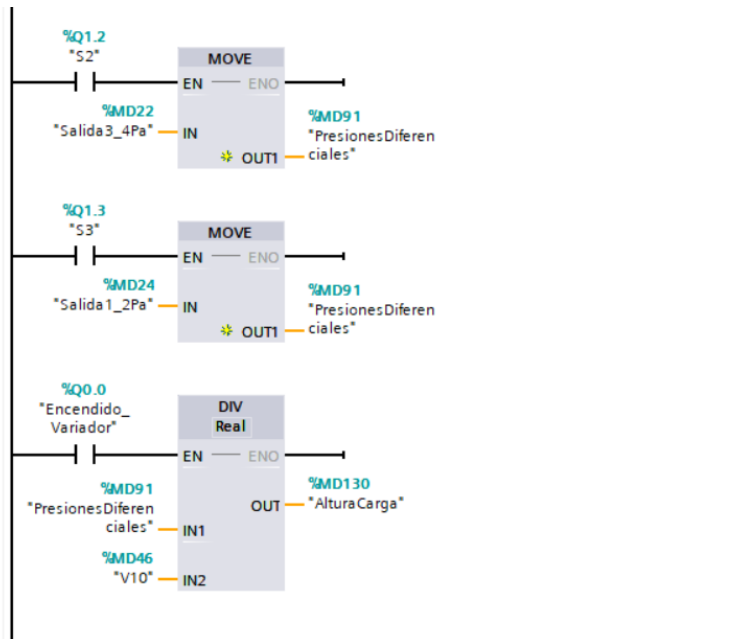
Factor de friccion



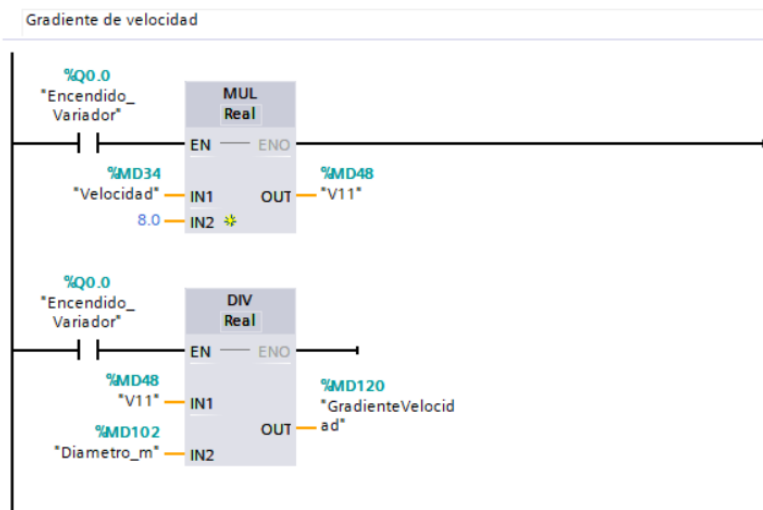


**Figura 12.** Determinación del factor de fricción.





**Figura 13.** Cálculo de pérdidas de carga lineales.



**Figura 14.** Cálculo gradiente de velocidad.

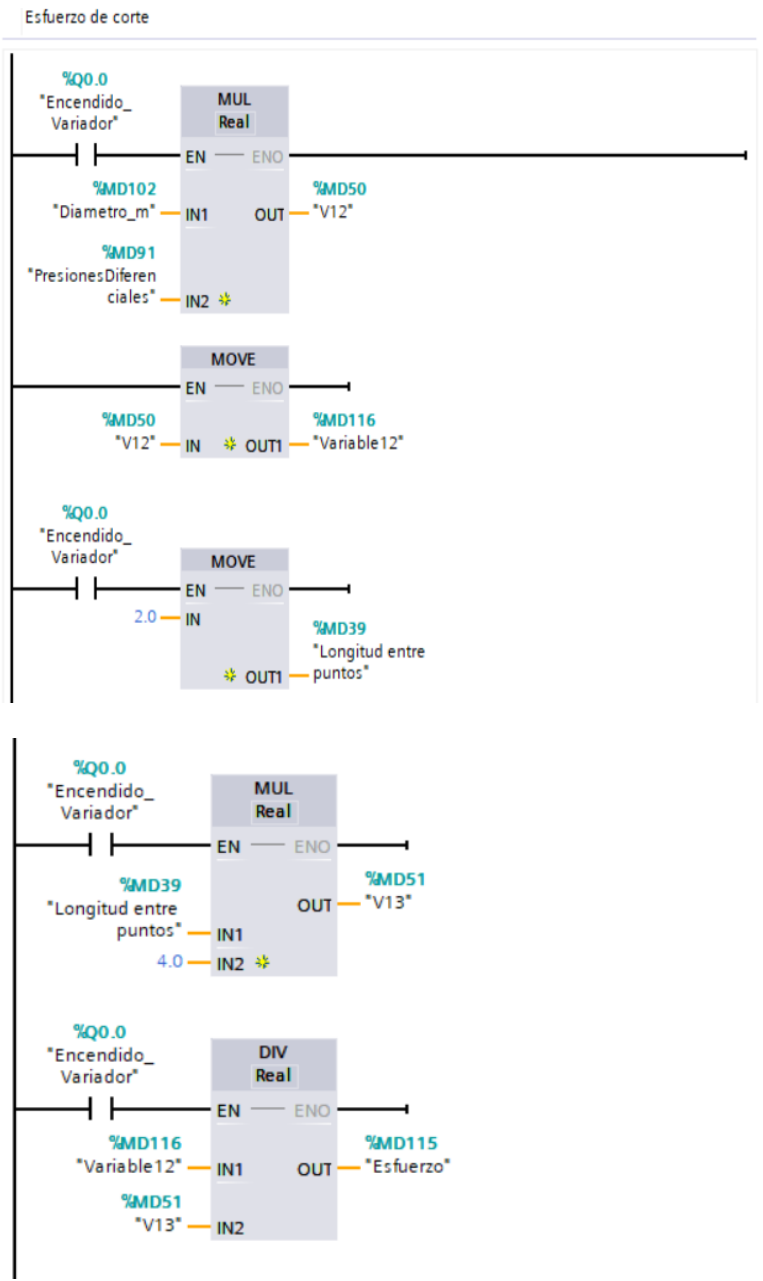
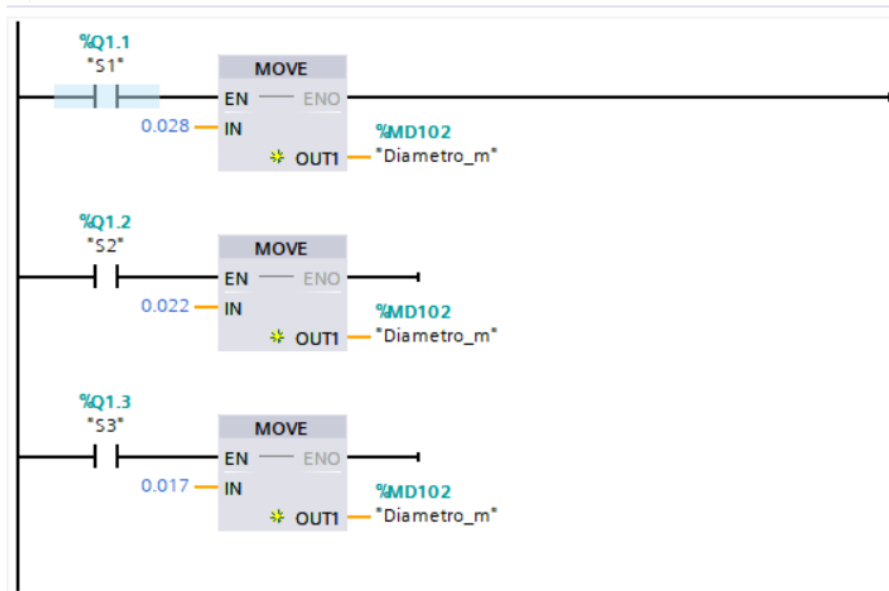
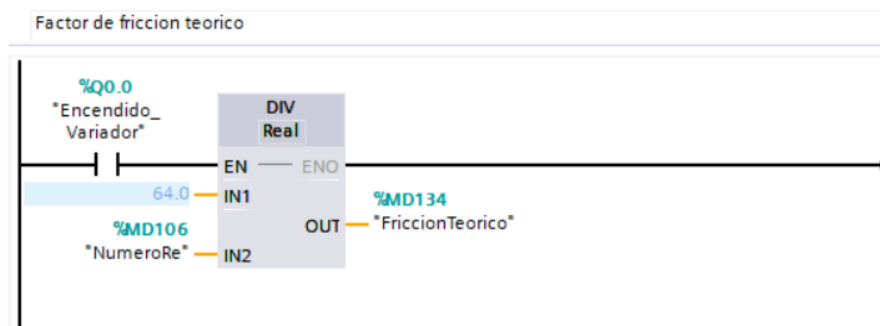


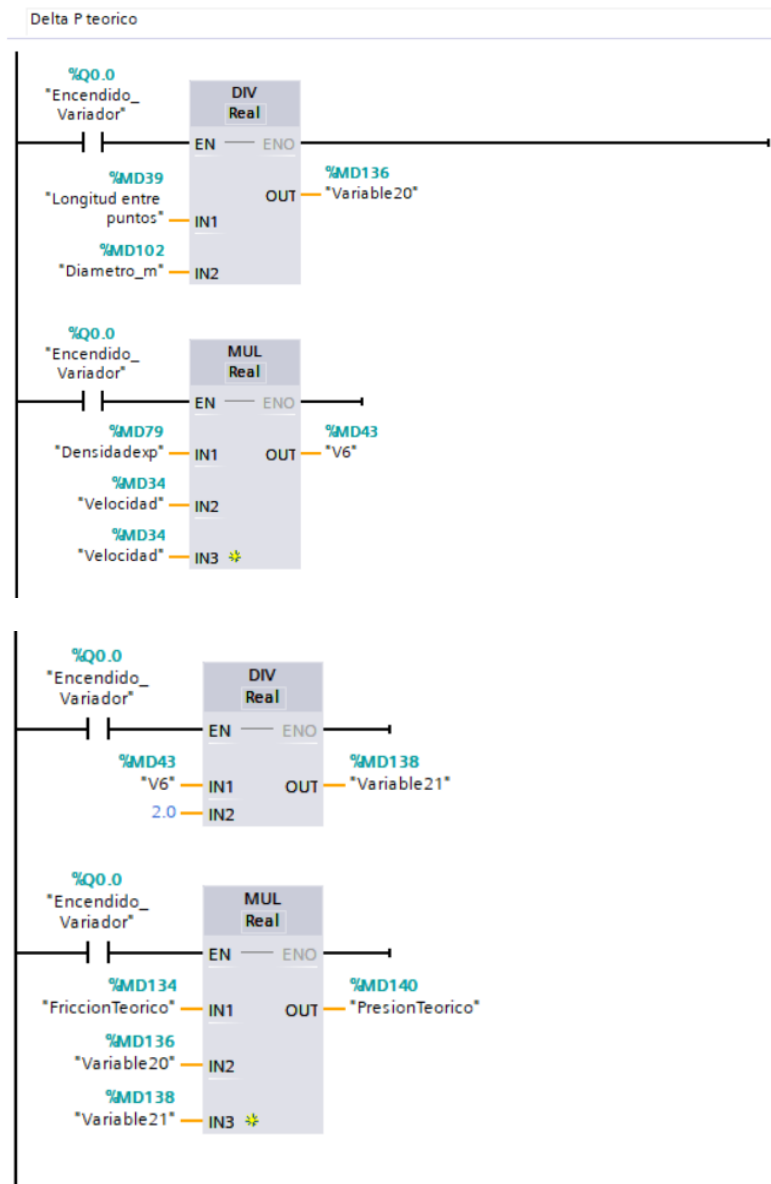
Figura 15. Cálculo del esfuerzo de corte.



**Figura 16.** Datos de diámetro de tubería.



**Figura 17.** Cálculo factor de fricción teórico.



**Figura 18.** Cálculo de pérdidas de presión teóricos.

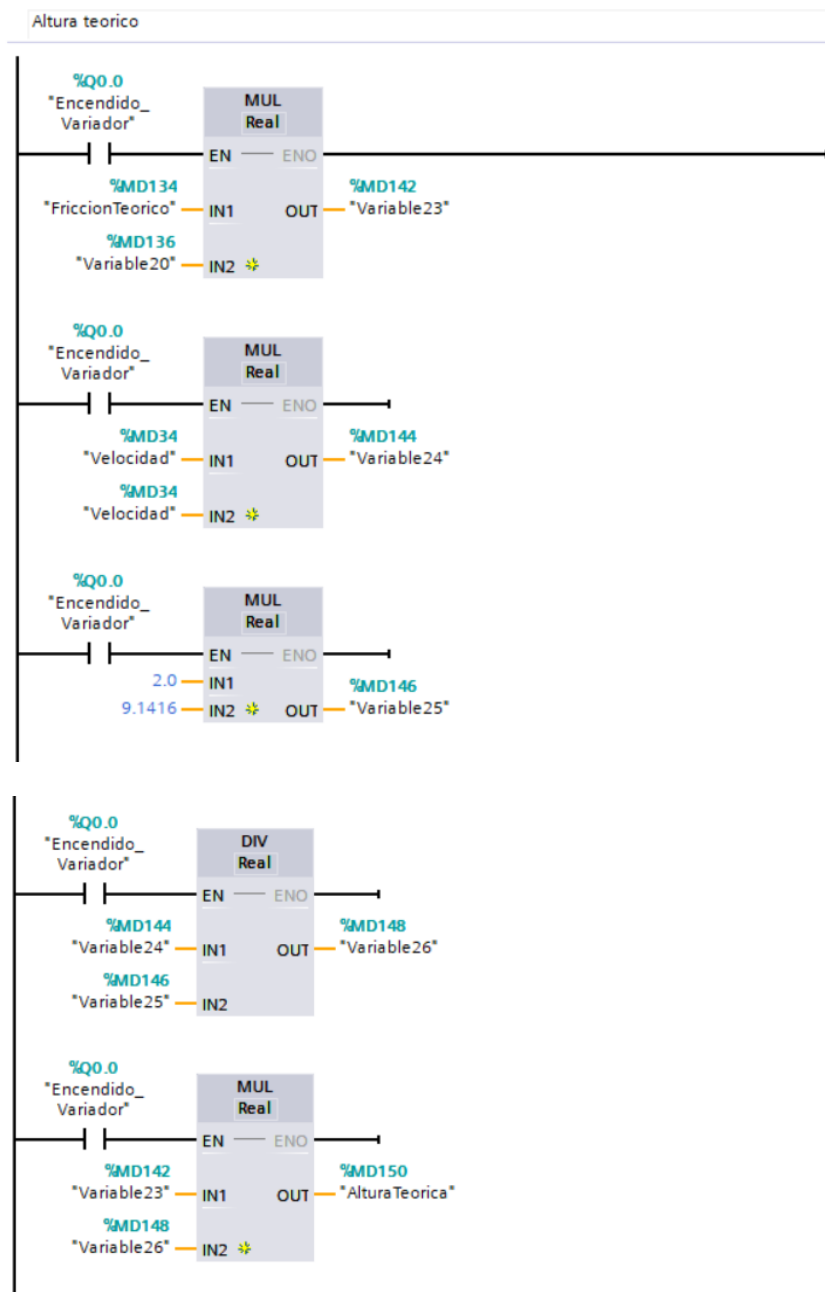


Figura 19. Cálculo de pérdidas de carga teóricos.

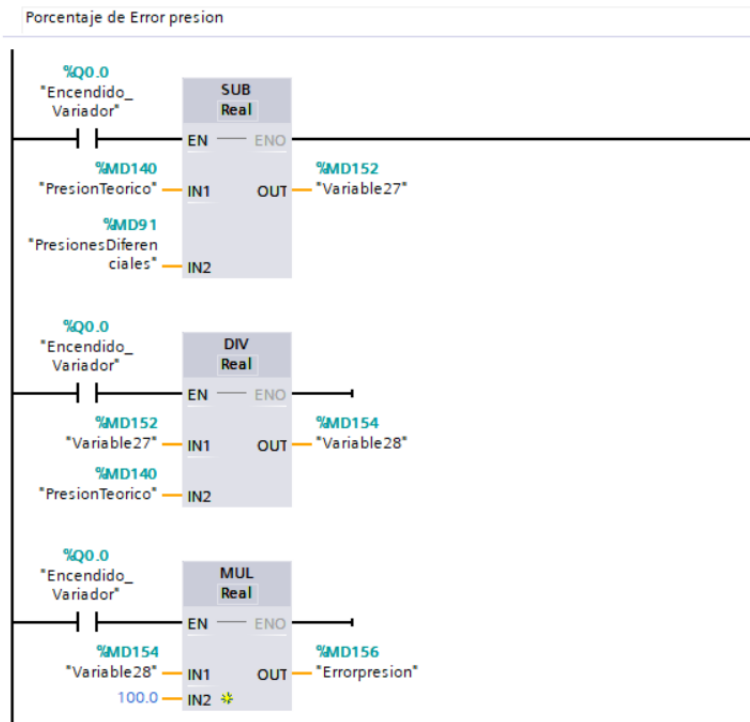


Figura 20. Cálculo del porcentaje de error en las pérdidas de presión.

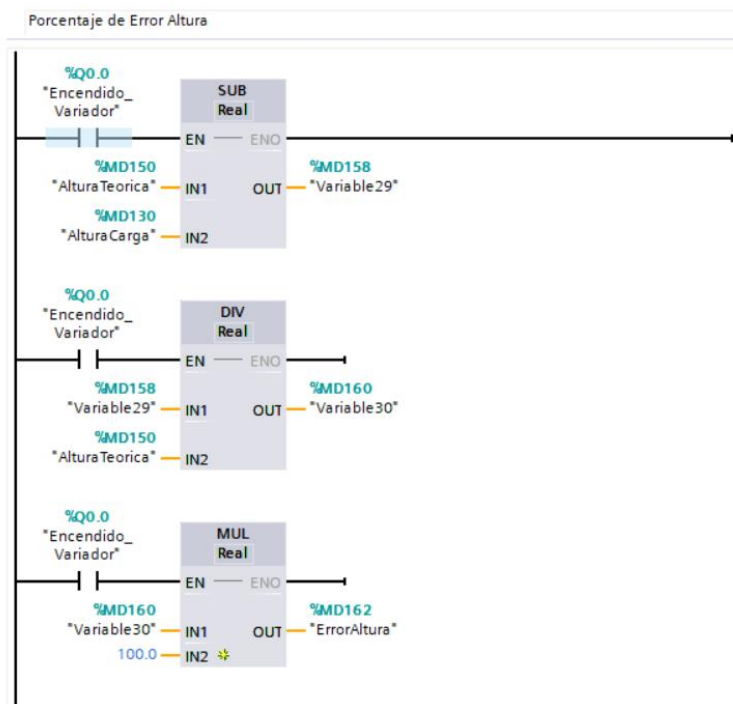
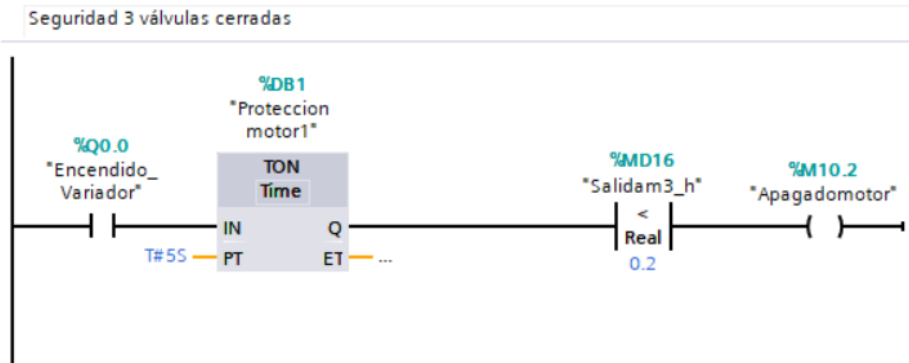
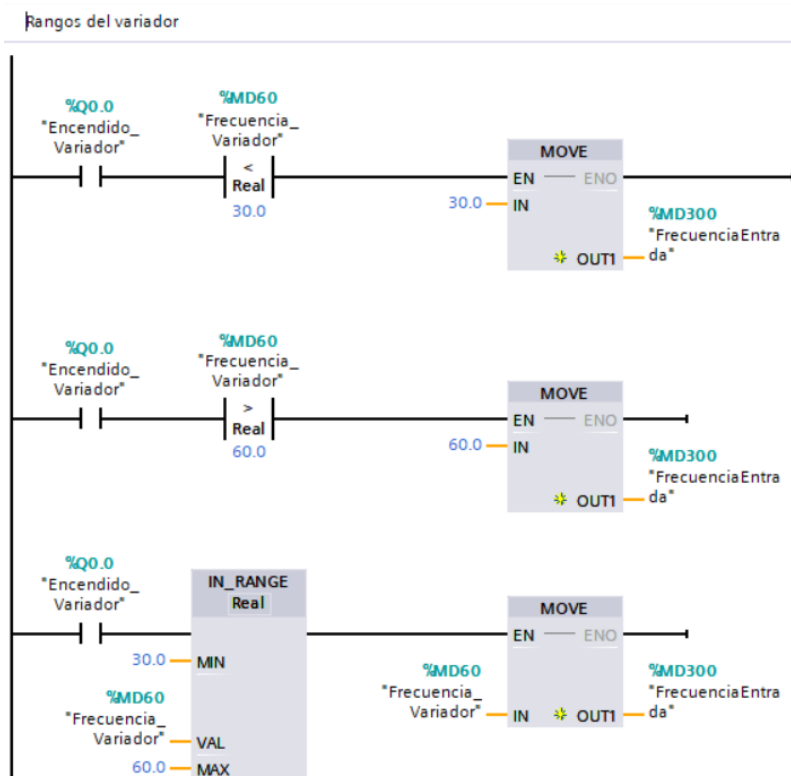


Figura 21. Cálculo de porcentaje de error pérdidas de carga lineales.



