



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

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA A PRESIÓN CONSTANTE”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

Autores:

Almachi Chiguano Jonathan Wladimir

Naranjo Barrera Erick Alexander

Tutor Académico:

Ing. M.S.c. Freire Martínez Luigi Orlando

LATACUNGA – ECUADOR

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Almachi Chiguano Jonathan Wladimir y Naranjo Barrera Erick Alexander, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: “DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA A PRESIÓN CONSTANTE”, siendo el Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez tutor del presente trabajo, 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 la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto 2021

.....

Almachi Chiguano Jonathan Wladimir

CC: 050229032-3

.....

Naranjo Barrera Erick Alexander

CC: 180503727-0

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

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

“Desarrollo de un sistema SCADA para una estación de bombeo de agua a presión constante”, de los ponentes: Almachi Chiguano Jonathan Wladimir y Naranjo Barrera Erick Alexander, de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que la Propuesta Tecnológica cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación del 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, agosto 2021

.....
Ing. M.S.c. Luigi Orlando Freire Martínez
CC: 050252958-9

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente propuesta tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto los postulantes: Almachi Chiguano Jonathan Wladimir y Naranjo Barrera Erick Alexander con el título de proyecto de titulación.

“Desarrollo de un sistema SCADA para una estación de bombeo de agua a presión constante”, 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 autorizan los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2021

.....

Lector 1 (Presidente)

Ing. MSc. Byron Paul Corrales

CC: 050234776-8

.....

Lector 2

Ing. MSc. Segundo Ángel Cevallos Betún

CC: 050178243-7

.....

Lector 3

PhD. Héctor Luis Laurencio Alfonso

CC: 175836725-2

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primera instancia a Dios por darme las fuerzas necesarias para culminar mi carrera universitaria, de la misma manera a mi madre Mariana y a mi padre Néstor por brindarme siempre su apoyo frente a cualquier adversidad. A mi esposa Katherine y mi hija Monserrate por la confianza y apoyo depositado en mi persona durante todo este proceso.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus docentes por brindarme una educación de calidad tanto académica como humanística. De manera especial al Ing. Luigi Freire e Ing. Paul Corrales por compartir sus conocimientos y consejos a lo largo de este proyecto.

Jonathan Wladimir

Iniciar una carrera profesional y terminarla de manera satisfactoria es un gran logro personal, en primer lugar quiero agradecer a Dios por haberme permitido cumplir este gran sueño, como también a mis padres (Franklin Naranjo, Bertha Barrera) quienes me brindaron su apoyo moral y su aliento a seguir, de igual manera quiero dar las gracias a todas las personas que me ayudaron en la consecución de mi objetivo, agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haber permitido formarme en sus aulas compartiendo ilusiones y anhelos que en un futuro muy cercano me servirán de mucho, quiero agradecer al Ing. Jorge Villarroel, Ing. Luigi Freire e Ing. Paul Corrales por su apoyo incondicional, dedicación y compromiso

Erick Alexander

DEDICATORIA

A mi madre Mariana y mi padre Néstor por fomentar el deseo de superación y triunfo en la vida, a mi esposa Katherine y a mi hija Monserrate por brindarme siempre esa luz de esperanza para cualquier inconveniente, a mis hermanos Josué y Alisson por siempre estar al pendiente.

Este triunfo es de ustedes.

Jonathan Wladimir

Dedico esta tesis a mis padres Franklin Naranjo y Bertha Barrera por ser mi apoyo durante mi carrera profesional, uno de mis grandes sueños era poder lograr un título profesional y gracias a ustedes lo he podido lograr, día tras día me dieron los mejores consejos, hicieron darme cuenta que el estudio era el camino para llegar a ser una persona exitosa, pues sin sus palabras quizá no hubiera entendido lo que significa ser todo un profesional, me siento feliz de poder agradecerles la confianza que depositaron en mí, gracias por estar a mi lado y sobre todo por la paciencia durante todo este tiempo, lo que más deseo es que siempre se sientan orgullosos de tenerme como hijo.