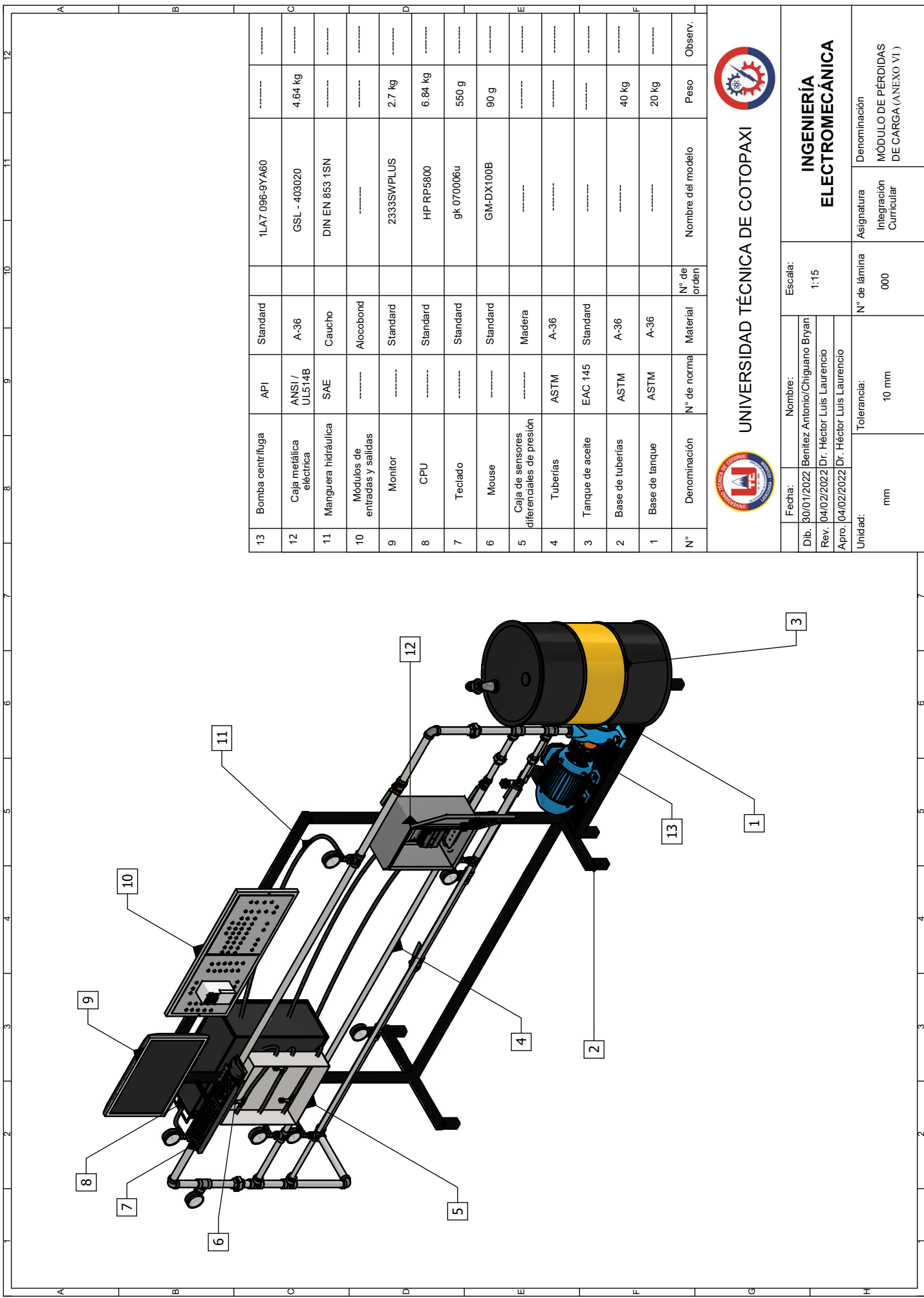


**Figura 22.** Seguridad para válvulas en caso de estar cerradas



**Figura 23.** Rangos mínimos y máximos del variador

# Planos en 3D de la máquina



13	Bomba centrífuga	API	Standard	1LA7 096-9YA60		
12	Caja metálica eléctrica	ANSI / UL514B	A-36	GSL - 403020	4.64 kg	
11	Manguera hidráulica	SAE	Caucho	DIN EN 853 1SN		
10	Módulos de entradas y salidas		Alcobond			
9	Monitor		Standard	2333SWPLUS	2.7 kg	
8	CPU		Standard	HP RP5800	6.84 kg	
7	Teclado		Standard	gk 070006u	550 g	
6	Mouse		Standard	GM-DX100B	90 g	
5	Caja de sensores diferenciales de presión		Madera			
4	Tuberías	ASTM	A-36			
3	Tanque de aceite	EAC 145	Standard			
2	Base de tuberías	ASTM	A-36		40 kg	
1	Base de tanque	ASTM	A-36		20 kg	
N°	Denominación	N° de normal	Material	N° de orden	Nombre del modelo	Peso
						Observ.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



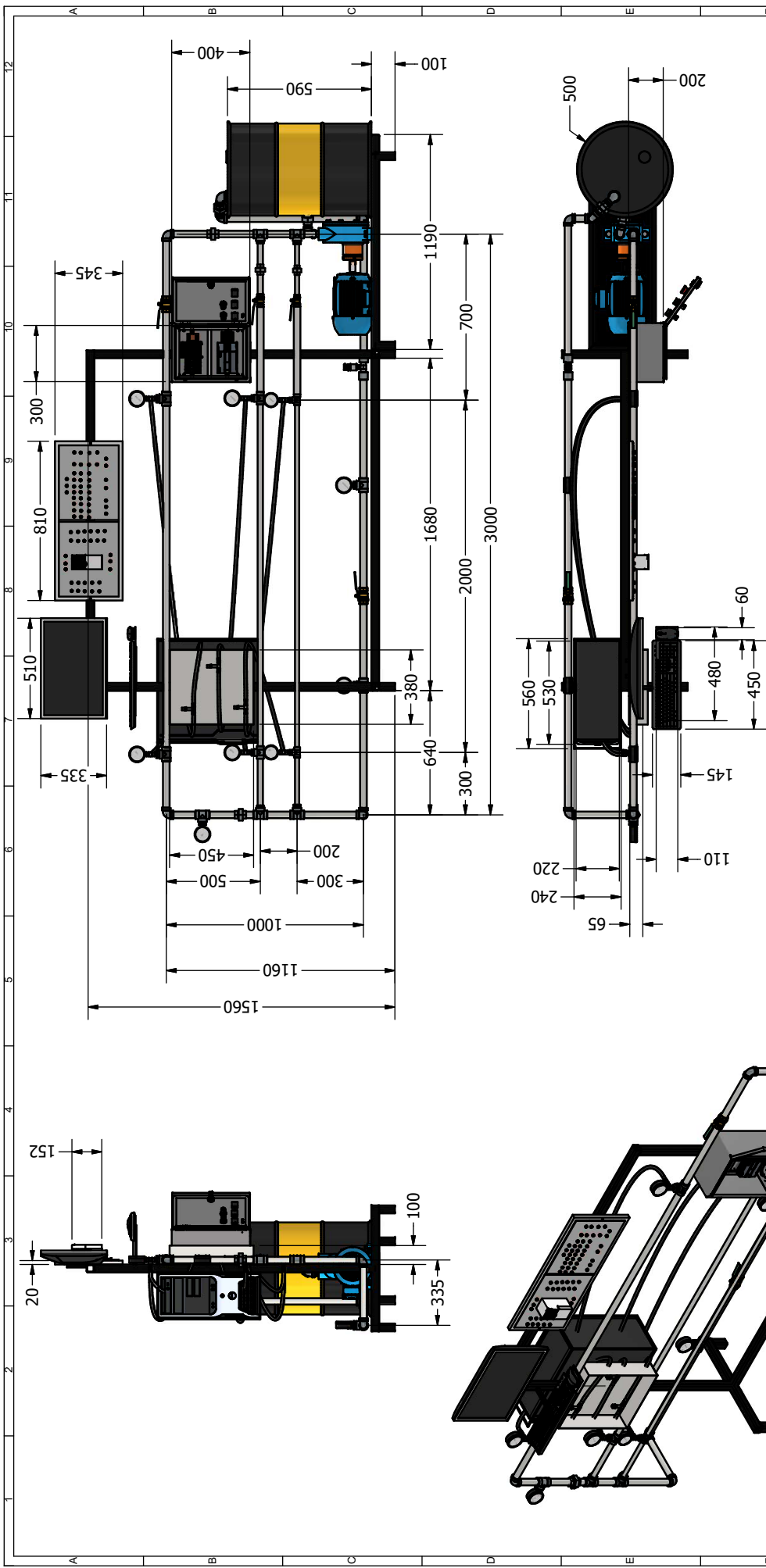
**INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

Fecha:	Nombre:
30/01/2022	Benítez Antonio/Chiguano Bryan
04/02/2022	Dr. Héctor Luis Laurencio
04/02/2022	Dr. Héctor Luis Laurencio

Escala:  
1:15



Unidad:	Tolerancia:	N° de lámina	Denominación
mm	10 mm	000	MÓDULO DE PÉRDIDAS DE CARGA (ANEXO VI)

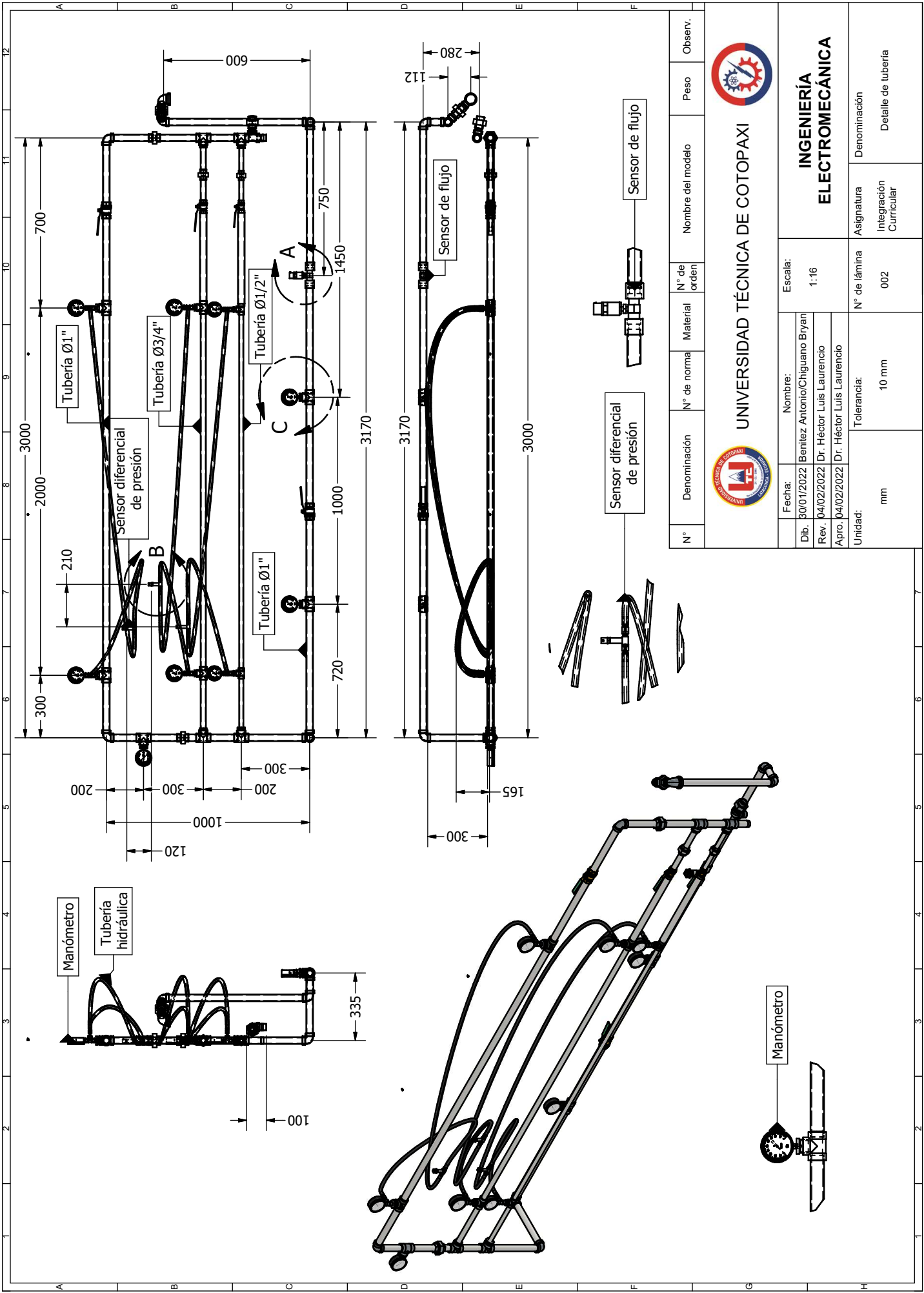
Asignatura	Denominación
Integración Curricular	MÓDULO DE PÉRDIDAS DE CARGA (ANEXO VI)

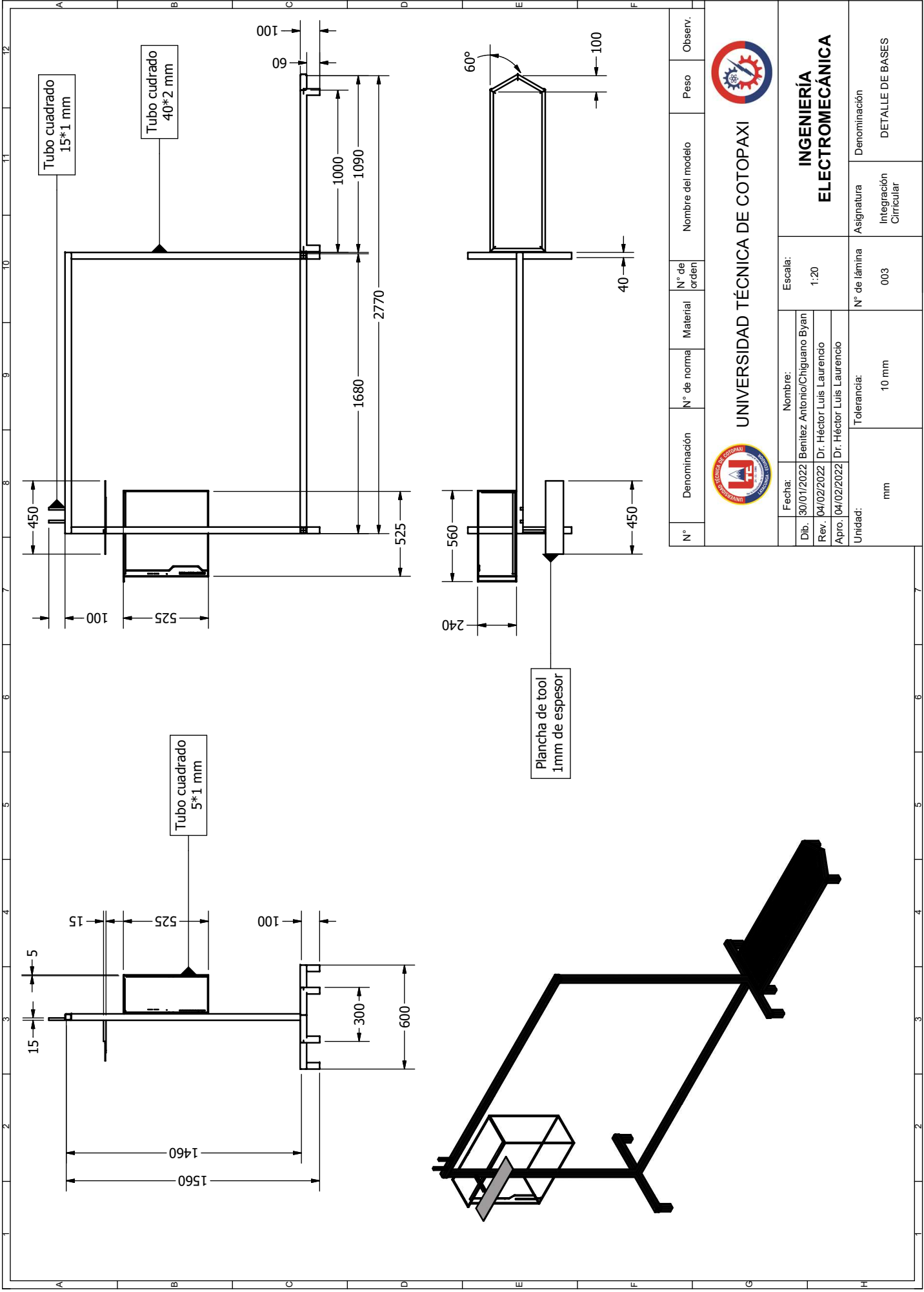


N°	Denominación	N° de norma	Material	N° de orden	Nombre del modelo	Peso	Observ.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		 <b>INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA</b>	
Fecha:	Nombre:	Escala:	Denominación
Dib. 30/01/2022	Benítez Antonio/Chiguano Bryan	1:20	
Rev. 04/02/2022	Dr. Héctor Luis Laurencio		
Apro. 04/02/2022	Dr. Héctor Luis Laurencio		
Unidad:	Tolerancia:	N° de lámina	Asignatura
mm	10 mm	001	Integración Curricular
			Denominación
			ENSAMBLE GENERAL DEL MÓDULO





N°	Denominación	N° de norma	Material	N° de orden	Nombre del modelo	Peso	Observ.
----	--------------	-------------	----------	-------------	-------------------	------	---------

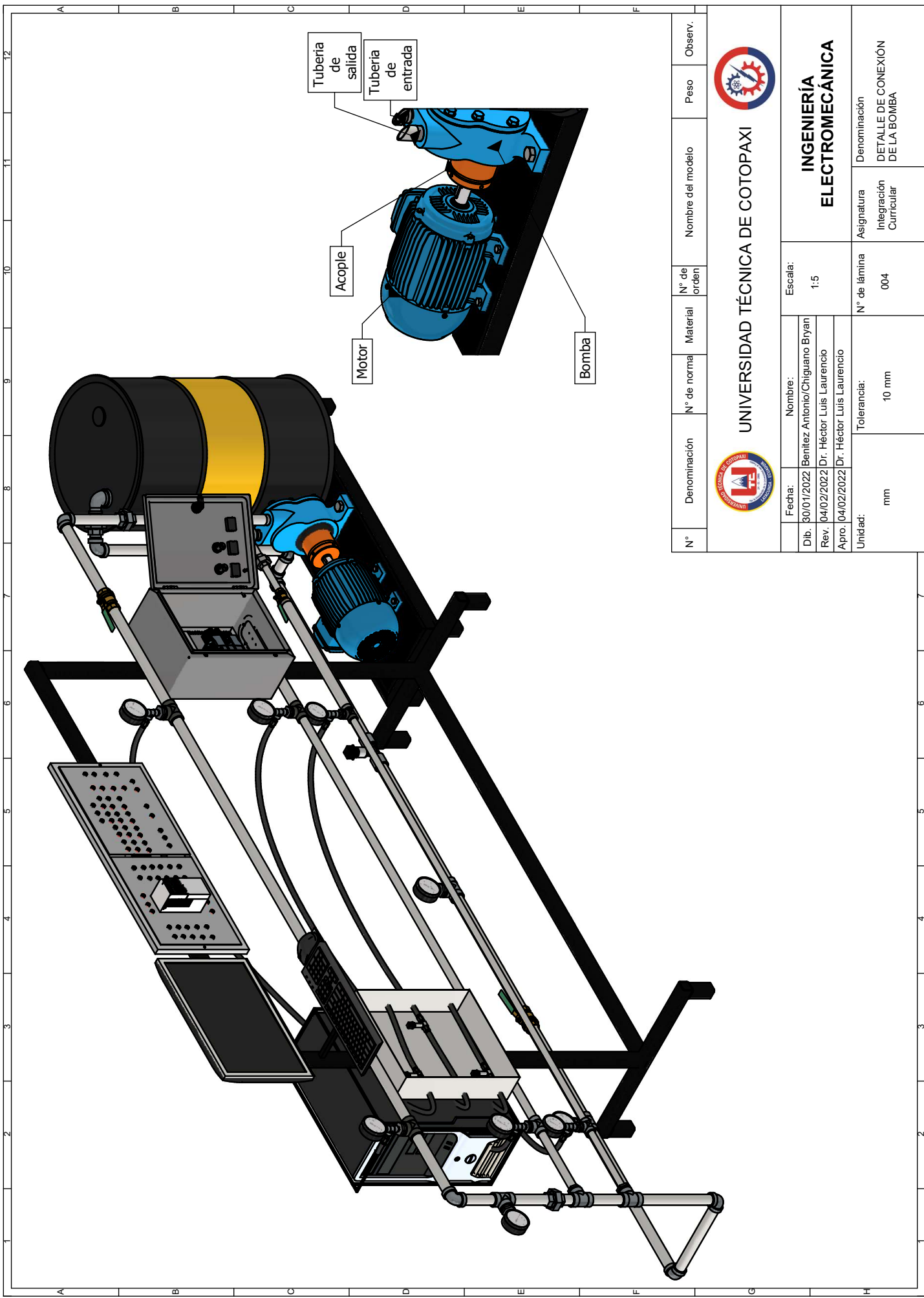


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Fecha:		Nombre:		Escala:	
Dib.	30/01/2022	Benítez Antonio/Chiguano Byan			1:20
Rev.	04/02/2022	Dr. Héctor Luis Laurencio			
Apro.	04/02/2022	Dr. Héctor Luis Laurencio			
Unidad:	mm	Tolerancia:	10 mm	N° de lámina	003
				Asignatura	Integración Circular
				Denominación	DETALLE DE BASES



N°	Denominación	N° de norma	Material	N° de orden	Nombre del modelo	Peso	Observ.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



**INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA**

Escala:

1:5

Nombre:

Benítez Antonio/Chiguano Bryan

Rev. 04/02/2022 Dr. Héctor Luis Laurencio

Apro. 04/02/2022 Dr. Héctor Luis Laurencio

Fecha:

mm

Tolerancia:

10 mm

N° de lámina

004

Asignatura

Integración Curricular

Denominación

DETALLE DE CONEXIÓN DE LA BOMBA

**9.6 Anexo VI (Resultados experimentales)**

Pág. 85-86

**Tabla 1. Datos experimentales y teóricos tramo 1 (tubería 1")**

Tubería de 1"																	
N°	RPM	Frecuencia (Hz)	Diámetro interno (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	ΔP (Pa) Exp.	Re	λ Exp.	λ Teór.	Δh (m) Exp.	γ (s <sup>-1</sup> )	τ (Pa)	ΔP (Pa) Teór.	Δh (m) Teór.	ΔP Error (%)	Δh Error (%)
1	550	30	0.028	0.41	0.00011	0.18	5459.01	12.95	4.70	4.94	0.59	52.85	19.11	5737.49	0.62	4.85	-0.34
2	624	34	0.028	0.44	0.00012	0.20	6200.21	13.89	4.64	4.61	0.67	56.71	21.70	6157.31	0.66	-0.70	-0.35
3	697	38	0.028	0.47	0.00013	0.21	6951.68	14.84	4.56	4.31	0.75	60.58	24.33	6577.12	0.71	-5.69	-0.35
4	770	42	0.028	0.52	0.00014	0.23	7577.98	16.42	4.06	3.90	0.81	67.02	26.52	7276.82	0.78	-4.14	-0.26
5	844	46	0.028	0.58	0.00016	0.26	8315.19	18.32	3.58	3.49	0.89	74.76	29.10	8116.45	0.87	-2.45	-0.15
6	917	50	0.028	0.64	0.00018	0.29	8964.94	20.21	3.17	3.17	0.96	82.49	31.38	8956.08	0.96	-0.10	-0.04
7	990	54	0.028	0.7	0.00019	0.32	9606.13	22.10	2.84	2.90	1.03	90.22	33.62	9795.71	1.05	1.94	0.07
8	1064	58	0.028	0.76	0.00021	0.34	10288.51	24.00	2.58	2.67	1.10	97.96	36.01	10635.35	1.14	3.26	0.17
9	1100	60	0.028	0.8	0.00022	0.36	10555.31	25.26	2.39	2.53	1.13	103.11	36.94	11195.10	1.20	5.71	0.26

**Tabla 2. Datos experimentales y teóricos tramo 2 (tubería 3/4")**

Tubería de 3/4"																	
N°	RPM	Frecuencia (Hz)	Diámetro interno (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	ΔP (Pa) Exp.	Re	λ Exp.	λ Teór.	Δh (m) Exp.	γ (s <sup>-1</sup> )	τ (Pa)	ΔP (Pa) Teór.	Δh (m) Teór.	ΔP Error (%)	Δh Error (%)
1	550	30	0.022	0.41	0.00011	0.30	15483.26	16.48	3.99	3.88	1.66	108.95	42.58	15054.39	1.62	-2.85	0.59
2	624	34	0.022	0.44	0.00012	0.32	17302.04	17.68	3.88	3.62	1.86	116.92	47.58	16155.94	1.73	-7.09	0.66
3	697	38	0.022	0.48	0.00013	0.35	19104.97	19.29	3.60	3.32	2.05	127.55	52.54	17624.66	1.89	-8.40	0.81
4	770	42	0.022	0.53	0.00015	0.39	20833.52	21.30	3.22	3.00	2.24	140.83	57.29	19460.56	2.09	-7.06	1.02
5	844	46	0.022	0.59	0.00016	0.43	22779.62	23.71	2.84	2.70	2.44	156.78	62.64	21663.64	2.32	-5.15	1.27
6	917	50	0.022	0.64	0.00018	0.47	24438.85	25.72	2.59	2.49	2.62	170.06	67.21	23499.54	2.52	-4.00	1.48
7	990	54	0.022	0.71	0.00020	0.52	26080.81	28.54	2.24	2.24	2.80	188.66	71.72	26069.81	2.80	-0.04	1.80
8	1064	58	0.022	0.77	0.00021	0.56	27767.34	30.95	2.03	2.07	2.98	204.61	76.36	28272.89	3.03	1.79	2.05
9	1100	60	0.022	0.8	0.00022	0.58	28651.33	32.15	1.94	1.99	3.07	212.58	78.79	29374.43	3.15	2.46	2.18



**Tabla 3.** Datos experimentales y teóricos tramo 3 (tubería 1/2")

Tubería de 1/2"																	
N°	RPM	Frecuencia (Hz)	Diámetro interno (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	$\Delta P$ (Pa) Exp.	Re	$\lambda$ Exp.	$\lambda$ Teór.	$\Delta h$ (m)	$\gamma$ (s <sup>-1</sup> )	$\tau$ (Pa)	$\Delta P$ (Pa) Teór.	$\Delta h$ (m) Teór.	$\Delta P$ Error (%)	$\Delta h$ Error (%)
1	550	30	0.017	0.41	0.00011	0.50	40593.13	21.32	2.89	3.00	4.36	236.12	86.26	42223.90	4.53	3.86	3.57
2	624	34	0.017	0.44	0.00012	0.54	44782.52	22.88	2.76	2.80	4.81	253.40	95.16	45313.45	4.86	1.17	3.87
3	697	38	0.017	0.48	0.00013	0.59	49573.94	24.97	2.57	2.56	5.32	276.43	105.34	49432.86	5.30	-0.29	4.30
4	770	42	0.017	0.54	0.00015	0.66	54254.69	28.09	2.22	2.28	5.82	310.99	115.29	55611.97	5.97	2.44	4.99
5	844	46	0.017	0.59	0.00016	0.72	59118.74	30.69	2.03	2.09	6.34	339.78	125.63	60761.22	6.52	2.70	5.55
6	917	50	0.017	0.65	0.00018	0.80	63812.13	33.81	1.80	1.89	6.85	374.34	135.60	66940.33	7.18	4.67	6.23
7	990	54	0.017	0.71	0.00020	0.87	68473.06	36.93	1.62	1.73	7.35	408.89	145.51	73119.44	7.85	6.35	6.91
8	1064	58	0.017	0.78	0.00022	0.95	73004.93	40.57	1.43	1.58	7.83	449.20	155.14	80328.40	8.62	9.12	7.71
9	1100	60	0.017	0.8	0.00022	0.98	74376.57	41.61	1.39	1.54	7.98	460.72	158.05	82388.10	8.84	9.72	7.94