Erick Alexander

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA A PRESIÓN CONSTANTE”

Autores: Almachi Chiguano Jonathan Wladimir

Naranjo Barrera Erick Alexander

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo e implementación de un sistema SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos) aplicado a una estación de bombeo de agua a presión constante relacionado a la falta de prácticas en el área de automatización y control de procesos industriales mediante controladores lógico programables (PLC) para el análisis de adquisición de datos ya sea de manera local o remota según disponga el usuario. El proyecto consta de tres etapas, la primera etapa se centra en la recopilación de información sobre sistemas de bombeo de agua y los métodos para su control. La segunda etapa se centra en la construcción de la planta para lo cual se diseña la estructura en el software Inventor y se realiza su análisis estructural con relación entre la tensión máxima permitida y la tensión equivalente dando como resultado un coeficiente de seguridad (2,54), posterior se establece los elementos eléctricos, electrónicos e hidráulicos que se necesitan para la puesta en marcha del mismo. Finalmente, la tercera etapa se establece el funcionamiento del módulo, mediante la programación de un controlador proporcional, integral y derivativo (PID) de presión en el PLC, a su vez se integra el sistema SCADA en el software Ignition que realiza el control y monitoreo de la planta mediante comunicación TCP/IP. Los resultados indican que el mejor método de sintonía para el proceso es el de Lambda Robusto con un tiempo de establecimiento de 237,6 segundos en régimen transitorio con un sobre impulso de 0,21 % lo que establece un método de sintonía aceptable al no tener mayores oscilaciones en el régimen estacionario que tiende al infinito. De acuerdo al valor de set point implementado el tiempo ira cambiando teniendo en cuenta que a mayor presión menor será su tiempo de establecimiento.

Palabras clave: Estación, Presión Constante, PLC, PID, Sistema SCADA

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: " DEVELOPMENT OF A SCADA SYSTEM FOR A CONSTANT PRESSURE WATER PUMPING STATION"

Authors: Almachi Chiguano Jonathan Wladimir

Naranjo Barrera Erick Alexander

ABSTRACT

The objective of this project is the development and implementation of a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) system applied to a constant pressure water pumping station related to the lack of practices in the area of automation and control of industrial processes through programmable logic controllers (PLC) for the analysis of data acquisition either locally or remotely as available to the user. The project consists of three stages, the first stage focuses on the collection of information on water pumping systems and methods for their control. The second stage focuses on the construction of the plant for which the structure is designed in the Inventor software and its structural analysis is performed with relation between the maximum allowable voltage and the equivalent voltage resulting in a safety coefficient (2.54), then the electrical, electronic and hydraulic elements needed for the start-up of the plant are established. Finally, the third stage establishes the operation of the module by programming a proportional, integral and derivative (PID) pressure controller in the PLC, and integrates the SCADA system in the Ignition software that performs the control and monitoring of the plant through TCP/IP communication. The results indicate that the best tuning method for the process is the Robust Lambda with a set point time of 237.6 seconds in transient regime with an over impulse of 0.21 % which establishes an acceptable tuning method as it does not have major oscillations in the stationary regime that tends to infinity. According to the set point value implemented, the time will change, taking into account that the higher the pressure, the shorter the settling time.

Keywords: Station, Constant Pressure, PLC, PID, SCADA System.

AVAL DE TRADUCCIÓN

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

La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: Almachi Chiguano Jonathan Wladimir y Naranjo Barrera Erick Alexander**, cuyo título versa “ DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA A PRESIÓN CONSTANTE”, lo realizaron baja mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga agosto, 2021

Atentamente,

Mg. Lidia Rebeca Yugla Lema
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS
UTCC.C. 0502652340



**CENTRO
DE IDIOMAS**

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABLAS	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1 EL PROBLEMA.....	2
2.1.1 Situación Problémica.....	3
2.1.2 Formulación del problema.....	3
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.2.1 Objeto de estudio	4
2.2.2 Campo de Acción	4
2.3 BENEFICIARIOS.....	4
2.4 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.....	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7

3.1	ANTECEDENTES	7
3.2	SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA	7
3.3	SISTEMAS A PRESIÓN CONSTANTE	8
3.4	BOMBAS DE AGUA.....	8
3.4.1	Componentes de la bomba.....	9
3.4.2	Altura neta positiva.....	9
3.4.3	Cavitación.....	9
3.5	MOTOR ELÉCTRICO.....	10
3.5.1	Partes de motor	11
3.6	CONTROL DEL SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE VARIADOR DE FRECUENCIA	12
3.7	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	12
3.8	SISTEMAS DE CONTROL.....	13
3.8.1	Control de lazo abierto	14
3.8.2	Control de lazo cerrado.....	14
3.9	MODELO DE ORDEN REDUCIDO POR CURVA DE REACCIÓN	15
3.9.1	Método de Ziegler Nichols	15
3.10	CONTROL PID	15
3.10.1	Acción proporcional (P)	16
3.10.2	Acción integral (I)	16
3.10.3	Acción derivativa (D)	16
3.11	MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL DE PRESIÓN	16
3.12	CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC).....	16
3.13	TRANSMISORES	17
3.13.1	Transmisor de presión	17
3.14	SISTEMA SCADA.....	17
3.14.1	Componentes de un sistema SCADA	18