**9.7 Anexo VII (Resultados experimentales manómetros)**

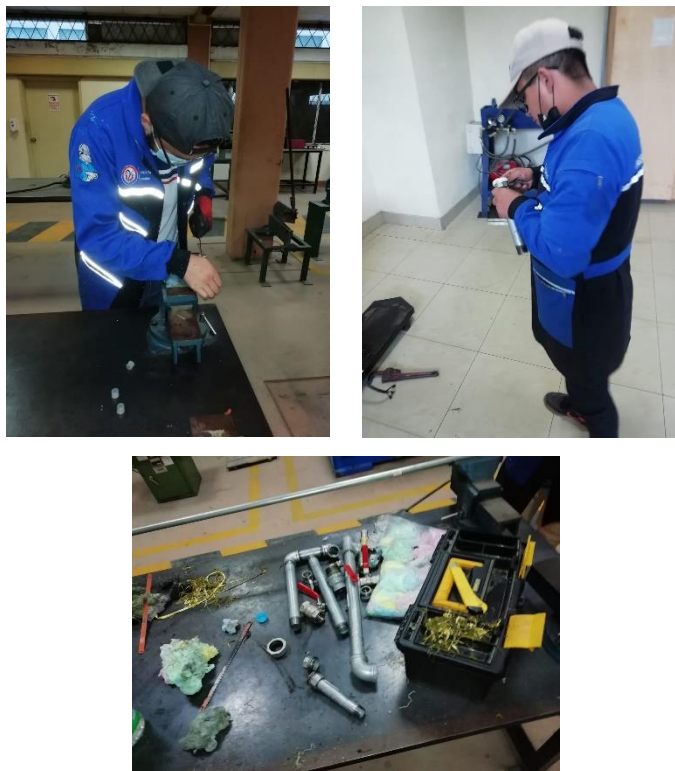
Pág. 87

**Tabla 1. Datos experimentales manómetros**

Datos experimentales manómetros							
N° Prueba	Diámetro	RPM	Presión 1 (Psi)	Presión 2 (Psi)	Presión 1 (Pa)	Presión 2 (Pa)	$\Delta P$ (Pa)
1	1"	550	12	11.2	82740	77224	5516
2		624	14	13.1	96530	90324.5	6205.5
3		697	16	15	110320	103425	6895
4		770	18	16.9	124110	116525.5	7584.5
5		844	20.2	19	139279	131005	8274
6		917	22	20.7	151690	142726.5	8963.5
7		990	24	22.6	165480	155827	9653
8		1064	26	24.5	179270	168927.5	10342.5
9		1100	27	25.4	186165	175133	11032
N° Prueba	Diámetro	RPM	Presión 1 (Psi)	Presión 2 (Psi)	Presión 1 (Pa)	Presión 2 (Pa)	$\Delta P$ (Pa)
1	3/4"	550	14	11.75	96530	81016.25	15513.75
2		624	16.1	13.5	111009.5	93082.5	17927
3		697	18	15.2	124110	104804	19306
4		770	20.5	17.4	141347.5	119973	21374.5
5		844	22.5	19.1	155137.5	131694.5	23443
6		917	24.7	21	170306.5	144795	25511.5
7		990	26	22	179270	151690	27580
8		1064	28.1	24	193749.5	165480	28269.5
9		1100	29.3	25	202023.5	172375	29648.5
N° Prueba	Diámetro	RPM	Presión 1 (Psi)	Presión 2 (Psi)	Presión 1 (Pa)	Presión 2 (Pa)	$\Delta P$ (Pa)
1	1/2"	550	16.5	10.5	113767.5	72397.5	41370
2		624	18.5	12	127557.5	82740	44817.5
3		697	21.3	14	146863.5	96530	50333.5
4		770	24	16	165480	110320	55160
5		844	26.5	18	182717.5	124110	58607.5
6		917	29	19.75	199955	136176.25	63778.75
7		990	32	22	220640	151690	68950
8		1064	34.7	24	239256.5	165480	73776.5
9		1100	36	25	248220	172375	75845

**9.8 Anexo VIII** (Implementación del sistema de medición)

Pág. 88-90



**Figura 1.** Mantenimiento de tuberías del sistema experimental



**Figura 2.** Armado de dispositivos.



**Figura 3.** Montaje de sensores.



**Figura 4.** Implementación de estructura para módulo de conexiones y pantalla.



**Figura 5.** Cableado general.



**Figura 6.** Proceso de pintado.

**9.9 Anexo IX (Socialización de manuales a estudiantes y funcionamiento del sistema experimental de fluidos)** Pág. 91-92



**Figura 1.** Socialización con estudiante de segundo semestre de la carrera.



**Figura 2.** Socialización con estudiante de octavo semestre de la carrera.



**Figura 3.** Explicación del funcionamiento del sistema experimental a estudiantes de Hidráulica.

# **PRÁCTICAS DE LABORATORIO**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
	Ing. Jorge Villaroel	Ing. Cristian Gallardo
Fecha:	Fecha: 03/03/2022	Fecha: 03/03/2022
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM605M2	<b>Mecánica de fluidos</b>

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Mecánica de Fluidos	DURACIÓN (HORAS)
<b>01</b>	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b>	<b>PÉRDIDAS DE CARGA LINEALES</b>	<b>2</b>

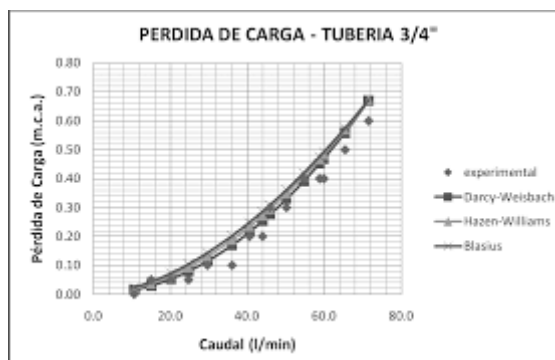
1	OBJETIVO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar las pérdidas de carga lineales en tuberías de acero galvanizado con el paso de aceite.</li> <li>Obtener el número de Reynolds y el factor de fricción de todos los diámetros de tuberías existentes.</li> <li>Determinar el error entre los datos experimentales y los datos teóricos.</li> </ul>

**2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

**2.1. INTRODUCCIÓN**

**PÉRDIDAS DE CARGA**

Se conoce como pérdidas de carga lineales o pérdidas primarias a las que son debido a la fricción del fluido contra sí mismo y contra todas las paredes de la tubería estudiada, por lo general pueden ser continuas o regulares debido a un estrechamiento o presencia de una variación de caudal constante.



**Fig 1.-** Curva que relaciona la presión y el caudal.

## FLUJO LAMINAR

El cambio de flujo laminar a turbulento depende de la geometría, la rugosidad de la superficie, la velocidad del flujo, el tipo de fluido, la temperatura de la superficie, entre otros. Para determinar el flujo laminar se utiliza el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad (4.1)$$

Donde:  $\rho$  = densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>),

$V$  = velocidad de flujo (m/s),

$D$  = diámetro (m),

$\mu$  = viscosidad del fluido.

## VELOCIDAD DE FLUJO

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

Una vez obtenido el número de Reynolds se determina si el flujo en la tubería circular es laminar o turbulento, para lo cual según el libro de Mecánica de Fluidos de Cengel expone que:

$$\begin{aligned} Re &\lesssim 2300 \text{ Flujo laminar} \\ 2300 &\lesssim Re \lesssim 4000 \text{ Flujo transicional} \\ Re &\gtrsim 4000 \text{ Flujo turbulento} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Una vez identificado el tipo de flujo y en el caso de ser laminar la pérdida de presión se determina con la siguiente expresión:

$$\Delta P_L = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad (4.4)$$

Donde:  $L$  = es la longitud entre dos puntos,

$\lambda$  = factor de fricción.

Mediante la obtención de los gradientes de presión se puede elaborar el gráfico de  $i = f(v)$ , para el flujo durante el transporte, siendo:

$$\frac{\Delta P_L}{L} = i \quad (4.5)$$

Con la obtención del gráfico  $\lambda = f(Re)$  se puede observar la correlación entre el factor de fricción con el aumento del número de Reynolds. El factor de fricción quedará determinado por la relación:

$$\lambda = i \cdot \frac{2 \cdot D}{\rho \cdot V^2} \quad (4.6)$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4.7)$$

A continuación, se procede a determinar la pérdida de carga:

$$h_L = \frac{\Delta P_L}{\rho \cdot g} \quad (4.8)$$

$$h_L = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (4.9)$$

donde  $g$  = gravedad (m/s<sup>2</sup>).

La pérdida de carga representa la altura adicional que el fluido necesita para subir a través de la bomba para vencer las pérdidas por fricción en la tubería.

Por consiguiente, se determina la gradiente de velocidad:

$$\gamma = \frac{8 \cdot V}{D} \quad (4.10)$$

Por último, se analiza el esfuerzo cortante mediante la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{D \cdot \Delta p}{4 \cdot L} \quad (4.11)$$

### PORCENTAJE DE ERROR

Para el cálculo del porcentaje de error entre los datos obtenidos del sistema experimental y la teórica se aplica la siguiente ecuación:

$$Error = \frac{Teórico - Experimental}{Teórico} \cdot 100\% \quad (4.12)$$

## 2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

**Equipos:** Máquina de pérdidas de carga lineales, SCADA en el Software IGNITION.

**Materiales:** Guía de práctica  
Manual de operación  
Calculadora

## 2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los estudiantes y docentes deben asistir a la charla de inducción de seguridad en la primera práctica por una sola vez, la misma que será facilitada por el laboratorista y deberán firmar un registro de inducción.

**EPP:** Mandil, gafas claras, guantes.

### Instrucciones de seguridad:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
- No corra dentro del laboratorio
- Absténgase de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes móviles del equipo

## 2.4. TRABAJO PREPARATORIO

**¿Cómo se puede identificar si el flujo de mi sistema es laminar o turbulento?**

**¿Qué gráfica determina directamente el factor de fricción de un fluido?**

**¿Qué pasaría si el estudio de pérdidas de carga no se realiza en aceite sino en gasolina?**

## 2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Para iniciar la guía práctica referente de las pérdidas de carga se debe conectar el módulo didáctico de pérdidas de carga lineales en aceite a su enchufe de 220V, después se deben encender los breakers respectivos de la caja metálica eléctrica, luego se encienden los dispositivos electrónicos respectivamente y a igual medida se deben colocar todas las claves que corresponden al software IGNITION con el fin de poder mirar y recopilar datos de la pantalla de control del sistema y logara realizar la práctica de forma correcta en los distintos diámetros de tuberías.

### 2.5.1 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para comenzar la práctica se sigue los siguientes pasos:

- 1.- Conecte el terminal de alimentación trifásico AC.
- 2.- Abra la caja metálica eléctrica.
- 3.- Accione los disyuntores Q1 y Q2.
- 4.- Cierre la caja metálica eléctrica.
- 5.- Encienda el CPU.
- 6.- Encienda la pantalla.
- 7.- Ingrese la clave de la computadora. **Clave:** 2022.



Fig 2.- Clave de computadora.

- 8.- Espere alrededor de 2 a 3 minutos, a que aparezca la pantalla símbolo del sistema, de click dentro de ella y digite una tecla para continuar.

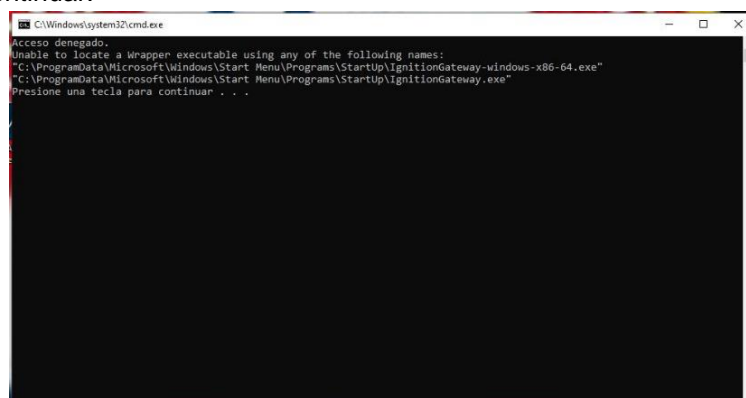


Fig 3.- Pantalla símbolo del sistema.

- 9.- Abra el navegador e ingrese la siguiente dirección: **192.168.100.50:8088**

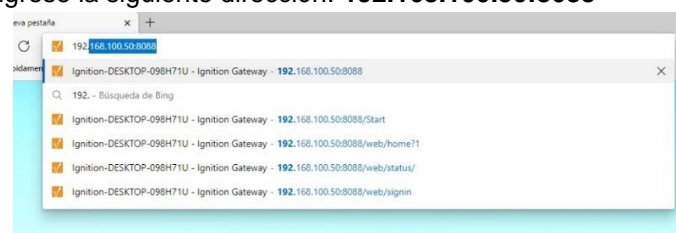


Fig 4.- Dirección IP en el navegador.

10.- Ingrese en la opción Sign in.

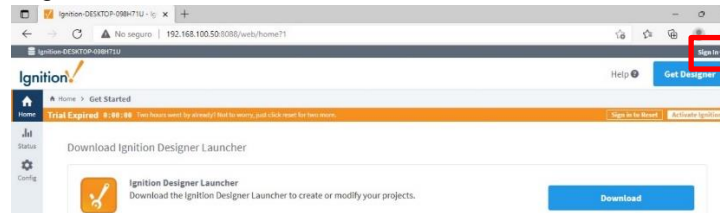


Fig 5.- Sing in en software Ignition.

11.- Ingrese el Username y Password. Username: **fluidos**. Password: **admin**.

Fig 6.- Clave y usuario del software en el navegador.

12.- Una vez ingresado seleccione la pestaña Reset trial. **Nota:** Si ya se encuentra seleccionado saltar este paso.

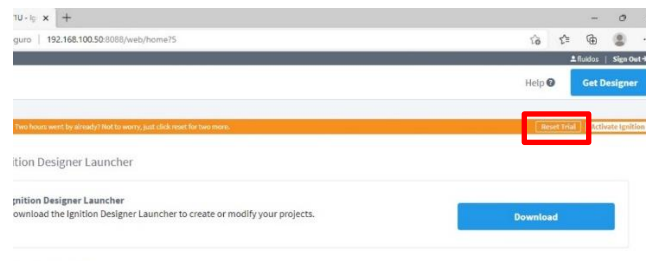


Fig 7.- Activación de la licencia.

13.- Esta activación tendrá un período de **dos horas** por lo cual se deberá **activar nuevamente** pasado el tiempo de 2 horas.

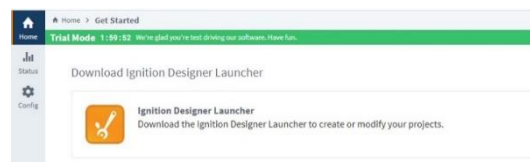


Fig 8.- Pantalla principal del software en el navegador.

14.- A continuación, seleccione la pestaña Status.

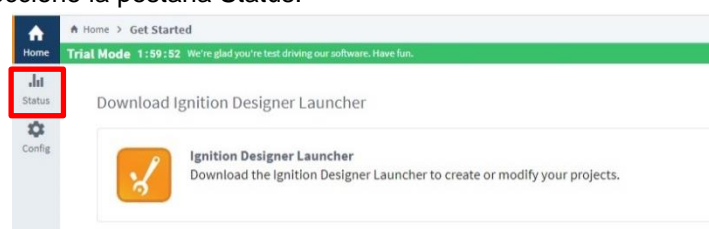


Fig 9.- Revisión de pestaña Status.

15.- Seleccione la pestaña Devices.

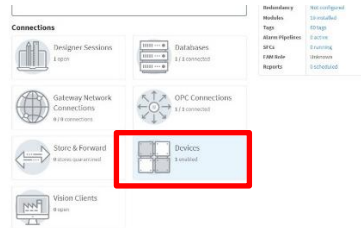


Fig 10.- Ingreso a pestaña Devices.

16.- Verifique que el estado del PLC se encuentre conectado.

Name	Driver	Status
PLC	S71200	Connected

Fig 11.- Verificación de dispositivos conectados.

17.- Diríjase al escritorio y abra la aplicación llamada SCADA Aceite.

18.- Ingrese el username y password y seleccione en Login. **Username:** fluidos. **Password:** admin

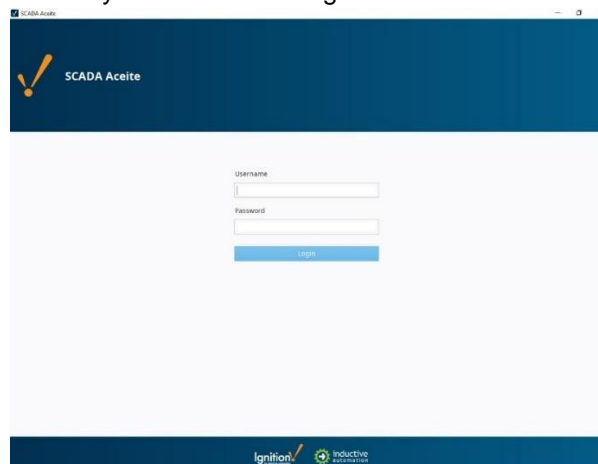


Fig 12.- Colocación de Clave y usuario de la aplicación.

19.- Se encuentra en la pantalla principal, seleccione la tecla ingresar.

20.- Se encuentra en el panel de control y visualización.

21.- Seleccione el check Tramo 1, se visualizará los datos de la tubería y el aceite.

**Nota:** El check Tramo 2 y Tramo 3 no deben estar seleccionados

Datos del sistema de fluidos :

<input checked="" type="checkbox"/> Tramo 1	Diámetro:	0,028	m
<input type="checkbox"/> Tramo 2	Viscosidad:	0,38	Pa.s
<input type="checkbox"/> Tramo 3	Densidad:	950	kg/m <sup>3</sup>
	Longitud:	2,004	m

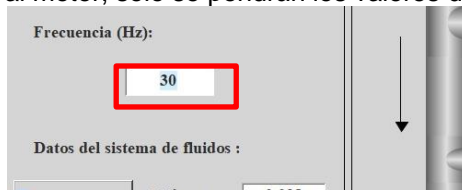
Fig 13.- Revisión de checks.

22.- Se abre la válvula de bola de 1" (HV001-A) y se cierran las otras 2 válvulas.

23.- Una vez verificado los anteriores pasos regrese al panel de control. Hacer click en el cuadro de frecuencia

y digite el valor de la frecuencia mediante el teclado.

**Nota:** El valor de frecuencia debe ser dentro de un rango de 30 a 60 Hz. Si digita un valor menor o mayor de ese rango no causará ningún daño al motor, solo se pondrán los valores de rango programados.



**Fig 14.-** Ingreso de frecuencia en el SCADA.

24.- Una vez digitada la frecuencia mediante un click en el botón START encendemos la bomba.



**Fig 15.-** Inicio del módulo.

25.- Se toman los datos en la tabla 1 de la variación de presión y caudal en 9 distintas velocidades teniendo en cuenta que estas pueden ser desde los 550 rpm (30 Hz) hasta los 1100rpm (60Hz).

26.- Repetir los pasos anteriores en el tramo 2 y tramo 3 para lo cual cuando se seleccione un tramo los otros no deben estar seleccionados como se muestra en la figura 13.

27.- Se utilizarán las fórmulas detalladas en la fundamentación teórica y se encontrara los datos calculados que se necesitan para la práctica.

28.- Finalmente se calculará el porcentaje de error entre los datos teóricos y experimentales utilizando la fórmula explicada.

## 2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Y. A. Çengel, Mecánica de Fluidos, Madrid : McGraw-Hill, 2013.

SUHISSA, «AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL,» 2017. [En línea]. Available: <https://suhissa.com.mx/automatizacion-y-control/>. [Último acceso: 15 12 2021].

C. Guilcamaigua, «Repositorio UTC,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5407/1/PI-000768.pdf>.

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**INFORME DE PRÁCTICA**

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

**TEMA:**

**NÚMERO DE PRÁCTICA:**

**NOMBRE(S):**

**FECHA:**

1 Determinar la toma de datos de las 9 diferentes pruebas en los 3 distintos diámetros

<b>DIÁMETRO DE 1"</b>				
<b>N°</b>	<b>RPM</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Q (m3/h)</b>	<b>ΔP (Pa)</b>
1	550	30		
2	624	34		
3	697	38		
4	770	42		
5	844	46		
6	917	50		
7	990	54		
8	1064	58		
9	1100	60		

**Tabla 1:** Datos de diámetro 1".

<b>DIÁMETRO DE 3/4"</b>				
<b>N°</b>	<b>RPM</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Q (m3/h)</b>	<b>ΔP (Pa)</b>
1	550	30		
2	624	34		
3	697	38		
4	770	42		
5	844	46		
6	917	50		
7	990	54		
8	1064	58		
9	1100	60		

**Tabla 2:** Datos de diámetro 3/4".



<b>DIÁMETRO DE 1/2"</b>				
N°	RPM	Frecuencia (Hz)	Q (m <sup>3</sup> /h)	ΔP (Pa)
1	550	30		
2	624	34		
3	697	38		
4	770	42		
5	844	46		
6	917	50		
7	990	54		
8	1064	58		
9	1100	60		

**Tabla 3:** Datos de diámetro 1/2".

**2** A continuación, en función de los datos obtenidos realizar la siguiente tabla en la que se calculan todos los parámetros necesarios para el estudio de pérdida de carga lineales; guiarse en base a la guía de ecuaciones y cálculos.

<b>Tubería de 1", 3/4", 1/2"</b>																	
N°	RPM	Frecuencia (Hz)	Diámetro interno (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	ΔP (Pa) Exp.	Re	λ Exp.	λ Teor.	Δh (m) Exp.	γ (s <sup>-1</sup> )	τ (Pa)	ΔP (Pa) Teor.	Δh (m) Teor.	ΔP Error (%)	Δh Error (%)
1	550	30	Según el diámetro	Sensor de flujo	Transformación	Ec.4.2	Sensores diferenciales	Ec.4.1	Ec.4.6	Ec.4.7	Ec.4.8	Ec.4.10	Ec.4.11	Ec.4.4	Ec.4.9	Ec.4.12	Ec.4.12
2	624	34															
3	697	38															
4	770	42															
5	844	46															
6	917	50															
7	990	54															
8	1064	58															
9	1100	60															

**Tabla 4:** Guía de ecuaciones y cálculos.

Tubería de 1"															
N°	RPM	Frecuencia (Hz)	Diámetro interno (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	ΔP (Pa) Exp.	Re	λ Exp.	λ Teor.	Δh (m) Exp.	γ (s <sup>-1</sup> )	τ (Pa)	ΔP (Pa) Teor.	Δh (m) Teor.
1	550	30	0.028												
2	624	34	0.028												
3	697	38	0.028												
4	770	42	0.028												
5	844	46	0.028												
6	917	50	0.028												
7	990	54	0.028												
8	1064	58	0.028												
9	1100	60	0.028												

**Tabla 5.** Datos experimentales y teóricos tramo 1 (tubería 1").

Tubería de 3/4"															
N°	RPM	Frecuencia (Hz)	Diámetro interno (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	ΔP (Pa) Exp.	Re	λ Exp.	λ Teor.	Δh (m) Exp.	γ (s <sup>-1</sup> )	τ (Pa)	ΔP (Pa) Teor.	Δh (m) Teor.
1	550	30	0.022												
2	624	34	0.022												
3	697	38	0.022												
4	770	42	0.022												
5	844	46	0.022												
6	917	50	0.022												
7	990	54	0.022												
8	1064	58	0.022												
9	1100	60	0.022												

**Tabla 6.** Datos experimentales y teóricos tramo 2 (tubería 3/4").

Tubería de 1/2"															
N°	RPM	Frecuencia (Hz)	Diámetro interno (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	$\Delta P$ (Pa) Exp.	Re	$\lambda$ Exp.	$\lambda$ Teor.	$\Delta h$ (m) Exp.	$\gamma$ (s <sup>-1</sup> )	$\tau$ (Pa)	$\Delta P$ (Pa) Teor.	$\Delta h$ (m) Teor.
1	550	30	0.017												
2	624	34	0.017												
3	697	38	0.017												
4	770	42	0.017												
5	844	46	0.017												
6	917	50	0.017												
7	990	54	0.017												
8	1064	58	0.017												
9	1100	60	0.017												

Tabla 7. Datos experimentales y teóricos tramo 3 (tubería 1/2").