3.14.1.1 Software.....	18
3.14.1.2 Hardware	19
3.15 MÉTODOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS	20
3.15.1 MySQL.....	20
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	21
4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL MÓDULO	21
4.2.1 Tanques.....	21
4.2.2 Tuberías y accesorios.....	22
4.2.3 Estructura del módulo.....	22
4.3 DESCRIPCIÓN ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA DEL MÓDULO	23
4.3.1 Variador de frecuencia LG iG5A	24
4.3.2 Bomba de agua	26
4.3.3 Transmisor de nivel EARU ELECTRIC	27
4.3.4 Transmisor de Flujo GTLWGY GTI MEASURE.....	28
4.3.5 Transmisor de Presión YD-2088 -6 Bar	29
4.4 SEÑALES ANALÓGICAS	30
4.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC SIEMENS S7 1200	30
4.6. INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA	32
4.7 PROGRAMACIÓN.....	32
4.8 PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	33
4.9 CURVA DE REACCIÓN	35
4.9.1 Función de Transferencia a partir de datos experimentales	35
4.10 MÉTODO DE SINTONÍA LAMBDA.....	36
4.11 MÉTODO DE ZIEGLER NICHOLS.....	36
4.12 RESPUESTAS DE UN SISTEMA DE CONTROL.....	37
4.12.1 Tiempo de establecimiento (ts).....	38

4.12.2 Sobre impulso (%).....	38
4.13 SOFTWARE IGNITION.....	38
4.13.1 Gateway Webpage.....	39
4.14 CAMBIO DE DATOS PLC- IGNITION	39
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
5.1 DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO SISTEMA SCADA	40
5.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	41
5.3 MODELAMIENTO DEL SISTEMA	41
5.3.1 Línea de Tendencia.....	41
5.3.2 Obtención de datos mediante Labview.....	42
5.3.3 Obtención del modelo mediante Matlab.....	42
5.3.4 Comportamiento del sistema con valores de sintonización.....	43
5.3.4.1 Comportamiento del sistema por diferentes métodos de sintonización	43
5.3.4.2 Comparación diferentes métodos de sintonización	44
5.3.4.3 Comparación entre método Lambda Robusto y Lambda Agresivo	45
5.4 ANÁLISIS SISTEMA SCADA SOFTWARE IGNITION	47
5.4.1 Ventana Gráficos	48
5.4.2 Ventana Alarmas	49
5.4.3 Ventana de Reportes.....	50
5.4.4 Ventana Operadores de Control	51
5.5 ANÁLISIS GENERAL DE LA INTERFAZ DEL SCADA	52
6. PRESUPUESTOS Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	53
6.1 PRESUPUESTO.....	53
6.1.1 Gasto directo totales	53
6.1.2 Gastos indirectos.....	53
6.2 ANÁLISIS DEL VAN Y TIR	54
6.3 ANÁLISIS DE IMPACTOS	55

6.3.1 Impacto Práctico	55
6.3.1 Impacto Tecnológico	55
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
Conclusiones.....	56
Recomendaciones	57
8. BIBLIOGRAFÍA	58
9. ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Sistemas de bombeo	8
Figura 3.2 Tipos de bombas	8
Figura 3.3 Partes de la bomba	9
Figura 3.4 Efecto de la cavitación en tuberías	10
Figura 3.5 Efecto de la cavitación en las curvas características de una bomba	10
Figura 3.6 Esquema de conexión estrella de la bomba.....	11
Figura 3.7 Control variador de frecuencia.....	12
Figura 3.8 Diagrama automatización industrial	13
Figura 3.9 Elementos de un Sistema de Control	13
Figura 3.10 Control de lazo abierto	14
Figura 3.11 Sistema de control de lazo cerrado.....	14
Figura 3.12 Método Ziegler Nichols – Curva de Reacción.....	15
Figura 3.13 Estructura de un PLC	17
Figura 3.14 Ventajas del sistema SCADA	18
Figura 3.15 Funciones principales MTU	19
Figura 4.1 Modelo estructural del modulo	23
Figura 4.2 Análisis estructural del módulo.....	23
Figura 4.3 Variador LG iG5A	24
Figura 4.4 Conexiones de los bornes de entrada/salida.....	26
Figura 4.5 Diagrama del transmisor de nivel EARUELECTRIC	28
Figura 4.6 Diagrama del transmisor de flujo GTLWGY GTIMEASURE.....	28
Figura 4.7 Diagrama de bloques de retroalimentación de presión lazo cerrado.....	29
Figura 4.8 Diagrama del transmisor de presión.....	30
Figura 4.9 Características del PLC	31
Figura 4.10 Canal de entradas analógicas IW64	31
Figura 4.11 Diagrama de flujo de la estación de bombeo de agua a presión constante	33