**3 Obtener el error entre los datos teóricos y experimentales**

ERROR ENTRE DATOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES					
Tubería 1"		Tubería 3/4"		Tubería 1/2"	
$\Delta P$ Error (%)	$\Delta h$ Error (%)	$\Delta P$ Error (%)	$\Delta h$ Error (%)	$\Delta P$ Error (%)	$\Delta h$ Error (%)

Tabla 8. Cálculo de errores.

4	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> (Describa e interprete los resultados obtenidos) Describa con sus palabras en que influye el cambio de diámetro y velocidad en la toma de datos y que interpreta según los resultados.
5	<b>CONSULTAS</b> Desarrolle las consultas de la sección 2.4
6	<b>CONCLUSIONES</b> Escriba por lo menos 3 conclusiones
7	<b>ANEXOS</b> Especificaciones de los materiales utilizados (Pueden ser bajados de internet)
8	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## PRÁCTICA DE LABORATORIO

### LABORATORIO DE LA CARREA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Benitez Antonio	Ing. Paúl Corrales	
Chiguanó Bryan		

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

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	DURACIÓN (HORAS)
1	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	CONTROL CON IGNITION	2

### 1. OBJETIVOS:

#### General:

- ❖ Desarrollar una práctica en donde se pueda combinar el uso de sensores industriales con un sistema de medición para el monitoreo y control de un sistema experimental de fluidos.

#### Específicos:

- ❖ Investigar sobre el uso de Ignition en combinación con el PLC S7-1200.
- ❖ Efectuar las conexiones necesarias de los sensores de dos hilos.
- ❖ Realizar la programación de los parámetros del variador para el control del motor.
- ❖ Elaborar un sistema de medición en Ignition para visualizar las variables del proceso.

## 2. MARCO TEÓRICO

### IGNITION

Ignition, es un paquete de software perteneciente a Ignition, creado por Inductive Automation, que proporciona las funciones principales de un sistema de supervisión y adquisición de datos), además, Ignition está basado en la web.

El cual funciona como un servidor porque está basado en tecnología web, lo que significa que todas las funciones se configuran a través de un cliente web y, a diferencia del monitoreo tradicional, ejecuta varias aplicaciones en paralelo. Ignition puede crear y utilizar diferentes sistemas de monitorización: salas de control y monitorización, HMI de sala de máquinas, etc

### Comunicación OPC-UA

Las funciones de JavaScript se pueden crear dentro del editor usando un editor de texto enriquecido. Una biblioteca incorporada le permite guardar funciones, plantillas o flujos útiles para su reutilización. comunicación flexible e independiente. La necesidad de simplicidad y seguridad llevó a la Fundación OPC a crear un método de comunicación unificado para la especificación actual de OPC DA, HDA y A&E.

Los beneficios de los OPC UA son:

Server principal disponible en todo el sistema operativo.

Transferencia segura y fiable entre paralelismos de producción.

Sistemática Cliente/Servidor.

Permite la comunicación con métodos viejos.

Conjunto de técnicas orientadas a servicios.

Estructura robusta, con mecanismos íntegros.

Cómoda configuración y mantenimiento.

Valioso rendimiento y escalable

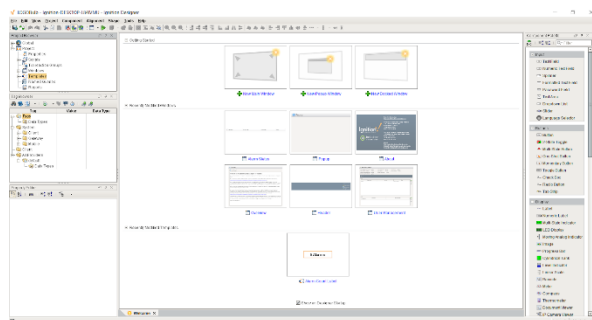


Ilustración 1. Pantalla principal de Ignition

## ❖ PLC SIEMENS S7-1200

El controlador modular SIMATIC S7-1200 es el núcleo de la nueva línea de productos Siemens para tareas de automatización sencillas, pero de alta precisión.

### ❖ Características Generales:

- ✓ Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- ✓ Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- ✓ Entradas analógicas integradas.
- ✓ Bloques de función para control de ejes conforme a PLC open.
- ✓ Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels.
- ✓ El sistema S7-1200 desarrollado viene equipado con cinco modelos diferentes de CPU (CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C y CPU 1217C) que se podrán expandir a las necesidades y requerimientos de las máquinas.



*Ilustración 2. PLC Siemens S7-1200*

## MODULO ANALÓGICO

El módulo analógico SM 1234 consta de las siguientes características técnicas que se muestran en la tabla 1.



*Ilustración 3. Módulo analógico SM 1234*

Tabla 1. Características técnicas SM 1234

Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 24 V DC	Sí
Intensidad de entrada	
Consumo, típ.	60 mA
de bus de fondo 5 V DC, típ.	80 mA
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	2 W
Entradas analógicas	
Nº de entradas analógicas	4; Entradas diferenciales tipo corriente o tensión
Tensión de entrada admisible para entrada de intensidad (límite de destrucción), máx.	$\pm 35$ V
Tensión de entrada admisible para entrada de tensión (límite de destrucción), máx.	35 V
Intensidad de entrada admisible para entrada de intensidad (límite de destrucción), máx	40 mA

Intensidad de entrada admisible para entrada de corriente (límite de destrucción), máx	40 mA
Tiempo de ciclo (todos los canales), máx.	625 $\mu$ s
Rangos de entrada	
• Tensión	Sí; $\pm 10$ V, $\pm 5$ V, $\pm 2,5$ V
• Intensidad	Sí; 4 a 20 mA, 0 a 20 mA
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
• -10 V a +10 V	Sí
• Resistencia de entrada (-10 V a +10 V)	$\geq 9$ MOhm
• -2,5 V a +2,5 V	Sí
• Resistencia de entrada (-2,5 V a +2,5 V)	$\geq 9$ MOhm
• -5 V a +5 V	Sí
• Resistencia de entrada (-5 V a +5 V)	$\geq 9$ MOhm
Rangos de entrada (valores nominales), intensidades	
• 0 a 20 mA	Sí
• Resistencia de entrada (0 a 20 mA)	280 $\Omega$
• 4 mA a 20 mA	Sí

Salidas analógicas	
Nº de salidas analógicas	2; Tipo corriente o tensión
Rangos de salida, tensión	
• -10 V a +10 V	Sí
Rangos de salida, intensidad	
• 0 a 20 mA	Sí
• 4 mA a 20 mA	Sí
Resistencia de carga (en rango nominal de la salida)	
• con salidas de tensión, mín.	1 000 $\Omega$
• con salidas de intensidad, máx.	600 $\Omega$
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	100 m; apantallado, par trenzado



### 3. MATERIALES Y EQUIPOS:

- ✓ Software: TIA Portal V14/15/16, Ignition.
- ✓ PLC S7-1200-1212C AC/DC/Rly
- ✓ Módulo de Salidas analógicas 1234 A1/AQ
- ✓ Variador de frecuencia iG5A
- ✓ Sistema experimental de fluidos (Módulo de aceite)
- ✓ Multímetro
- ✓ Cable Ethernet
- ✓ Cables Jack Banana
- ✓ Computador

### 4. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

#### CONEXIONES

1. Realice la conexión de la parte de potencia.

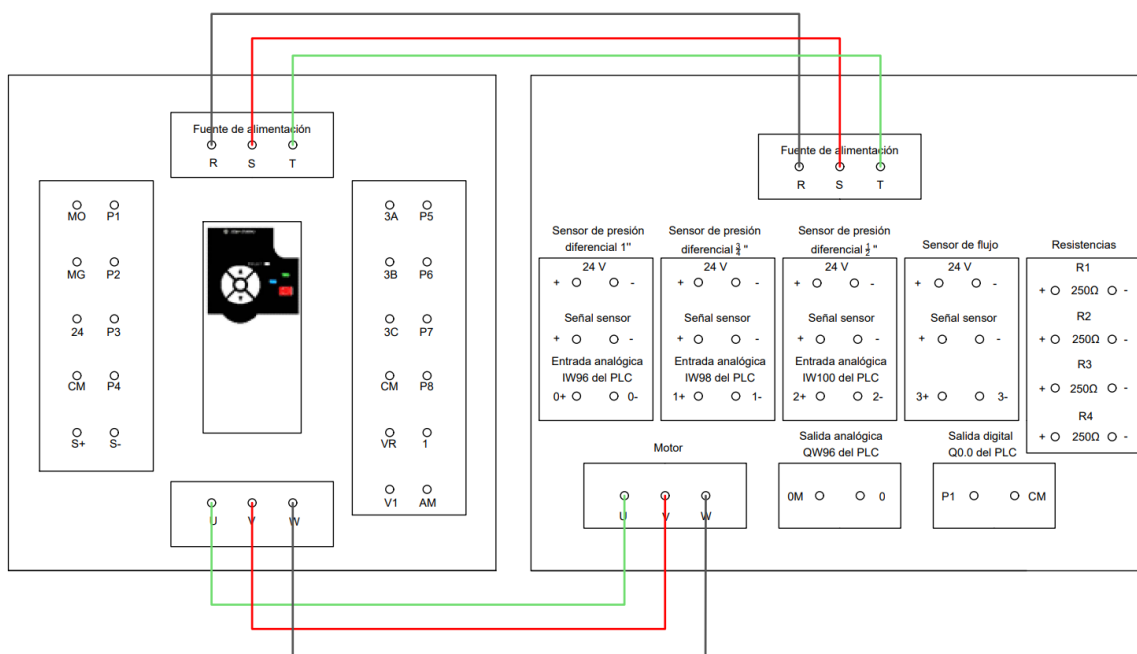


Figura 1. Conexión sistema de potencia.

2. Efectúe la conexión de los sensores de dos hilos en las entradas analógicas.

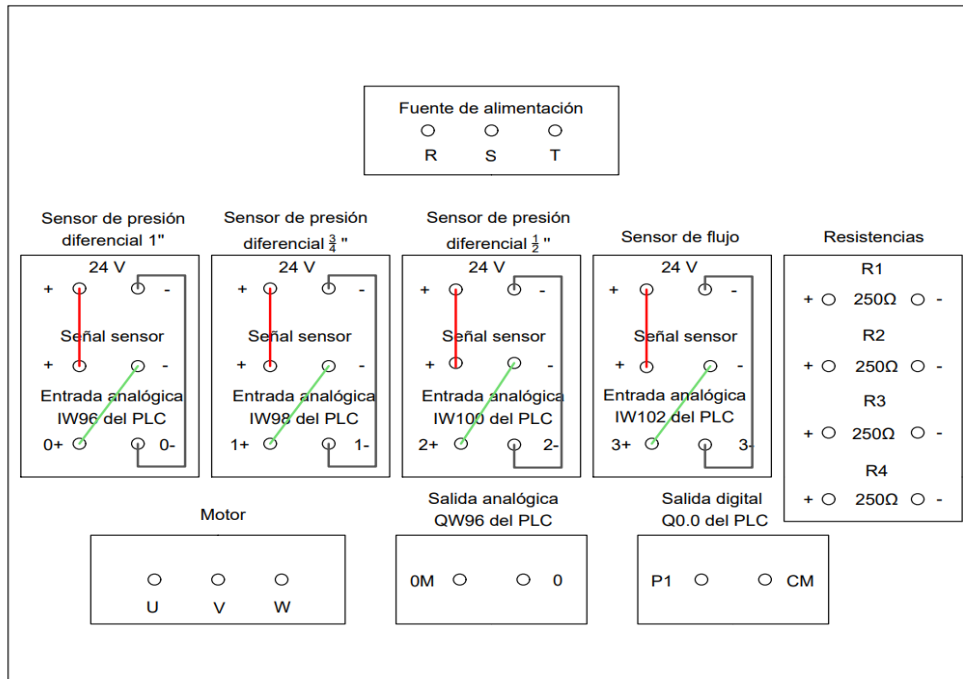


Figura 2. Conexión de sensores de 2 hilos.

3. Ejecute la conexión de la salida analógica al variador de frecuencia.

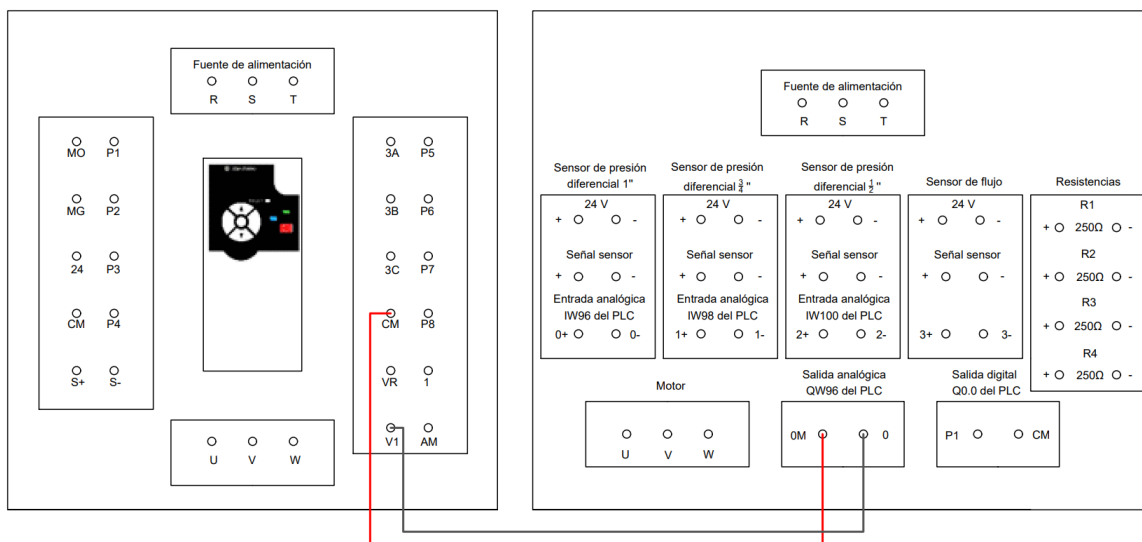


Figura 3. Conexión salida analógica.

4. Establezca la conexión de la salida digital al variador de frecuencia.

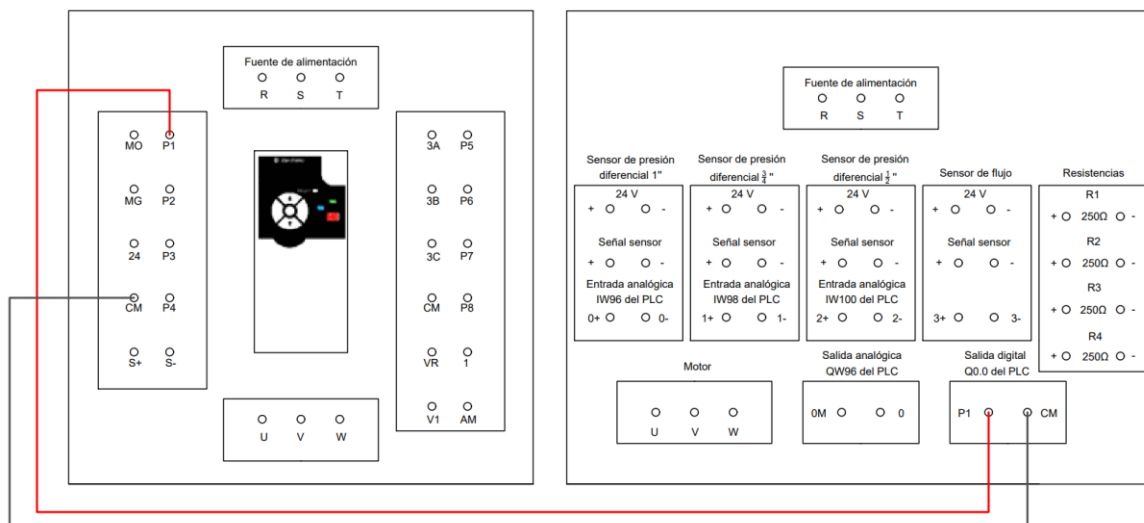


Figura 4. Conexión salida digital.

## PARÁMETROS VARIADOR DE VELOCIDAD

5. Para la programación de los parámetros del variador de velocidad se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros del variador

Parámetros utilizados	Condición
ACC	Tiempo de aceleración (5s)
DEC	Tiempo de desaceleración (5s)
driv	Control mediante bornera (1)
Frq	Frecuencia mediante potenciómetro (3)
dCL	Sobrecarga del variador (302,2V)
drC	Sentido giro del motor adelante (F)



Figura 5. Variador de velocidad LG Ig5a.

## SISTEMA DE MEDICIÓN EN IGNITION

6. Encienda el CPU, después espere a que aparezca la pantalla símbolo del sistema, de click dentro de ella y digite una tecla para continuar.

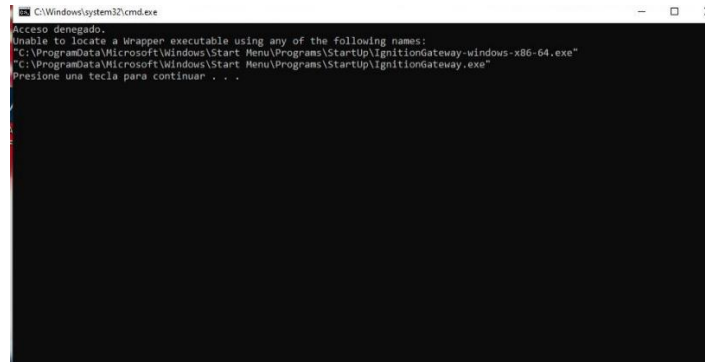


Figura 6. Start Ignition.

7. Abra el navegador e ingrese la siguiente dirección: **192.168.100.50:8088** y ingrese en la pestaña **Sign in**

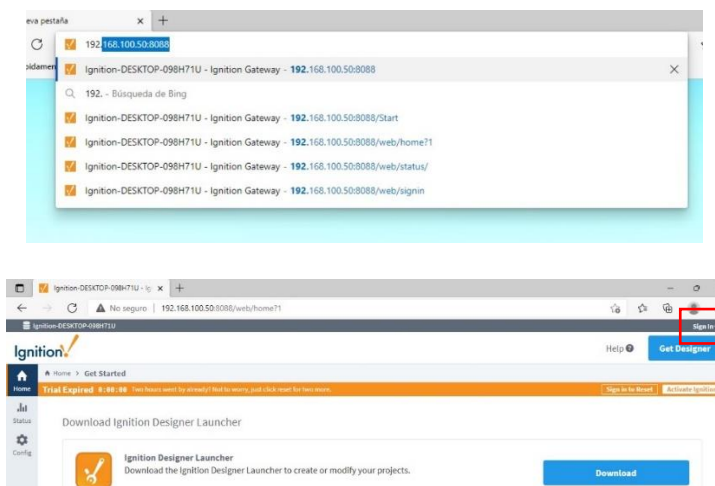


Figura 7. Ingreso para habilitar ignition.

Ingrese el Username y Password.

Username: **fluidos**

Password: **admin**

8. Una vez ingresado seleccione la pestaña Reset trial. **Nota:** Si ya se encuentra seleccionado saltar este paso.

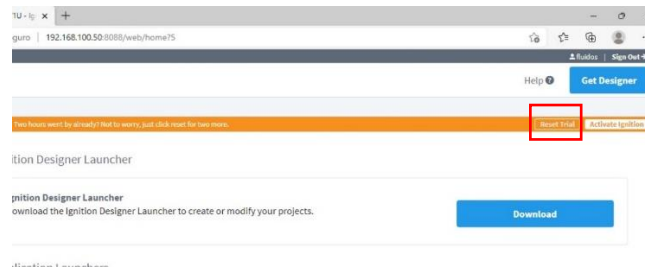


Figura 8. Ingreso para habilitar ignition.

9. Seleccione la aplicación ejecutable e ingrese, esta se encontrará en el escritorio



Figura 9. Aplicación del sistema experimental de fluidos

10. Ingrese el username y password

**Username:** fluidos

**Password:** admin

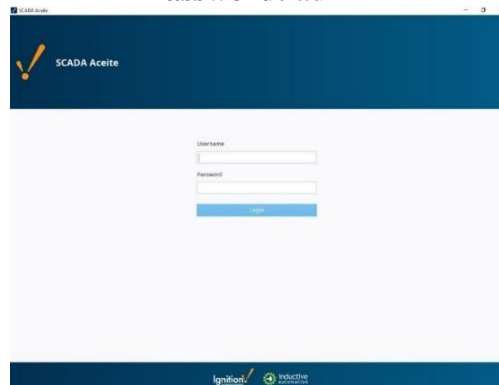


Figura 10. Ingreso sistema de medición

11. Se encuentra en la pantalla principal, seleccione la tecla ingresar.

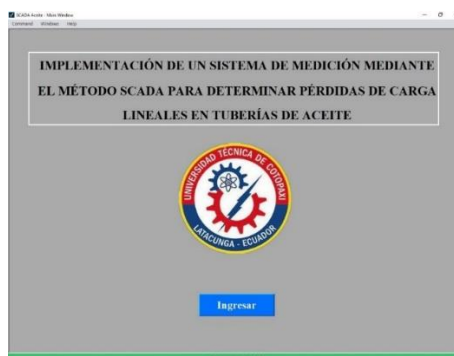


Figura 11. Página principal.

12. Verifique los datos reflejados en el sistema de medición.

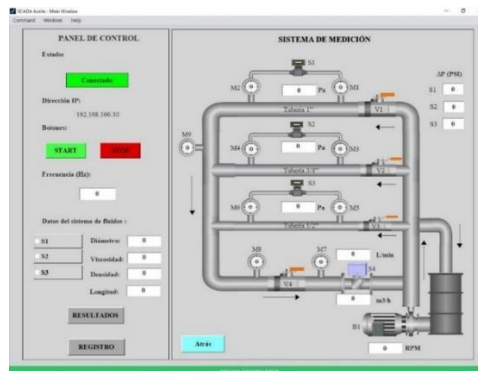


Figura 12 Sistema de medición.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Describa como se realiza el escalamiento de una señal analógica de 4-20mA en el software TIA Portal.
- ¿Cómo se realiza la conexión entre el PLC y el software ignition?
- Dimensione el valor de la resistencia que permita transformar el valor de 4-20mA a 1-5V y dibuje el diagrama eléctrico para su conexión en los sensores.

## 6. CONCLUSIONES:

Se ha concluido que:

- El sistema de medición creado permite un monitoreo y control en tiempo real del sistema experimental de fluidos.

## 7. RECOMENDACIONES:

Se recomienda que:

- Se utilice el manual de operacionalidad para el correcto manejo y aplicación del sistema de medición realizado en ignition.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DE LA WEB:

- I. Automation, Disponible en: <https://inductiveautomation.com/scada-software/>.
- Siemens, Modulo SM 1234, disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045710>
- [https://www.siberzone.es/Media/Uploads/dlm\\_uploads/2017/04/manual\\_-variador-lg-ig5a\\_largo\\_esp.pdf](https://www.siberzone.es/Media/Uploads/dlm_uploads/2017/04/manual_-variador-lg-ig5a_largo_esp.pdf)

# **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

## ÍNDICE DE MANUAL

INTRODUCCIÓN.....	2
MANUAL DE OPERACIÓN .....	3
I. PROCEDIMIENTO DE ENERGIZACIÓN DEL SISTEMA EXPERIMENTAL DE FLUIDOS .....	4
II. ENCENDIDO DEL CPU Y PANTALLA.....	5
III. INGRESO AL SISTEMA DE MEDICIÓN.....	6
IV. OBTENCIÓN DE DATOS TRAMO 1 (TUBERÍA 1’’). .....	10
V. OBTENCIÓN DE DATOS TRAMO 2 (TUBERÍA 1/2’’). .....	14
VI. OBTENCIÓN DE DATOS TRAMO 3 (TUBERÍA 1/2’’). .....	17
VII. MANDO MANUAL DEL SISTEMA EXPERIMENTAL DE FLUIDOS. ....	21
VIII. APAGADO DEL SISTEMA EXPERIMENTAL DE FLUIDOS.....	22
IX. ERRORES COMUNES .....	24
X. INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN EN OTRA PC .....	27
MANUAL DE MANTENIMIENTO. ....	34
XI. MANTENIMIENTO GENERAL. ....	34
XII. AVERÍAS EN EL CABLEADO. ....	35
XIII. AVERÍAS EN LAS TUBERÍAS.....	36
XIV. AVERÍAS EN LA BOMBA. ....	37
XV. MANTENIMIENTO DE LOS SENSORES.....	37
XVI. CONTROL DEL ACEITE. ....	38
Pruebas del aceite. ....	39
Filtración del aceite. ....	39
XVII. MANTENIMIENTO DE MANÓMETROS.....	40
XVIII. PROBLEMAS COMUNES.....	40
XIX. Apertura de la válvula de bola colocada en el tanque. ....	40
XX. Cambio de dirección del motor.....	41
XXI. Reset involuntario del CPU. ....	41
XXII. Problemas con el ejecutable de IGNITION. ....	41
XXIII. Pasos para la programación del variador SV-iG5A.....	42
XXIV. FICHAS TÉCNICAS DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA EXPERIMENTAL.....	45
XXV. MEJORAS QUE SE PUEDE REALIZAR AL SISTEMA EXPERIMENTAL DE FLUIDOS .....	50
XXVI. DIAGRAMA P&ID.....	51



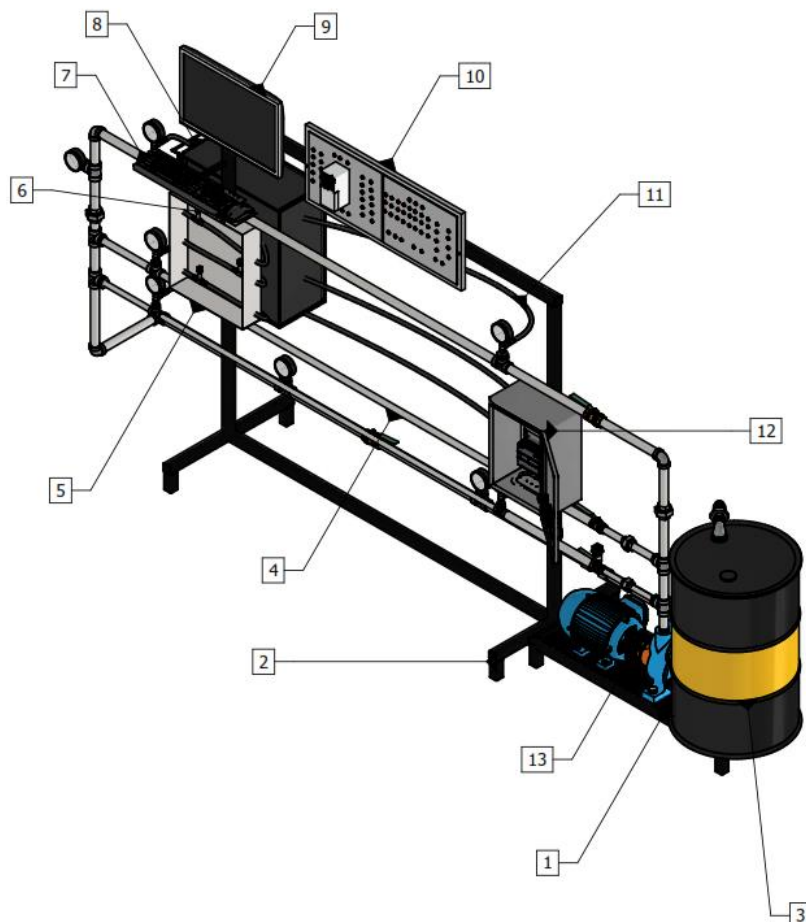
## **INTRODUCCIÓN**

Este manual de operación ha sido desarrollado con el fin de apoyar al personal del laboratorio y académico de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en los campos relacionados a Mecánica de Fluidos, en la comprensión de los requerimientos técnicos relacionados con el mantenimiento del grupo de equipos que conforman la propuesta tecnológica de tema “Implementación de un sistema de medición mediante el método SCADA para determinar pérdidas de carga lineales en tuberías de aceite”.

Con el presente texto no se busca que las pautas incluidas en este manual conviertan a quien lo utiliza en un técnico capaz de remediar cualquier tipo de dificultad, sino que se trata de dar las indicaciones necesarias para dar un buen mantenimiento a la propuesta tecnológica capaz de este modo no tener problemas en el futuro con la máquina ni tener dificultades cuando se esté realizando la guía referente al tema.

## MANUAL DE OPERACIÓN

La implementación del sistema de medición, permite la visualización de las variables de presión y caudal del módulo didáctico para determinar pérdidas de carga en tuberías de aceite, dando como resultado la toma de datos experimentales para la evaluación con los datos teóricos.



13	Bomba centrífuga	API	Standard		1LA7 096-9YA60	-----	-----
12	Caja metálica eléctrica	ANSI / UL514B	A-36		GSL - 403020	4.64 kg	-----
11	Manguera hidráulica	SAE	Caucho		DIN EN 853 1SN	-----	-----
10	Módulos de entradas y salidas	-----	Alocobond		-----	-----	-----
9	Monitor	-----	Standard		2333SWPLUS	2.7 kg	-----
8	CPU	-----	Standard		HP RP5800	6.84 kg	-----
7	Teclado	-----	Standard		gk 070006u	550 g	-----
6	Mouse	-----	Standard		GM-DX100B	90 g	-----
5	Caja de sensores diferenciales de presión	-----	Madera		-----	-----	-----
4	Tuberías	ASTM	A-36		-----	-----	-----
3	Tanque de aceite	EAC 145	Standard		-----	-----	-----
2	Base de tuberías	ASTM	A-36		-----	40 kg	-----
1	Base de tanque	ASTM	A-36		-----	20 kg	-----
N°	Denominación	N° de norma	Material	N° de orden	Nombre del modelo	Peso	Observ.

## I. PROCEDIMIENTO DE ENERGIZACIÓN DEL SISTEMA EXPERIMENTAL DE FLUIDOS



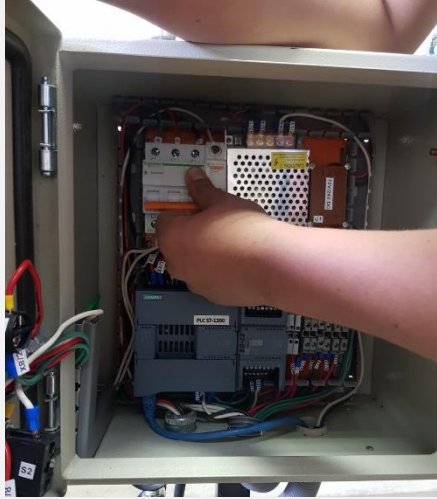
(1) Conecte el terminal de alimentación trifásico AC.



(2) Verifique que el módulo de conexiones de los sensores se encuentre correcto.



(3) Abra la caja metálica eléctrica.



(4) Accione los disyuntores Q1 y Q2.



(5) Cierre la caja metálica eléctrica.

## II. ENCENDIDO DEL CPU Y PANTALLA.



(6) Encienda el CPU.



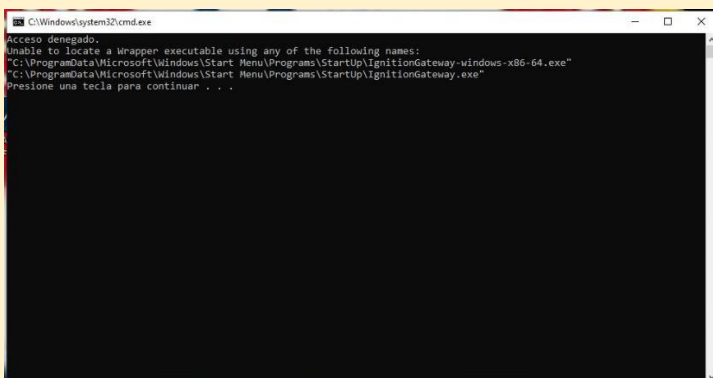
(7) Encienda la pantalla.



(8) Ingrese la clave de la computadora.

**Clave: 2022**

### III. INGRESO AL SISTEMA DE MEDICIÓN.

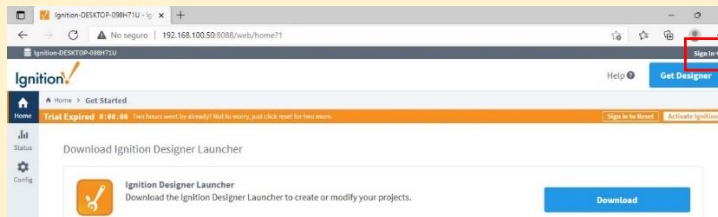


(9) Espere alrededor de 2 a 3 minutos, a que aparezca la pantalla símbolo del sistema y digite una tecla para continuar.



(10) Abra el navegador e ingrese la siguiente dirección:

**192.168.100.50:8088**



(11) Ingrese en la opción Sign in.

Sign In

Please sign in below to access Ignition

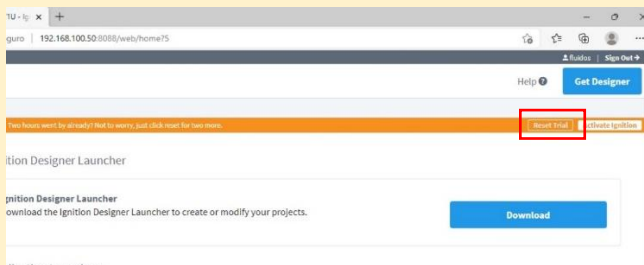
Username

Password

[Sign In →](#)

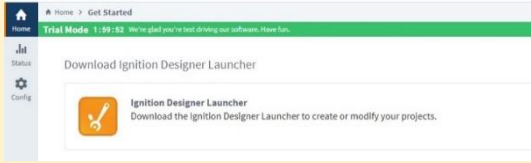
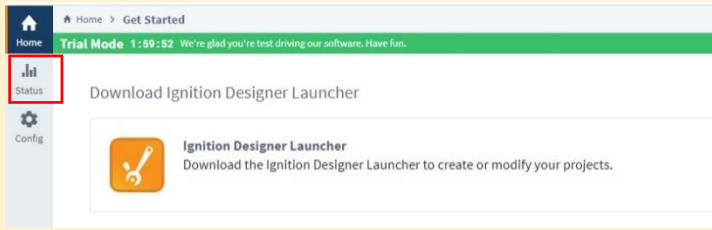
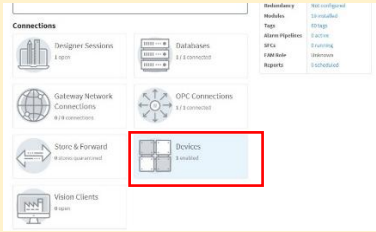
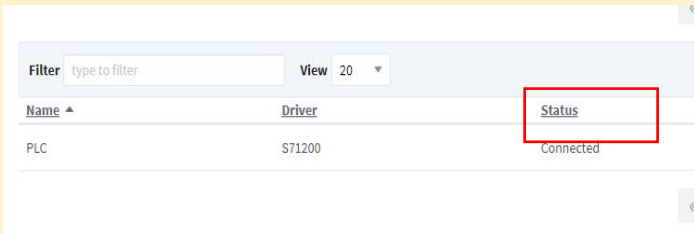

(12) Ingrese el Username y Password.

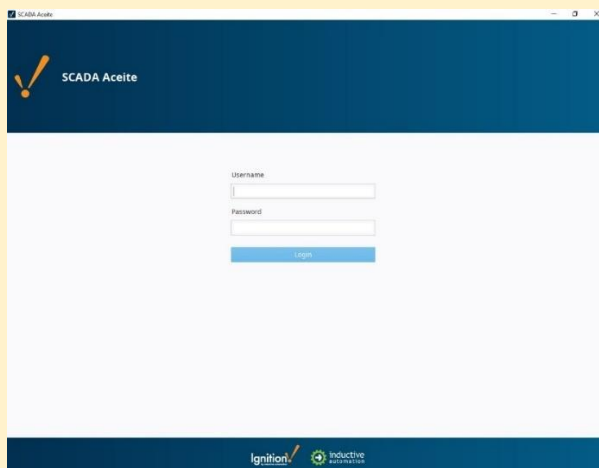
Username: **fluidos**  
Password: **admin**



(13) Una vez ingresado seleccione la pestaña Reset trial.

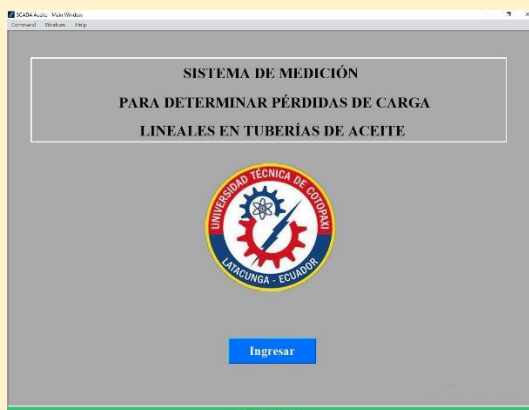
**Nota:** Si ya se encuentra seleccionado saltar este paso.

 <p>The screenshot shows the 'Download Ignition Designer Launcher' page. A green banner at the top indicates 'Trial Mode 1:59:52'. Below the banner, there is a section for 'Ignition Designer Launcher' with a download button and the text 'Download the Ignition Designer Launcher to create or modify your projects.'</p>	<p>(14) Esta activación tendrá un período de <b>dos horas</b> por lo cual se deberá <b>activar nuevamente</b> pasado el tiempo seleccionando el <b>Reset trial explicado en el paso (11)</b></p>						
 <p>The screenshot shows the same 'Download Ignition Designer Launcher' page. The 'Status' tab in the left sidebar is highlighted with a red box.</p>	<p>(15) A continuación, seleccione la pestaña <b>Status</b>.</p>						
 <p>The screenshot shows the 'Connections' page in Ignition. The 'Devices' tab is highlighted with a red box. Other tabs include Designer Sessions, Gateway Network Connections, Store &amp; Forward, Vision Clients, Databases, OPC Connections, and Redundancy.</p>	<p>(16) Seleccione la pestaña <b>Devices</b>.</p>						
 <p>The screenshot shows the 'Devices' table in Ignition. The table has columns for Name, Driver, and Status. A red box highlights the 'Status' column.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Driver</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PLC</td> <td>S71200</td> <td>Connected</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Driver	Status	PLC	S71200	Connected	<p>(17) Verifique que el estado del PLC se encuentre conectado.</p>
Name	Driver	Status					
PLC	S71200	Connected					
 <p>The screenshot shows the icon for the 'SCADA Aceite' application, which features a blue background with a white exclamation mark and the text 'SCADA Aceite' below it.</p>	<p>(18) Diríjase al escritorio y abra la aplicación llamada <b>SCADA Aceite</b>.</p>						

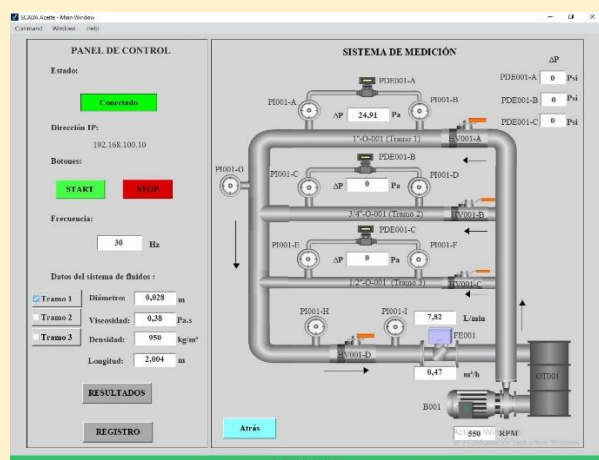


(19) Ingrese el username y password y seleccione en Login

**Username:** fluidos  
**Password:** admin



(20) Se encuentra en la pantalla principal, seleccione la tecla ingresar.



(21) Se encuentra en el panel de control y visualización.



#### IV. OBTENCIÓN DE DATOS TRAMO 1 (TUBERÍA 1’’).

Datos del sistema de fluidos :

<input checked="" type="checkbox"/> Tramo 1	Diámetro:	0,028	m
<input type="checkbox"/> Tramo 2	Viscosidad:	0,38	Pa.s
<input type="checkbox"/> Tramo 3	Densidad:	950	kg/m <sup>3</sup>
	Longitud:	2,004	m

(22) Seleccione el check **Tramo 1**, se visualizará los datos de la tubería y el aceite.

**Nota:** El check Tramo 2 y Tramo 3 no deben estar seleccionados



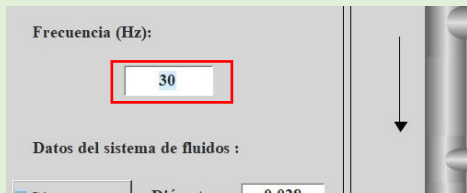
(23) Verifique que la válvula de bola (**HV002**) se encuentre **alineada (abierta)**.



(24) Verifique que la válvula de bola (**HV003**) se encuentre **cerrada**.



(25) Verifique que la válvula de bola (**HV004**) se encuentre **cerrada**.

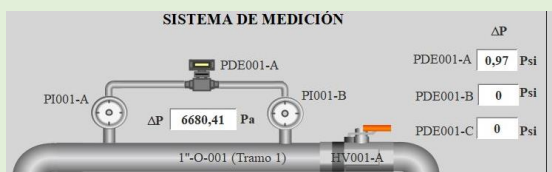


(26) Una vez verificado los anteriores pasos regrese al panel de control. Hacer **click** en el cuadro de frecuencia y **digite** el valor de la frecuencia mediante el teclado.

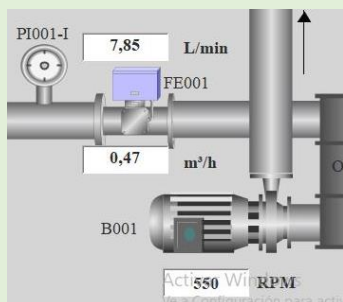
**Nota:** El valor de frecuencia debe ser dentro de un rango de **30 a 60 Hz**. Si digita un valor menor o mayor de ese rango no causará ningún daño al motor, solo se pondrán los valores de rango programados.



(27) Una vez digitada la frecuencia mediante un click en el botón **START** encendemos la bomba.

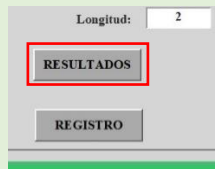


(28) En la parte del sistema de medición se observará la presión diferencial del sensor (**PDE002**) en Pa y Psi. Además, el valor del sensor de caudal (**FE006**) en L/min y las RPM.

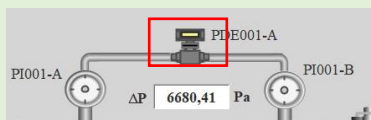
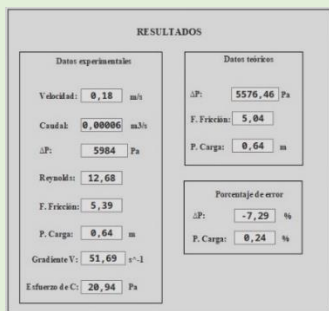




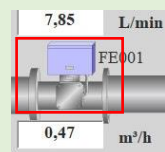
(29) Verifique los valores del sensor con la diferencia entre los manómetros (PI002-A) y (PI002-B).



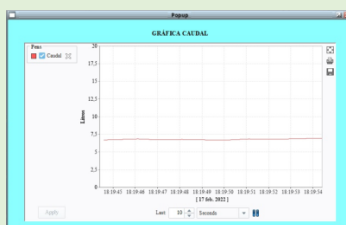
(30) Para observar los datos experimentales y teóricos dar click en el botón **resultados**.

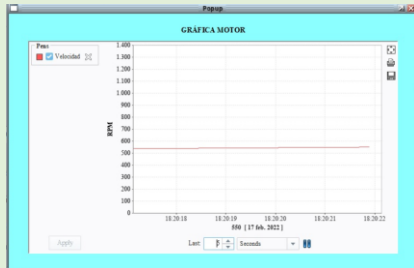


(31) Para observar la gráfica del sensor (PDE002) dar click sobre la figura.



(32) Para observar la gráfica del sensor (FE006) dar click en la figura.



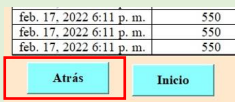


(33) Para observar la gráfica de las RPM del motor dar click en la figura.



Fecha	Longitud	RPM	Velocidad	Presión	Temperatura
feb. 17, 2022 6:11 p. m.	2	550	0.47	1.2	25.0
feb. 17, 2022 6:11 p. m.	2	550	0.47	1.2	25.0
feb. 17, 2022 6:11 p. m.	2	550	0.47	1.2	25.0

(34) Para observar el registro de los datos dar click en el botón **registro**.




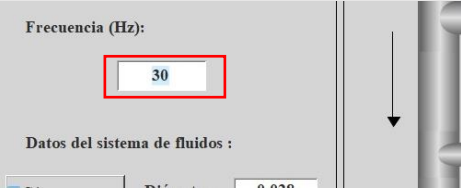


(35) Mediante el botón **Atrás** regresamos al panel de control



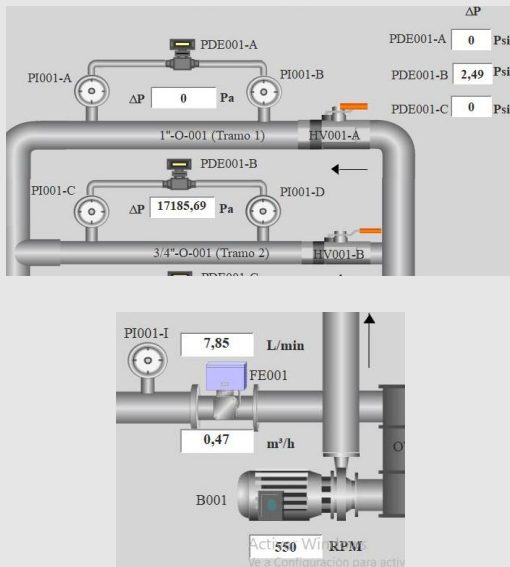
(36) Una vez recopilado los datos del tramo 1 mediante el botón **STOP** apagamos la bomba.

## V. OBTENCIÓN DE DATOS TRAMO 2 (TUBERÍA 1/2’’).

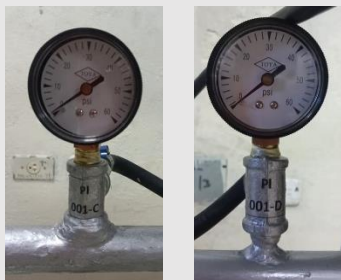
<p style="text-align: center;">Datos del sistema de fluidos :</p> <p> <input type="checkbox"/> Tramo 1    Diámetro: <input type="text" value="0,022"/> m  <input checked="" type="checkbox"/> <b>Tramo 2</b>    Viscosidad: <input type="text" value="0,38"/> Pa.s  <input type="checkbox"/> Tramo 3    Densidad: <input type="text" value="950"/> kg/m<sup>3</sup>                              Longitud: <input type="text" value="2"/> m         </p>	<p>(37)        Seleccione el check <b>Tramo 2</b>, se visualizará los datos de la tubería y el aceite.</p> <p><b>Nota:</b> El check Tramo1 y Tramo 3 no deben estar seleccionados</p>
	<p>(38)        Verifique que la válvula de bola (<b>HV003</b>) se encuentre <b>alineada (abierta)</b>.</p>
	<p>(39)        Verifique que la válvula de bola (<b>HV002</b>) se encuentre <b>cerrada</b>.</p>
	<p>(40)        Verifique que la válvula de bola (<b>HV004</b>) se encuentre <b>cerrada</b>.</p>
	<p>(41)        Una vez verificado los anteriores pasos regrese al panel de control. Hacer <b>click</b> en el cuadro de frecuencia y <b>digite</b> el valor de la frecuencia mediante el teclado.</p> <p><b>Nota:</b> El valor de frecuencia debe ser dentro de un rango de 30 a 60 Hz. Si digita un valor menor o mayor de ese rango no causará ningún daño al motor, solo se pondrán los valores de rango programados.</p>



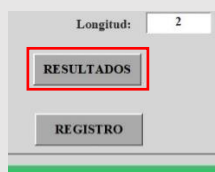
(42) Una vez digitada la frecuencia mediante un click en el botón **START** encendemos la bomba.



(43) En la parte del sistema de medición se observará la presión diferencial del sensor (**PDE003**) en Pa y Psi. Además, el valor del sensor de caudal (**FE006**) en L/min y las RPM.

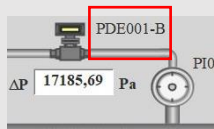


(44) Verifique los valores del sensor con la diferencia entre el manómetro (**PI003-A**) y (**PI003-B**).

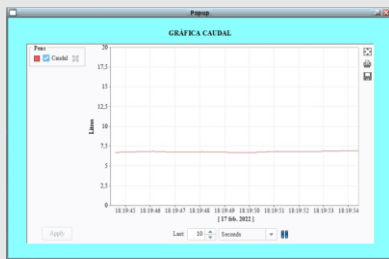
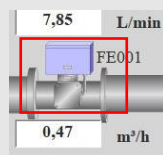


(45) Para observar los datos experimentales y teóricos dar click en el botón **resultados**.