Figura 4.12 Normalizado y escalado del Transmisor	33
Figura 4.13 Normalizado y Escalado del Actuador.....	34
Figura 4.14 PID Compact.....	34
Figura 4.15 Metodología Curva de Reacción	35
Figura 4.16 Respuestas del Sistema de Control	37
Figura 4.17 Tiempo Transitorio y Estacionario.....	37
Figura 4.18 Características Ignition.....	38
Figura 4.19 Pasos para ingresar al Gateway Webpage.....	39
Figura 5.1 Estación de Bombeo de agua a presión constante.....	40
Figura 5.2 Línea de tendencia Presión (kPa) - Variador (Hz).....	41
Figura 5.3 Curva de Accionamiento.....	42
Figura 5.4 Curva Comparación de Métodos.....	44
Figura 5.5 Curva Comparativa Lambda Robusto y Agresivo	45
Figura 5.6 Interfaz HMI Desarrollo de un Scada para una Estación de Bombeo de Agua a Presión Constante	47
Figura 5.7 Ventana Gráficos Ignition	48
Figura 5.8 Ventana de Alarmas	49
Figura 5.9 Ventana de Reportes	50
Figura 5.10 Ventana Operadores de Control	51
Figura 5.11 Ventana Parámetros PID	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Áreas del conocimiento	4
Tabla 2.2 Sistema de tareas	6
Tabla 4.1 Características de los tanques	21
Tabla 4.2 Características de la estructura del módulo	22
Tabla 4.3 Características del acero ASTM A36	22
Tabla 4.4 Características del variador de frecuencia LG iG5A	24
Tabla 4.5 Características de las teclas de mando	24
Tabla 4.6 Desplazamiento entre grupos	25
Tabla 4.7 Grupo de accionamiento de la entrada de 4 a 20 mA	25
Tabla 4.8 Características de la bomba	27
Tabla 4.9 Características del transmisor de nivel EARUELECTRIC	27
Tabla 4.10 Características del transmisor de flujo GTLWGY GTI MEASURE	28
Tabla 4.11 Características del transmisor de nivel	29
Tabla 4.12 Características del PLC	31
Tabla 4.13 Características de pantalla HMI	32
Tabla 4.14 Método de sintonía Lambda	36
Tabla 4.15 Método de Ziegler Nichols	36
Tabla 4.16 Programación Variables Ignition	39
Tabla 5.1 Constantes modelo Primer Orden con Tiempo Muerto	43
Tabla 5.2 Constantes para diferentes métodos	43
Tabla 5.3 Análisis de Métodos PID	44
Tabla 5.4 Set Point Métodos Lambda Robusto y Agresivo	46
Tabla 5.5 Diferencia de Tiempo de Establecimiento	46
Tabla 5.6 Gastos directos totales	53
Tabla 5.7 Gastos indirectos totales	54
Tabla 5.8 Cálculo VAN Y TIR	54

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Desarrollo de un sistema SCADA para una estación de bombeo de agua a presión constante

Tipo de Proyecto: Proyecto Tecnológico

Fecha de inicio: 05 abril de 2021

Fecha de finalización: 09 agosto de 2021

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi Sede la Matriz – Laboratorio de Investigación de Automatización y Control de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Electromecánica

Equipo de Trabajo:

Tutor

Nombres: Luigi Orlando

Apellidos: Freire Martínez

Cédula de identidad: 050252958-9

Email: luigi.freire@utc.edu.ec

Ponente 1

Nombres: Jonathan Wladimir

Apellidos: Almachi Chiguano

Cédula de identidad: 050229032-3

Email: jonathanalmachi0323@utc.edu.ec

Ponente 2

Nombres: Erick Alexander

Apellidos: Naranjo Barrera

Cédula de identidad: 180503727-0

Email: ericknaranjo7270@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Según la UNESCO [1], el proyecto se encuentra en el área de conocimiento:

07: Ingeniería, Industria y Construcción

071: Ingeniería y