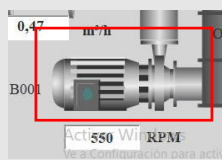
RESULTADOS	
<b>Datos experimentales</b>	<b>Datos teóricos</b>
Velocidad: 0,18 m/s	$\Delta P$ : 5576,46 Pa
Caudal: 0,0006 m <sup>3</sup> /s	F. Fricción: 5,04
$\Delta P$ : 5984 Pa	P. Carga: 0,64 m
Reynolds: 12,68	<b>Porcentaje de error</b>
F. Fricción: 5,39	$\Delta P$ : -7,29 %
P. Carga: 0,64 m	P. Carga: 0,24 %
Gradiente V: 51,69 s <sup>-1</sup>	
Esfuerzo de C: 20,94 Pa	



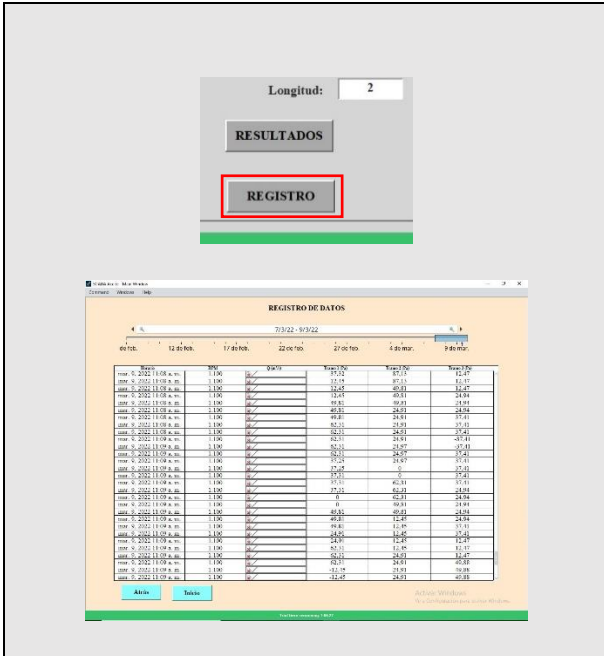
(46) Para observar la gráfica del sensor (**PDE003**) dar click sobre la figura.



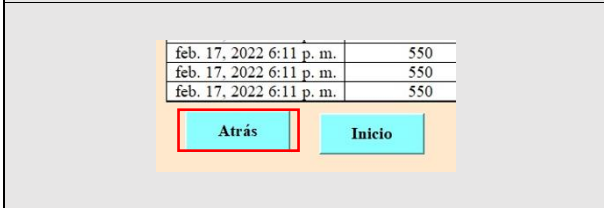
(47) Para observar la gráfica del sensor (**FE006**) dar click en la figura.



(48) Para observar la gráfica de las RPM del motor dar click en la figura.



(49) Para observar el registro de los datos dar click en el botón **registro**.

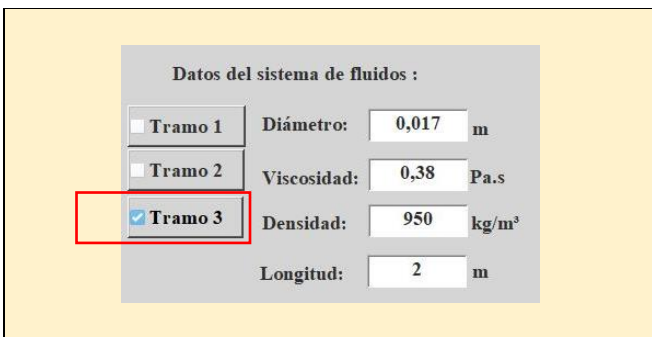


(50) Mediante el botón **Atrás** regresamos al panel de control



(51) Una vez recopilado los datos del tramo 2 mediante el botón **STOP** apagamos la bomba.

## VI. OBTENCIÓN DE DATOS TRAMO 3 (TUBERÍA 1/2”).



(52) Seleccione el check **Tramo 3**, se visualizará los datos de la tubería y el aceite.

**Nota:** El check Tramo 1 y Tramo 2 no deben estar seleccionados



(53) Verifique que la válvula de bola (**HV004**) se encuentre **alineada (abierta)**.

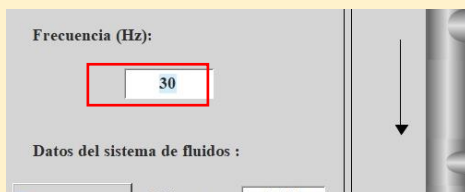




(54) Verifique que la válvula de bola (HV002) se encuentre **cerrada**.



(55) Verifique que la válvula de bola (HV003) se encuentre **cerrada**.

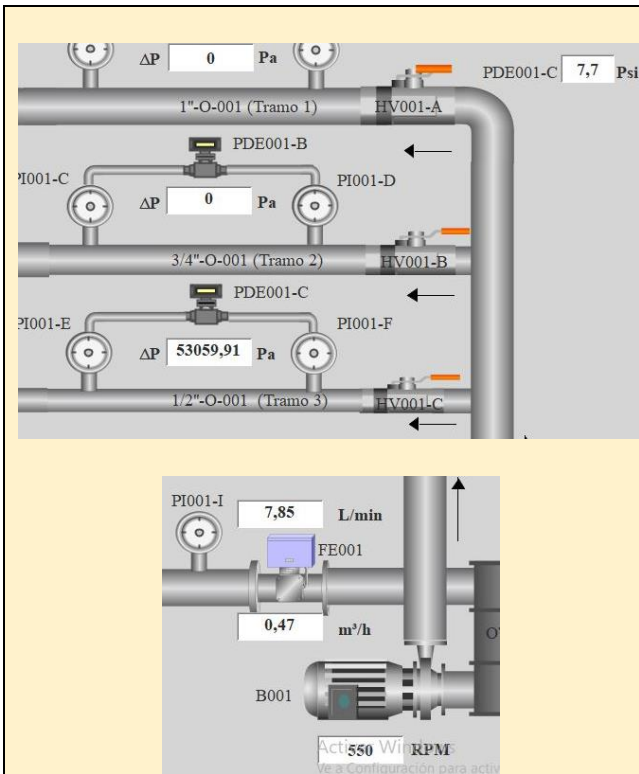


(56) Una vez verificado los anteriores pasos regrese al panel de control. Hacer **click** en el cuadro de frecuencia y **digite** el valor de la frecuencia mediante el teclado.

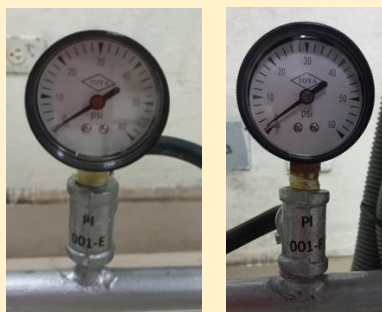
**Nota:** El valor de frecuencia debe ser dentro de un rango de 30 a 60 Hz. Si digita un valor menor o mayor de ese rango no causará ningún daño al motor, solo se pondrán los valores de rango programados.



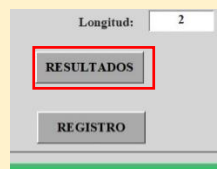
(57) Una vez digitada la frecuencia mediante un click en el botón **START** encendemos la bomba.



(58) En la parte del sistema de medición se observará la presión diferencial del sensor (**PDE-004**) en Pa y Psi. Además, el valor del sensor de caudal (**FE006**) en L/min y las RPM.

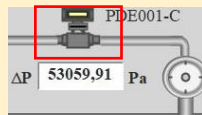


(59) Verifique los valores del sensor con la diferencia entre el manómetro (**PI004-A**) y (**PI004-B**).

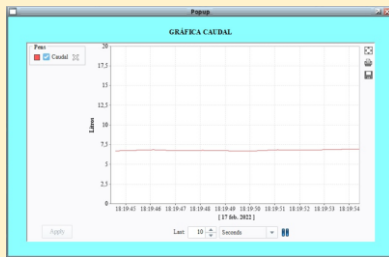
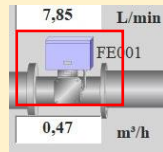


(60) Para observar los datos experimentales y teóricos dar click en el botón **resultados**.

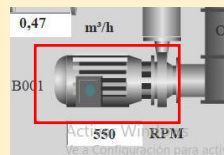
RESULTADOS																	
<table border="0"> <tr> <td><b>Datos experimentales:</b></td> <td><b>Datos teóricos:</b></td> </tr> <tr> <td>Velocidad: 0,18 m/s</td> <td><math>\Delta P</math>: 5576,46 Pa</td> </tr> <tr> <td>Caudal: 0,00006 m<sup>3</sup>/s</td> <td>F. Fricción: 5,04</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta P</math>: 5984 Pa</td> <td>P. Carga: 0,64 m</td> </tr> <tr> <td>Reynold: 12,68</td> <td rowspan="3"> <b>Porcentaje de error</b>  <math>\Delta P</math>: -7,29 %            P. Carga: 0,24 %         </td> </tr> <tr> <td>F. Fricción: 5,39</td> </tr> <tr> <td>P. Carga: 0,64 m</td> </tr> <tr> <td>Gradiente V: 51,69 s<sup>-1</sup></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo de C: 20,94 Pa</td> <td></td> </tr> </table>		<b>Datos experimentales:</b>	<b>Datos teóricos:</b>	Velocidad: 0,18 m/s	$\Delta P$ : 5576,46 Pa	Caudal: 0,00006 m <sup>3</sup> /s	F. Fricción: 5,04	$\Delta P$ : 5984 Pa	P. Carga: 0,64 m	Reynold: 12,68	<b>Porcentaje de error</b> $\Delta P$ : -7,29 % P. Carga: 0,24 %	F. Fricción: 5,39	P. Carga: 0,64 m	Gradiente V: 51,69 s <sup>-1</sup>		Esfuerzo de C: 20,94 Pa	
<b>Datos experimentales:</b>	<b>Datos teóricos:</b>																
Velocidad: 0,18 m/s	$\Delta P$ : 5576,46 Pa																
Caudal: 0,00006 m <sup>3</sup> /s	F. Fricción: 5,04																
$\Delta P$ : 5984 Pa	P. Carga: 0,64 m																
Reynold: 12,68	<b>Porcentaje de error</b> $\Delta P$ : -7,29 % P. Carga: 0,24 %																
F. Fricción: 5,39																	
P. Carga: 0,64 m																	
Gradiente V: 51,69 s <sup>-1</sup>																	
Esfuerzo de C: 20,94 Pa																	



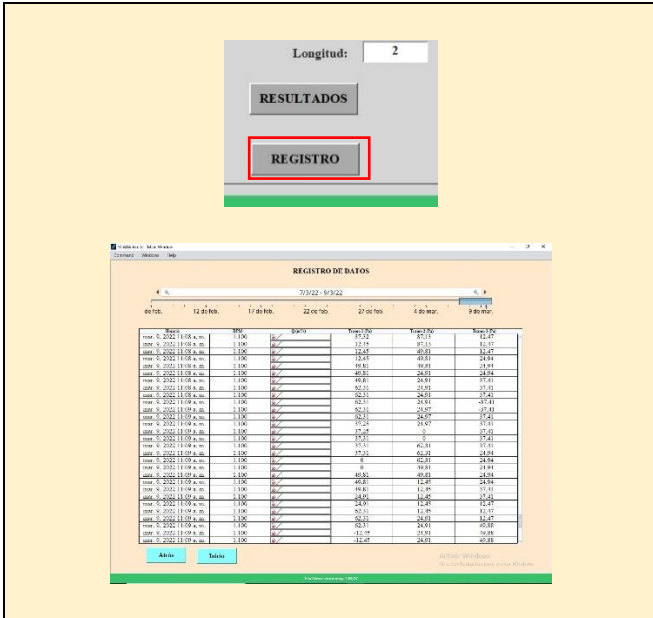
(61) Para observar la gráfica del sensor (PDE004) dar click sobre la figura.



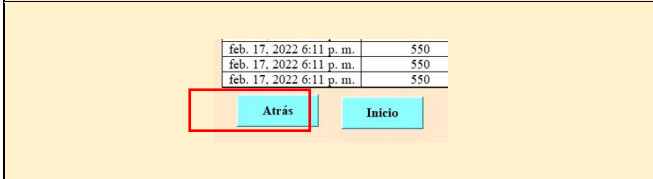
(62) Para observar la gráfica del sensor (FE00) dar click en la figura.



(63) Para observar la gráfica de las RPM del motor dar click en la figura.



(64) Para observar el registro de los datos dar click en el botón **registro**.

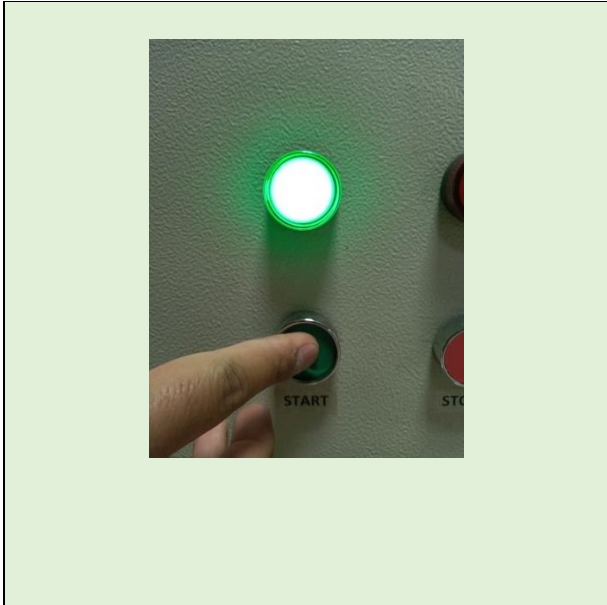


(65) Mediante el botón **Atrás** regresamos al panel de control



(66) Una vez recopilado los datos del tramo 3 mediante el botón **STOP** apagamos la bomba.

### VII. MANDO MANUAL DEL SISTEMA EXPERIMENTAL DE FLUIDOS.



Botón de **START** normalmente abierto, enciende el variador de velocidad.

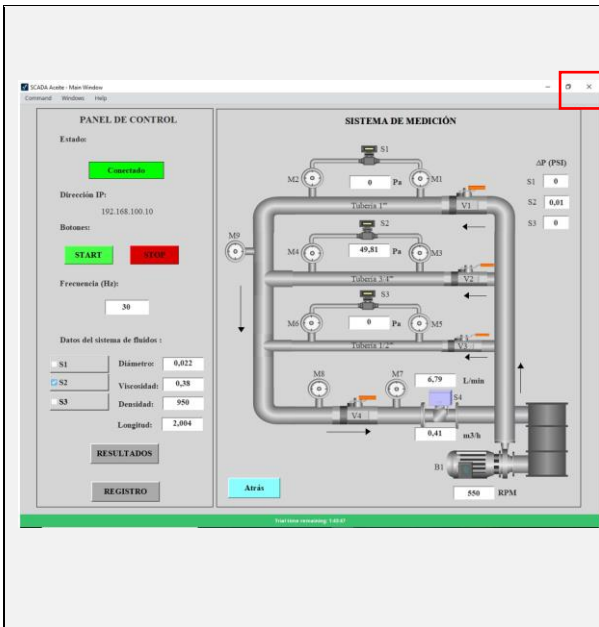


Botón de STOP normalmente cerrado, apaga el variador de velocidad.

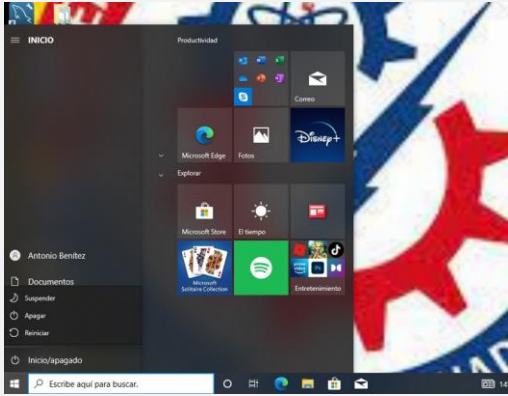


Paro de emergencia accionamiento mecánico normalmente cerrado.

## VIII. APAGADO DEL SISTEMA EXPERIMENTAL DE FLUIDOS.



(1) Cierre la aplicación.



(2) Apague la computadora.



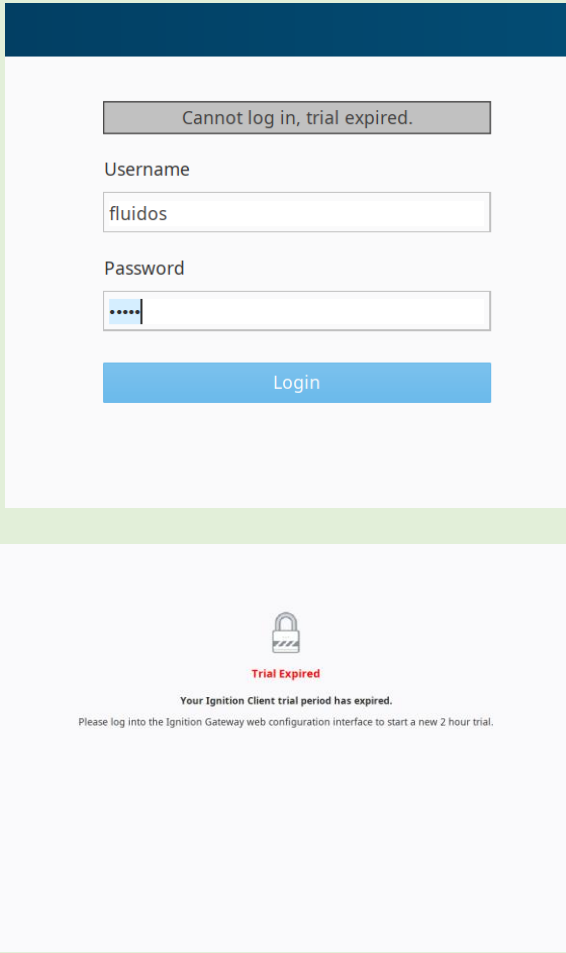
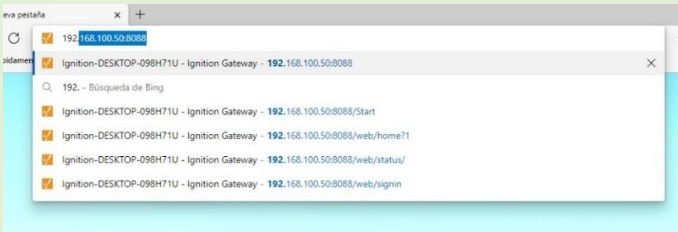
(3) Desenergizar los disyuntores.

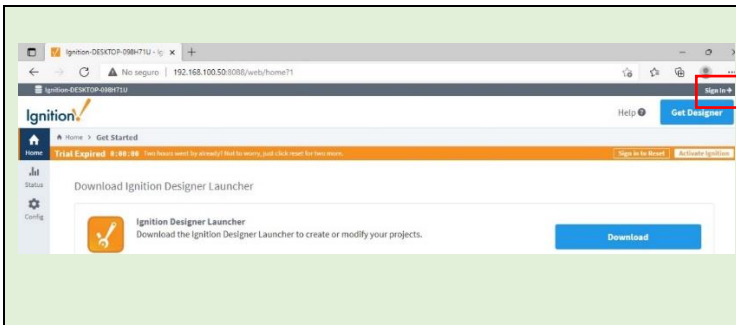


(4) Desconectar el terminal trifásico AC.

## IX. ERRORES COMUNES

### CANNOT LOG IN, TRIAL EXPIRED

 <p>The image shows two screenshots of a web interface. The top screenshot is a login form with a dark blue header. Below the header, there is a grey error box containing the text "Cannot log in, trial expired.". Underneath, there are two input fields: "Username" with the text "fluidos" and "Password" with masked characters. A blue "Login" button is positioned below the password field. The bottom screenshot shows a white page with a red padlock icon and the text "Trial Expired" in red. Below this, it says "Your Ignition Client trial period has expired." and "Please log into the Ignition Gateway web configuration interface to start a new 2 hour trial."</p>	<p><b>Cannot log in, trial expired</b></p> <p>Este error se da debido a que la aplicación tiene dos horas de funcionamiento para arreglarlo siga los siguientes pasos:</p>
 <p>The image shows a screenshot of a web browser's address bar. The address bar contains the URL "192.168.100.50:8088". Below the address bar, there is a dropdown menu showing several suggestions for the same IP address and port, including paths like "/start", "/web/home?1", "/web/status/", and "/web/signin".</p>	<p><b>(1)</b> Abra el navegador e ingrese la siguiente dirección:</p> <p><b>192.168.100.50:8088</b></p>

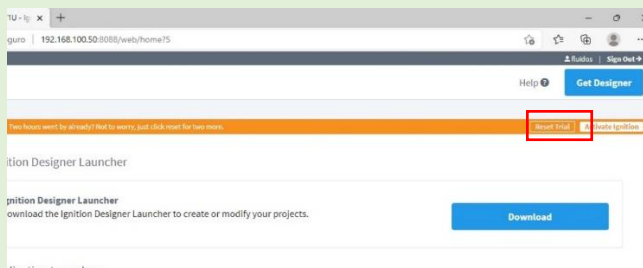


(2) Ingrese en la opción Sign in.

 A screenshot of the 'Sign In' form. The title is 'Sign In'. Below the title, it says 'Please sign in below to access Ignition'. There are two input fields: 'Username' containing the text 'fluidos' and 'Password' which is masked with dots. A blue 'Sign In →' button is located at the bottom of the form.

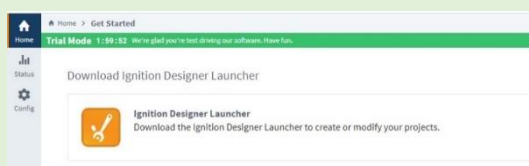
(3) Ingrese el Username y Password.

Username: **fluidos**  
Password: **admin**



(4) Una vez ingresado seleccione la pestaña Reset trial.

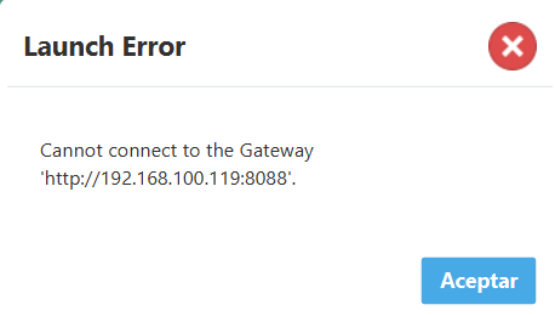
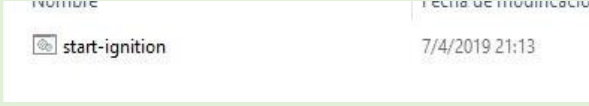
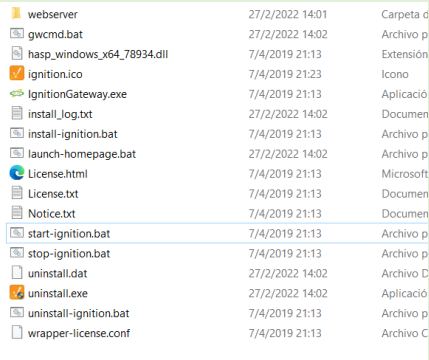
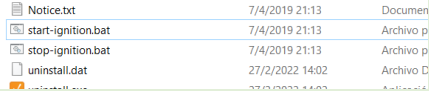
**Nota:** Si ya se encuentra seleccionado saltar este paso.



(5) Esta activación tendrá un período de **dos horas** por lo cual se deberá **activar nuevamente** pasado el tiempo seleccionando el **Reset trial explicada en el paso (4)**



## CANNOT CONNECT TO THE GATEWAY

	<p><b>Cannot connect to the Gateway</b></p> <p>Para arreglar este error siga los siguientes pasos:</p>
	<p>(1) Diríjase a la siguiente dirección del computador:</p> <p>C:\ProgramData\Microsoft\Windows\Start Menu\Programs\StartUp</p> <p>Mueva el archivo start-ignition a la siguiente dirección:</p> <p>C:\ProgramFiles\Inductive Automation\Ignition</p>
	<p>(2) Ejecute el <b>stop -ignition</b> y después ejecute el <b>start ignition</b>.</p> <p>Nota: si se sigue presentando el error vuelva a ejecutar el stop -ignition y después ejecute el start ignition.</p>
	<p>(3) Una vez arreglado el error, mueva el archivo start-ignition a la dirección donde se encontraba:</p> <p>C:\ProgramData\Microsoft\Windows\Start Menu\Programs\StartUp</p>

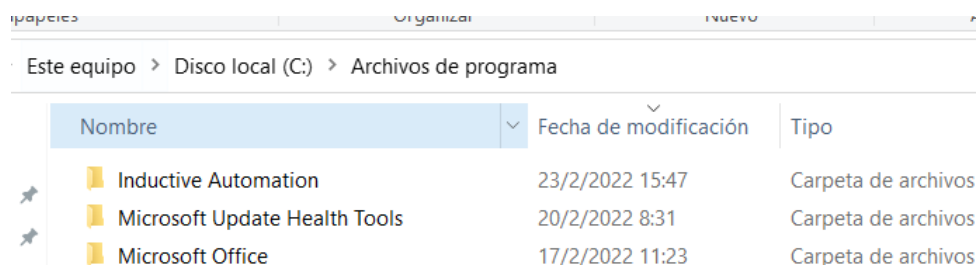
## X. INSTALACIÓN DE LA APLICACIÓN EN OTRA PC

Para la instalación en otra PC, se puede encontrar un respaldo con el laboratorista. Las características mínimas del PC deben ser:

- Sistema operativo Windows 10x64
- Procesador Core i3
- Memoria RAM 8gb
- No es necesario conexión a internet

### Pasos para la instalación en otra PC:

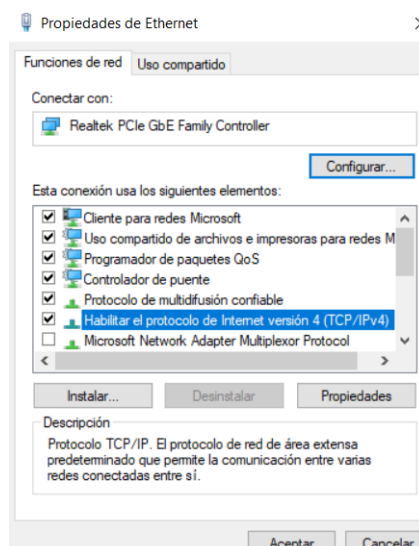
- 1.- Solicite la carpeta **Inductive Automation** al laboratorista.
- 2.- Guarde esta carpeta en el disco local C en Archivos de programa.



- 3.- Diríjase a configuraciones de red, luego cambie las opciones del adaptador y abra las propiedades de la conexión a través cable Ethernet y conecte el cable Ethernet del PLC al computador.



- 4.- Diríjase a Habilitar el protocolo TCP/IP y seleccione propiedades.



5.- Ingrese la siguiente dirección IP y subred:

Dirección IP:	192 . 168 . 100 . 50
Máscara de subred:	255 . 255 . 255 . 0
Puerta de enlace predeterminada:	. . .

Obtener la dirección del servidor DNS automáticamente

Usar las siguientes direcciones de servidor DNS:

Servidor DNS preferido:	. . .
-------------------------	-------

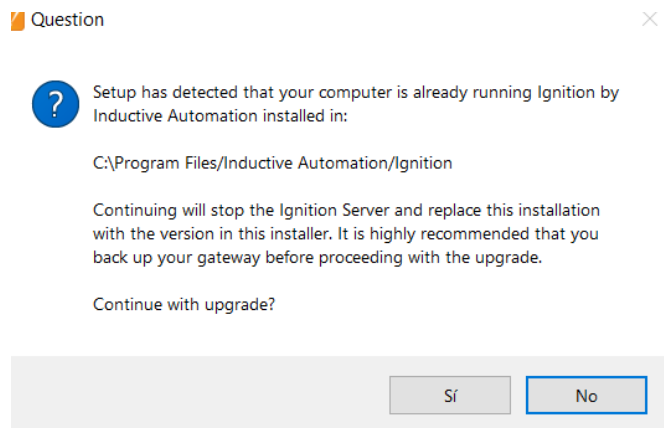
**Nota:** Esta dirección debe ser la misma debido a que es el localhost en donde se creó la aplicación.

6.- Seleccione la carpeta y ejecute la aplicación como administrador.

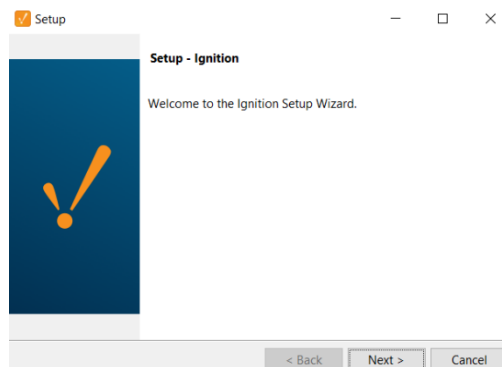
Este equipo > Disco local (C:) > Archivos de programa > Inductive Automation

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Ignition	23/2/2022 15:56	Carpeta de archivos	
Ignition-8.0.0-windows-x64-installer.exe	6/12/2021 21:51	Aplicación	850.480 KB

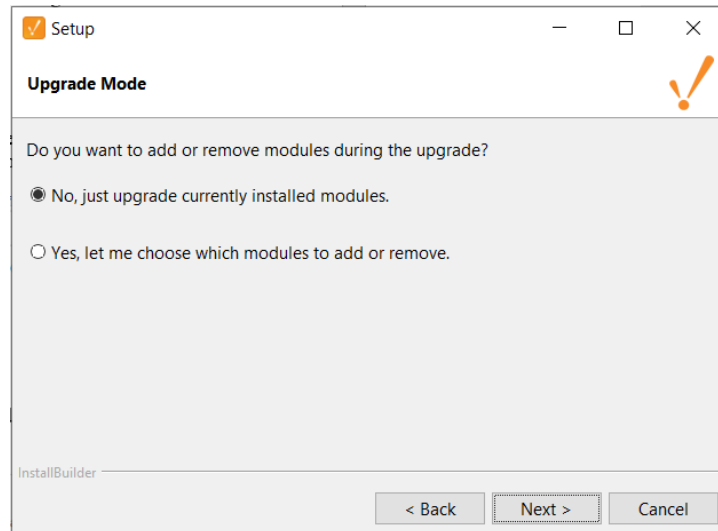
7.- Seleccione en Si.



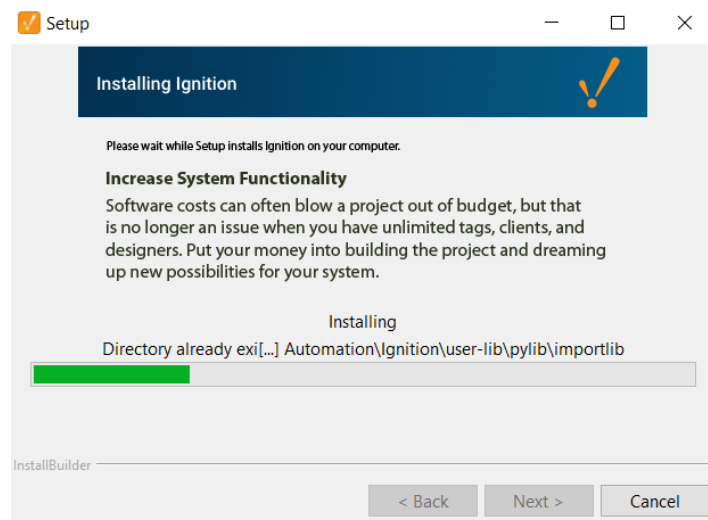
8.- Seleccione en Next.



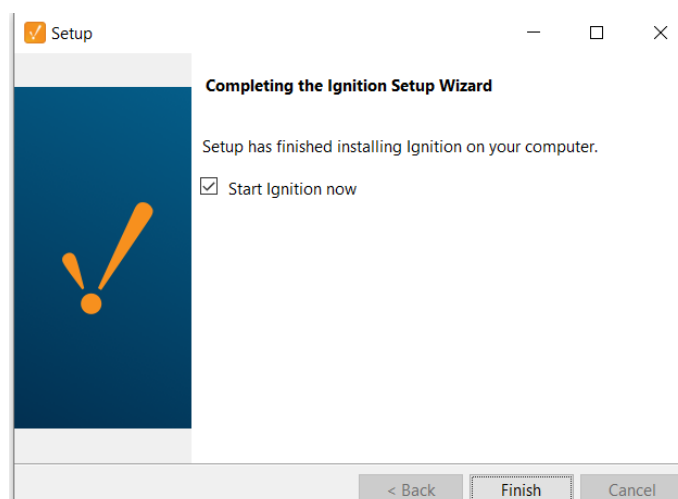
9.- Seleccione en No, just y Next.



10.- Se instalará la aplicación.



11.- Seleccione en finalizar.



12.- Se abrirá la siguiente página en el navegador.



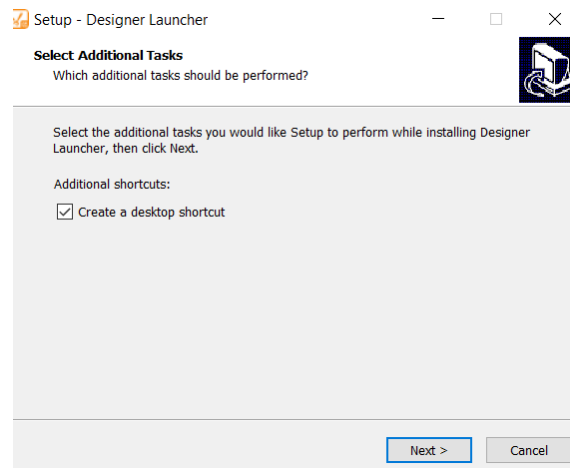
13.- Ingrese el Username y el Password.

A screenshot of a 'Sign In' form. The title is 'Sign In'. Below it is the instruction 'Please sign in below to access Ignition'. There are two input fields: 'Username' with the value 'fluidos' and 'Password' with masked characters '\*\*\*\*\*'. A blue button labeled 'Sign In ->' is positioned below the password field.

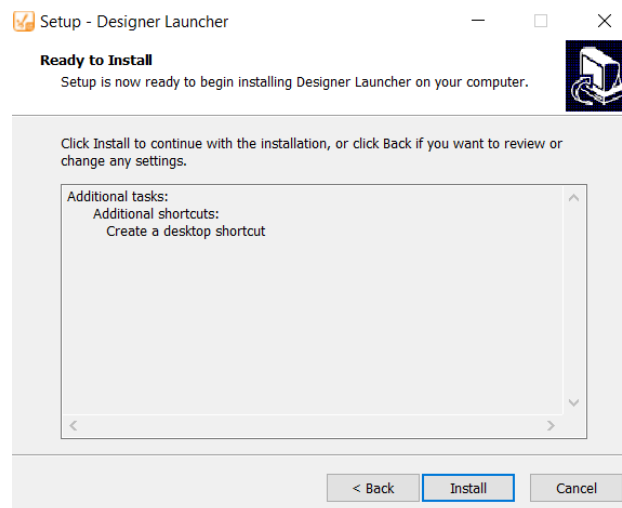
14.- Descargue el Designer Launcher y ejecútalo.

A screenshot of a web page. At the top, the URL 'localhost:8088/web/home?3' is visible. Below it is a dark gray horizontal bar, followed by a light gray bar, and then a green banner with the text 'driving our software. Have fun.'. Below the banner is a section titled 'Download Ignition Designer Launcher'. This section contains an orange icon of a wrench and screwdriver, the text 'Ignition Designer Launcher', and a description: 'Download the Ignition Designer Launcher to create or modify your projects.'. A blue 'Download' button is located to the right of the text.

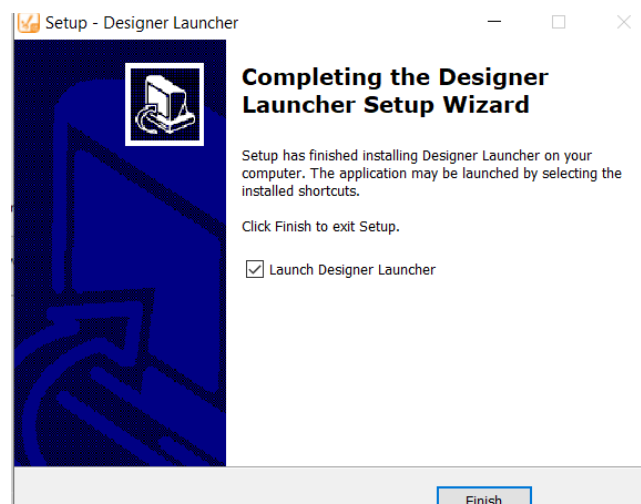
## 15. Seleccione Next.



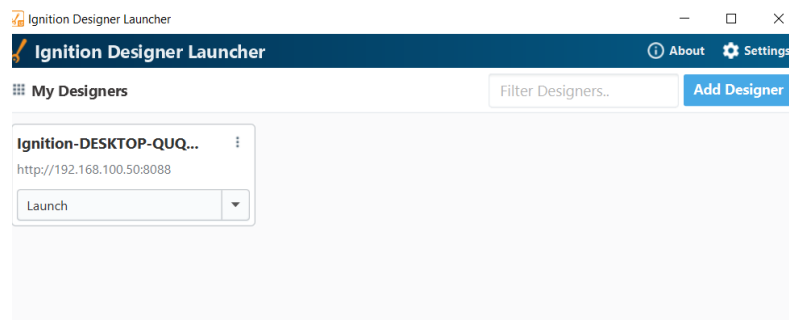
## 16. Seleccione en instalación.



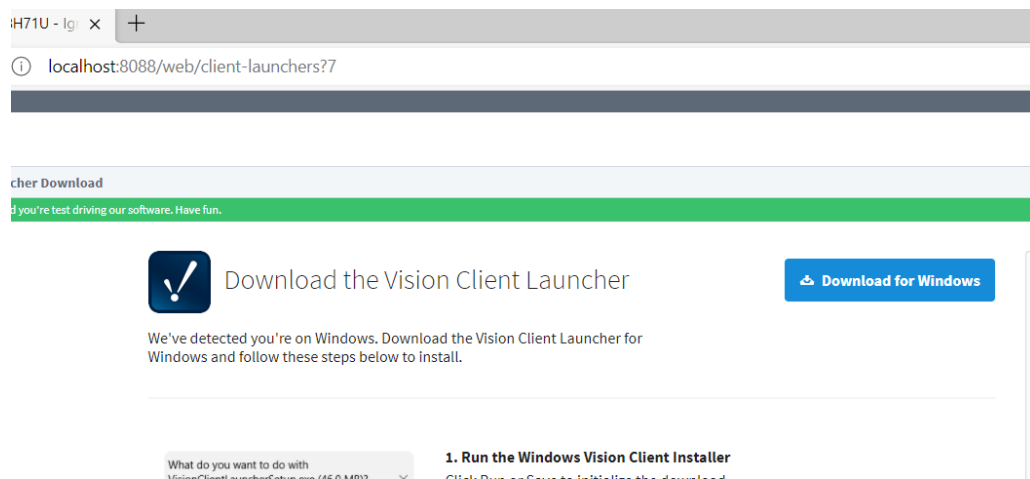
## 17. Seleccione en Finish.



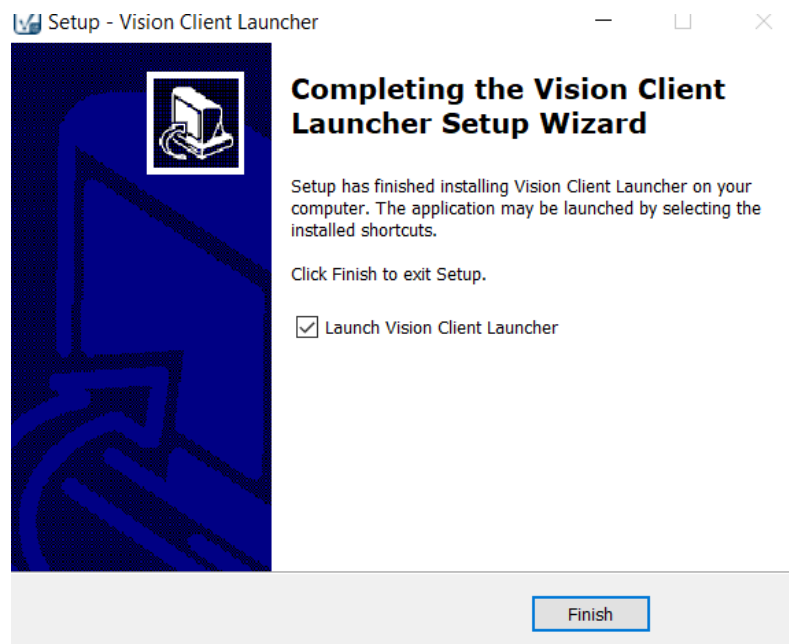
18. Se desplegará la siguiente pantalla.



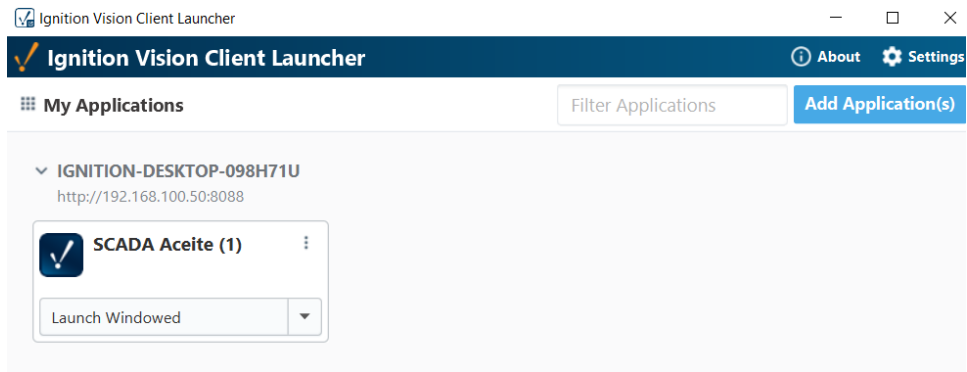
19. Diríjase de nuevo al navegador y descargue la siguiente aplicación Visión Client y ejecute.



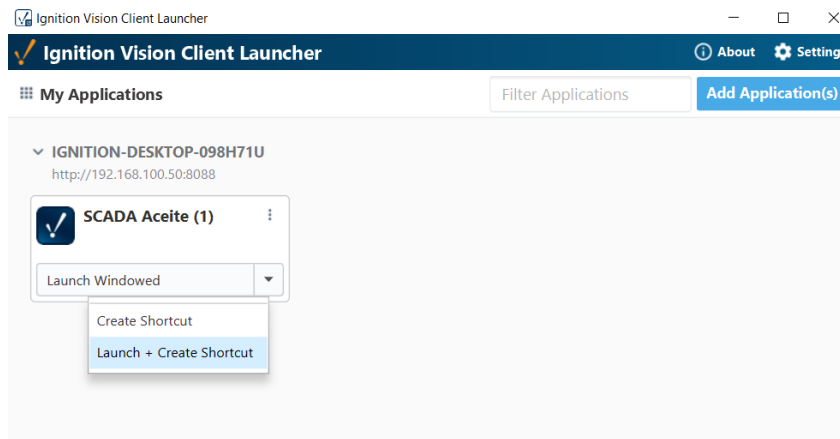
20. Seleccione en Finish.



21. Se desplegará lo siguiente.



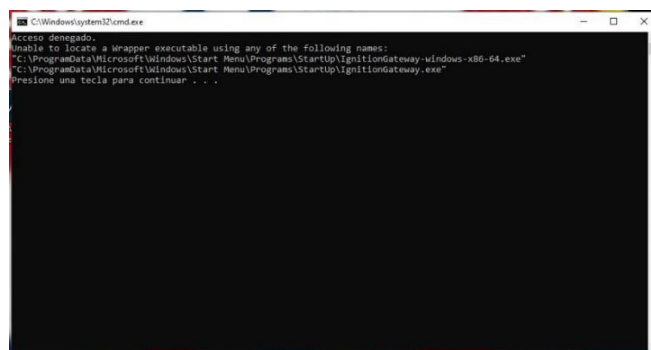
22. Para crear la aplicación donde se encuentre el sistema de medición seleccione en la pestaña Launch Windowed y seleccione Launch + Create Shortcut.



23. Se creará la aplicación ejecutable en el escritorio.



23.- Diríjase a la carpeta donde se encuentra Ignition y mueva el archivo por lotes **start-ignition** a la carpeta inicio para que este archivo se ejecute cuando se encienda el PC. Reinicie el equipo y enciéndelo.

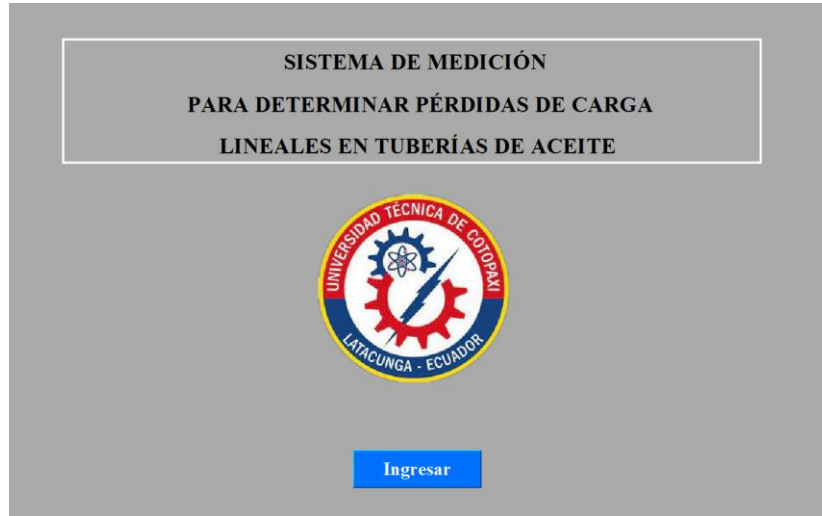


Espera a que aparezca la pantalla símbolo del sistema, de click dentro de ella y digite una tecla



para continuar. Esto es importante para que se inicie la aplicación.

24. Ejecute la aplicación y tendremos el sistema de medición seguir el manual de operación para su ingreso.



## **MANUAL DE MANTENIMIENTO.**

### **XI. MANTENIMIENTO GENERAL.**



Para realizar el mantenimiento general de la máquina se es necesario realizar y tomar en cuentas los siguientes pasos:

- 1.- Efectuar una examinación de la máquina del tipo VOSOA, mediante el cual con todos los sentidos determinaremos si existen averías en el sistema.
- 2.- Conectar la máquina con su conexión a 220V.
- 3.- Procedemos a activar los termomagnéticos de la máquina.
- 4.- Se espera unos segundos hasta observar que el PLC este totalmente activado y funcional.

5.- Después se realizará la guía práctica de manera normal.

6.- Finalmente se apagará el equipo y se desconectará el módulo respectivamente.

**NOTA: En el caso de que existan averías o desperfectos en la máquina de cualquier tipo, seguir las siguientes recomendaciones que se detallaran a continuación según el tipo de avería que se presente en la máquina.**

## **XII. AVERÍAS EN EL CABLEADO.**



Se es recomendable realizar una inspección por el cableado de la máquina con el fin de precautelar que todas las conexiones se encuentren en buen estado y realizar un correcto reajuste en todas las borneras de los Plugs banana hembras que se encuentran especialmente en el módulo didáctico de la máquina.

Pasos a seguir:

- 1.- Abrir la caja metálica eléctrica.
- 2.- Retirar las tapas de las canaletas.
- 3.- Realizar una inspección por todo el cableado principal de la máquina.
- 4.- Efectuar la respectiva reconexión de los cables en caso de que exista algún mal ajustamiento del cableado en sus respectivos bornes.
- 5.- Ejercer una inspección en todas las conexiones externas de la caja tales como la extensión de 110V y todas las salidas que llegan al módulo didáctico.
- 6.- Revisar todas las borneras de los Plugs banana hembras que se encuentran localizadas en la parte posterior del módulo didáctico.
- 7.- Si existe algún cable suelto proceder a reajustarlo con el fin de que todo el cableado de la máquina se encuentre en conexión.

8.- También se recomienda revisar todas las conexiones de los Plugs banana machos que realizan los enlaces directos en el módulo.

9.- Finalmente encender la máquina y observar que todo el funcionamiento del sistema sea correcto.

### **XIII. AVERÍAS EN LAS TUBERÍAS.**



Se necesita verificar que todas las tuberías estén bien conectadas por tal motivo se es necesario realizar los siguientes pasos:

- 1.- Encender el módulo experimental de fluidos.
- 2.- Verificar en cada una de las uniones de las tuberías si existe derramamiento de aceite.
- 3.- En el caso de que exista una fuga es necesario desarmar el sistema por lo que se han instalado ciertas universales con la finalidad de facilitar el desarmado de la parte donde exista la imperfección.
- 4.- Después de su respectivo desarmado, es muy necesario limpiar el área de fuga y cambiar el teflón y el engrudo utilizado en las tuberías en este caso “Permatex”.
- 5.- Finalmente se vuelve a rearmar y se comienza el uso del módulo.

#### **XIV. AVERÍAS EN LA BOMBA.**



Por lo general en las bombas no se presentan averías relevantes en este caso las únicas serían debido a la falta de lubricación, por lo que sí se nota tal vez algún sonido exagerado del motor o acople se necesita un baño con el mismo aceite del módulo con la finalidad de proveer a estas partes de lubricación y no permitan que existan ruidos innecesarios en la bomba.

También en el caso de desgaste de los cables de energías del motor se recomienda realizar los cambios respectivos para que se le pueda dar un correcto funcionamiento a la máquina, sin necesidad de que exista algún corto de por medio, en el caso de protección del motor el termomagnético funciona como protección y el variador en su interior también tiene protección que son codificadas en el motor y en su programación.

#### **XV. MANTENIMIENTO DE LOS SENSORES.**





Con el paso de los años y de la acumulación del aceite los sensores tienden a volverse menos precisos por lo que se recomienda realizar una inspección anual de estos y de su toma de lecturas de modo que se puede comparar los valores del sensor de referencia en la tesis escrita por los que estas comparaciones se denotara la precisión de los sensores.

Pasos a seguir:

- 1.- Poner en funcionamiento el módulo experimental de fluidos.
- 2.- Realizar la toma de lecturas de cualquiera de los cuatro sensores instalados en el sistema.
- 3.- Ejecutar una comparación entre los valores obtenidos en la toma con los datos obtenidos y verificados de la tesis escrita.
- 4.- Si los valores son muy cercanos a los arrojados en el estudio, el sensor está correctamente funcionado correctamente.
- 6.- Caso contrario se debe retirar sensor por sensor y realizar una limpieza de modo que se extraigan las impurezas acumuladas y vuelva a arrojar valores idóneos.
- 5.- Se recomienda realizar este mantenimiento cada tres años o cuando se decida cambiar de aceite.

## **XVI. CONTROL DEL ACEITE.**



### **Pruebas del aceite.**

Se recomienda realizar ciertas pruebas al aceite por lo menos una vez al año de modo que se pueda saber el estado del mismo y saber si su densidad y viscosidad varían en función del tiempo y también con el objetivo de realizar una filtración de las impurezas que existen en el aceite en el caso de que con el paso del tiempo existe desgaste de las tuberías.

Pasos a seguir:

- 1.- Sacar en una probeta de estudio una muestra del aceite del sistema.
- 2.- Realizar los exámenes y pruebas referentes a determinar si el aceite ha perdido propiedades en su viscosidad y su densidad.
- 3.- Según los resultados del estudio determinará si el aceite cumple con parámetro mínimos para utilizarlo en el módulo.

### **Filtración del aceite.**



En el caso de que el aceite aun tenga propiedades favorables se necesita realizar una depuración y filtración de todo el sistema con los siguientes pasos:

- 1.- Abrir la llave de bola instalada en la parte inferior del tanque de aceite.
- 2.- Gotear todo el aceite en los baldes.
- 3.- El aceite ya retirado debe ser pasado por filtros de tipo nylon con la finalidad de limpiar todas las impurezas existentes en el aceite.
- 4.- Volvemos a colocar todo el aceite filtrado en la entrada del tanque.

5.- Finalmente se podrá activar el módulo con la tapa del tanque abierta con el fin de sacar todo el aire acumulado y que el módulo funcione correctamente.

En el caso de que el aceite esté dañado se debe realizar su respectivo cambio con un aceite nuevo teniendo en cuenta que el aceite es SAE 20W50.

## **XVII. MANTENIMIENTO DE MANÓMETROS.**



En este caso los manómetros son de vida útil larga por lo que sí existe tal vez alguna sobre presión en los dispositivos de medición tal vez tengan a dañarse por tal motivo se recomienda realizar el cambio de manómetros si ocurriera una sobrepresión en el sistema por parte del motor.

## **XVIII. PROBLEMAS COMUNES.**

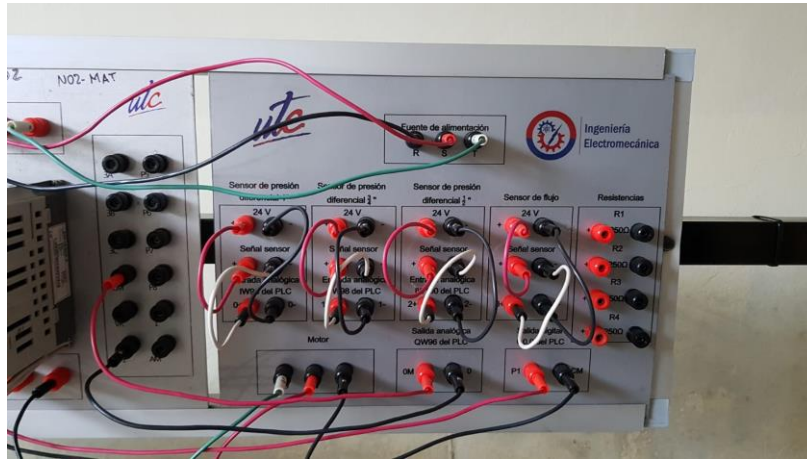
### **XIX. Apertura de la válvula de bola colocada en el tanque.**

Por lo general hay probabilidades muy altas de que sin querer una persona active la válvula de bola del tanque y se dé el derrame del aceite en este caso la única solución es volver a cerrar la válvula y tener mucha precaución de la misma.



## XX. Cambio de dirección del motor.

Por lo general esto suele pasar cuando en la empresa eléctrica tiende a cortar la luz y se cambian las fases del motor en este caso se cambiaría la dirección del sentido de giro de la bomba por tal motivo la única solución en este caso es guiarse por las flechas indicadoras de dirección de la bomba y si esta no está correcta se debería cambiar las fases del módulo didáctico en donde el plug banana “U” debería ser cambiado por el plug banana “W”.



## XXI. Reset involuntario del CPU.

Para el caso de que el CPU tenga un reset y se borren todos los datos del programa y de los sistemas SCADA se dejará un respaldo al encargado del laboratorio con la finalidad de precautelar los programas sin que tengan daños permanentes.

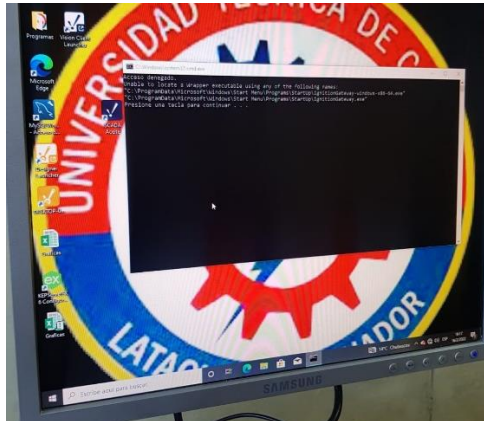


## XXII. Problemas con el ejecutable de IGNITION.

En el caso de que existan problemas con el ejecutable de IGNITION lo más recomendable es borrar el aplicativo y volverlo a descargar en Programas situado en el escritorio se dejará el instalador con la finalidad de volverla instalar las veces que se necesita o si no se dejará el



respaldo con el encargado del laboratorio.



**NOTA:**

Se retira la manija de la válvula de retorno con la finalidad de que esta no dañe ningún tipo de elemento de la máquina y también porque esta no es necesaria debido al fluido que se utiliza y debe permanecer a todo momento abierta, se recomienda recolocar la manija en el caso de que se necesita presurizar el sistema o para realizar mantenimiento.



**XXIII. Pasos para la programación del variador SV-iG5A**

**Paso 1:**

Definir el tiempo de aceleración (ACC).



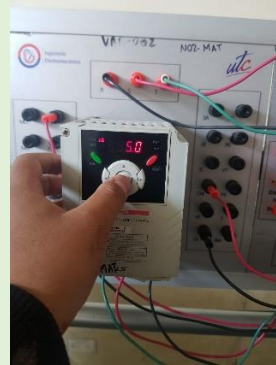
Para que el arranque no sea tan lento se pone un tiempo de 5 s.



**Paso 2:**  
Definir el tiempo de desaceleración (dEC).



Para que el apagado no dañe el motor seleccionar un tiempo de 5 s.



**Paso 3:**  
Definir el modo principal o modo drive (drv).



Seleccionar el modo en que operará el motor en este caso en 1 porque su mando será controlado por el bornero.



**Paso 4:**  
Definir el modo de frecuencia (Frq).



Seleccionar el modo 3 ya que la frecuencia será controlada con el voltaje de salida del módulo analógico.



**Paso 5:**

Definir la tensión bus DC del variador (dCL).



Seleccionar una tensión que contenga a una sobrecarga del variador en este caso 302,2 V.



**Paso 6:**

Seleccionar el sentido de giro del motor(drC).



Escoger el parámetro F ya que significa adelante y necesitamos la bomba en ese sentido.



Visualización en tiempo real de la frecuencia en la que se encuentra girando el motor.

## XXIV. FICHAS TÉCNICAS DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA EXPERIMENTAL.

### PLC S7 1200 CPU 1212C AC/DC/RLY

# SIEMENS

#### Data sheet

6ES72

12-1BE40-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, compact CPU, AC/DC/relay, onb  
8 DI 24 V DC; 6 DO relay 2 A; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: AC  
AC at 47-63 Hz, Program/data memory 75 KB

General information	
Product type designation	CPU 1212C AC/DC/relay
Firmware version	V4.4
Engineering with	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Programming package</li> </ul>	STEP 7 V16 or higher
Supply voltage	
Rated value (AC)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>120 V AC</li> <li>230 V AC</li> </ul>	Yes Yes
permissible range, lower limit (AC)	85 V
permissible range, upper limit (AC)	264 V
Line frequency	
<ul style="list-style-type: none"> <li>permissible range, lower limit</li> <li>permissible range, upper limit</li> </ul>	47 Hz 63 Hz
Input current	
Current consumption, max.	240 mA at 120 V AC; 120 mA at 240 V AC
Inrush current, max.	20 A; at 264 V
$I^2t$	0.8 A <sup>2</sup> ·s
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 000 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V</li> </ul>	20.4 to 28.8V
Power loss	
Power loss, typ.	11 W
Memory	
Work memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated</li> <li>expandable</li> </ul>	75 kbyte No
Load memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated</li> <li>Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.</li> </ul>	2 Mbyte with SIMATIC memory card

[https://media.automation24.com/datasheet/se/6ES72121BE400XB0\\_en.pdf](https://media.automation24.com/datasheet/se/6ES72121BE400XB0_en.pdf)

## MÓDULO ANALÓGICO SM1234 AI/AQ

# SIEMENS

Hoja de datos

6ES7234-4HE32-0XB0



SIMATIC S7-1200, E/S analógicas SM 1234, 4 AI/2 AO, +/-10V, Resolución de 14 bits o 0 (4)-20 mA, Resolución de 13 bits

Información general	
Designación del tipo de producto	SM 1234, AI 4x13 bit/AQ 2x14 bit
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	24 V
Intensidad de entrada	
Consumo, típ.	60 mA
de bus de fondo 5 V DC, típ.	80 mA
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	2 W
Entradas analógicas	
Nº de entradas analógicas	4; Entradas diferenciales tipo corriente o tensión
Tensión de entrada admisible para entrada de tensión (límite de destrucción), máx.	35 V
Intensidad de entrada admisible para entrada de corriente (límite de destrucción), máx.	40 mA
Tiempo de ciclo (todos los canales), máx.	625 µs
Rangos de entrada	
• Tensión	Sí; ±10 V, ±5 V, ±2,5 V
• Intensidad	Sí; 4 a 20 mA, 0 a 20 mA
• Termopar	No
• Termorresistencias	No
• Resistencia	No
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
• -10 V a +10 V	Sí
• -2,5 V a +2,5 V	Sí
• -5 V a +5 V	Sí
Rangos de entrada (valores nominales), intensidades	
• 0 a 20 mA	Sí
— Resistencia de entrada (0 a 20 mA)	280 Ω
• 4 mA a 20 mA	Sí
Salidas analógicas	
Nº de salidas analógicas	2; Tipo corriente o tensión
Rangos de salida, tensión	
• -10 V a +10 V	Sí
Rangos de salida, intensidad	
• 0 a 20 mA	Sí
• 4 mA a 20 mA	Sí
Resistencia de carga (en rango nominal de la salida)	

<https://media.automation24.com/datasheet/es/6ES72344HE320XB0.pdf>

## SENSOR DE FLUJO TIPO TURBINA

检 定 结 果	
Verification Report	
外 观(Figure):	pass
基本误差(Error):	$\pm 1.0\%$
重复性(Repeatability):	0.12%
线性度(Linearity):	0.84%
仪表系数(Meter factor):	1754.3pulse/L
输出信号 (Output):	4-20mA
工作压力(Operation):	$\leq 6.3\text{Mpa}$
检定条件(Operation Conditions)	
检定地点(Location):	Laboratory
检定介质(Medium):	water
环境温度(Environmental Temperature):	20°C
环境湿度(Environmental Humidity):	35%
以下空白(Blank)	

检 定 结 果	
Verification Report	
外 观(Figure):	pass
基本误差(Error):	$\pm 1.0\%$
重复性(Repeatability):	0.12%
线性度(Linearity):	0.84%
仪表系数(Meter factor):	1754.3pulse/L
输出信号 (Output):	4-20mA
工作压力(Operation):	$\leq 6.3\text{Mpa}$

## SENSORES DE PRESIÓN DIFERENCIAL

### Pressure Transmitter Inspection Record

Model	WNK805	Precision grade	±0.5%FS
Measured range	0- 40psi	Factory serial number	T211110
Power supply voltage	24V DC	Output signal	4...20mA
Ambient temperature	23℃	Ambient humidity	65RH%

Name of calibration equipment	Equipment model	Equipmetn serial number
Pressure gauge	7250Xi	65328
Digital instrumentation	34401A	MY47027804
SPC compression/insulation tester	LK-7122	2104036

The basic error and hysteresis error:

Pressure test point ( psi )	Output the theoretical value ( mA )	The actual output values ( mA )		The basic error ( mA )	Return error (mA )
		On up trip	on down trip		
0	4.000	4.005	4.002	0.005	0.004
10	8.000	8.000	8.000	0.000	0.000
20	12.000	12.002	12.002	0.002	0.000
30	16.000	16.006	16.002	0.006	0.004
40	20.000	20.000			

Maximum error	0.006	Insulation resistance	≥50MΩ
Maximum return error	0.004	Dielectric strength	500VAC(1min)
Outside view	qualified		

The test results: qualified .

Inspector: 04 Reviewer: 03

Inspection date: October, 18, 2021

## ELEVADOR DE VOLTAJE XL6009 12V/24V DC

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/ DC Converter

### Features

- Wide 5V to 32V Input Voltage Range
- Positive or Negative Output Voltage Programming with a Single Feedback Pin
- Current Mode Control Provides Excellent Transient Response
- 1.25V reference adjustable version
- Fixed 400KHz Switching Frequency
- Maximum 4A Switching Current
- SW PIN Built in Over Voltage Protection
- Excellent line and load regulation
- EN PIN TTL shutdown capability
- Internal Optimize Power MOSFET
- High efficiency up to 94%
- Built in Frequency Compensation
- Built in Soft-Start Function
- Built in Thermal Shutdown Function
- Built in Current Limit Function
- Available in TO263-5L package

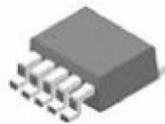
### Applications

- EPC / Notebook Car Adapter
- Automotive and Industrial Boost / Buck-Boost / Inverting Converters
- Portable Electronic Equipment

### General Description

The XL6009 regulator is a wide input range, current mode, DC/DC converter which is capable of generating either positive or negative output voltages. It can be configured as either a boost, flyback, SEPIC or inverting converter. The XL6009 built in N-channel power MOSFET and fixed frequency oscillator, current-mode architecture results in stable operation over a wide range of supply and output voltages.

The XL6009 regulator is special design for portable electronic equipment applications.



TO263-5L

<https://www.pollin.de/productdownloads/D351434D.PDF>



## XXV. MEJORAS QUE SE PUEDE REALIZAR AL SISTEMA EXPERIMENTAL DE FLUIDOS

### Instalación de un CPU con mejores características

Con el paso del tiempo los equipos se vuelven obsoletos o tienden a dañarse por lo cual se recomienda la instalación de un CPU con características que puedan abastecer al sistema de medición e incluso permitir instalar programas como TIA portal, para lo cuál sea necesario equipos con las siguientes características:

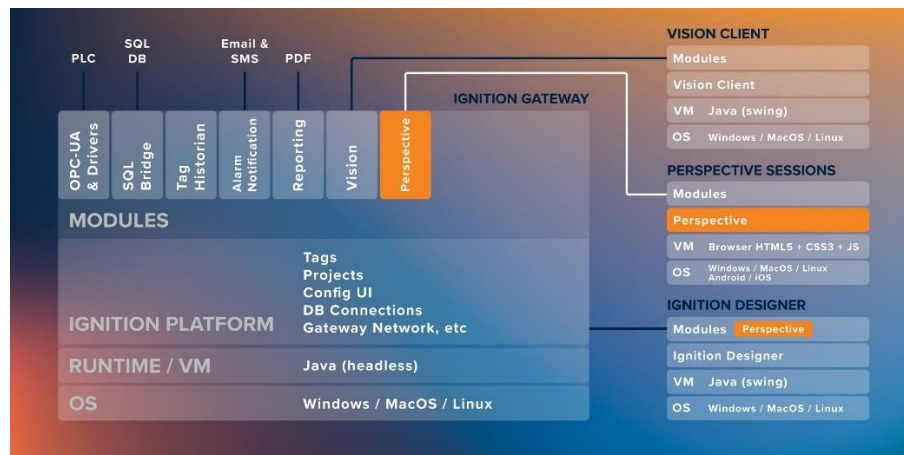
- Sistema operativo Windows 10x64
- Procesador Core i5 en adelante
- Memoria RAM 16 gb en adelante
- Tarjetas de video 4gb



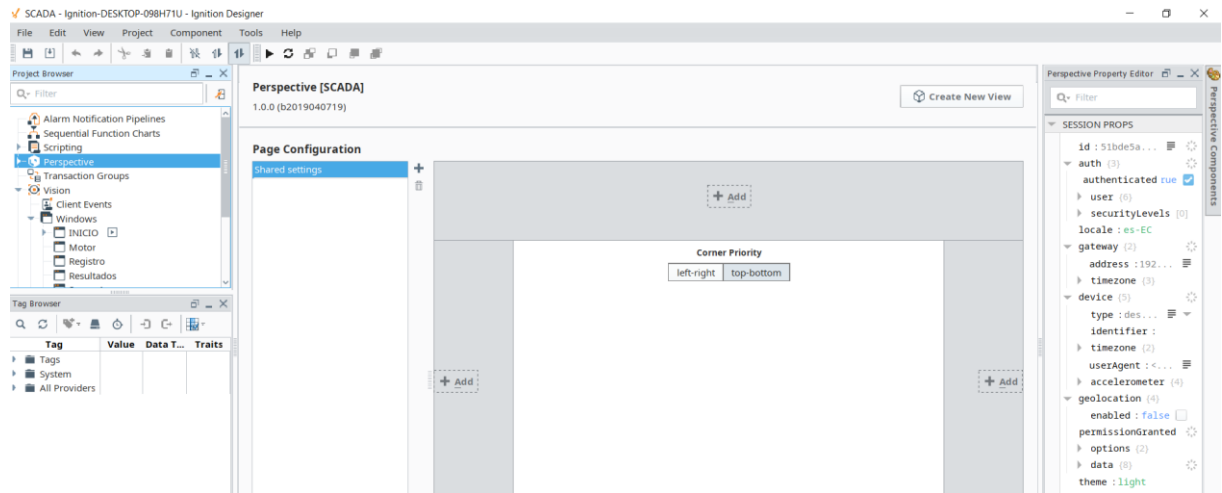
### Aplicación de sistema remoto en SCADA

A continuación, se pretende dar una introducción que encamine a la creación del sistema remoto en el SCADA:

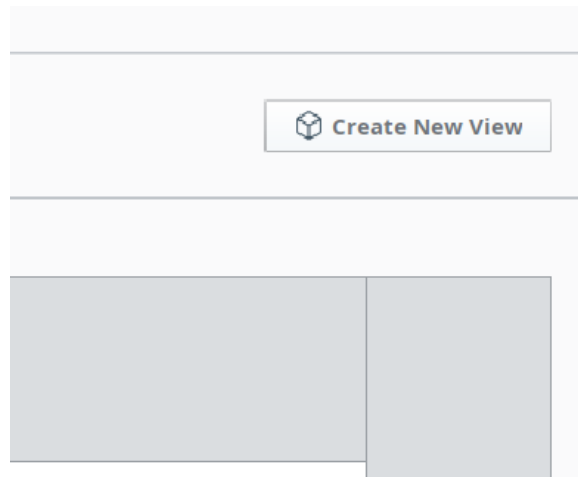
1.- Ignition permite el control y visualización de un proceso desde cualquier parte del mundo a través de su librería **Perspective**



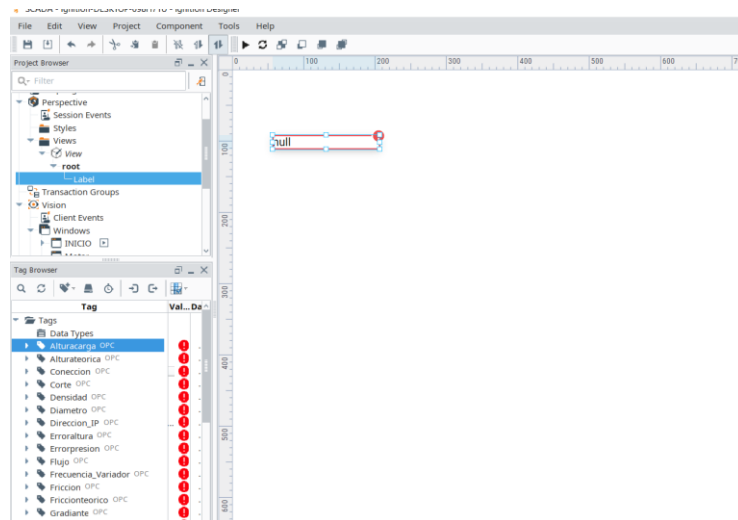
2.- El módulo Perspective se encontrará en el Ignition Designer.



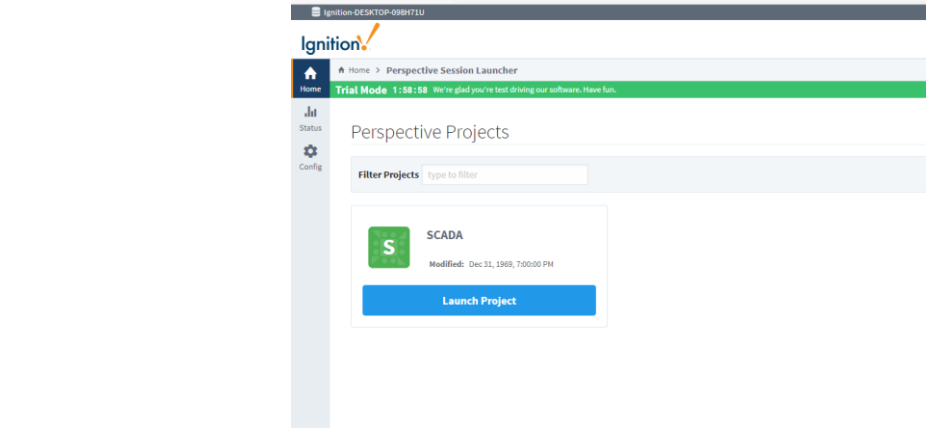
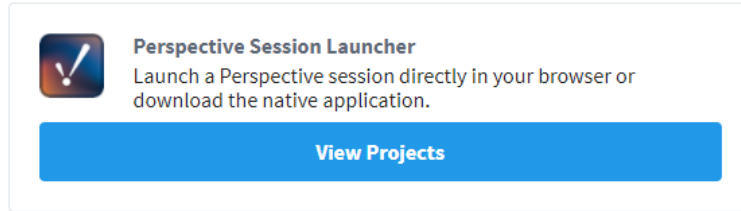
3.- Cree un New View.



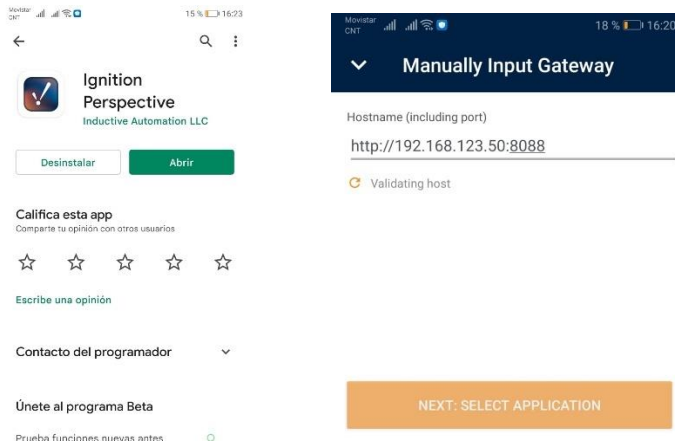
4.- Ingrese los tags provenientes del PLC para su control y visualización.



5.- Una vez diseñado el sistema SCADA en el módulo Perspective se podrá abrir desde cualquier página a través de la siguiente aplicación.



6.- Una vez creado el sistema remoto se podrá abrir desde cualquier dispositivo instalando la aplicación Ignition Perspective desde Play Store e ingresando la dirección del SCADA.



6.- Ejemplo de un sistema SCADA remoto creado en Ignition:



XXVI. DIAGRAMA P&ID

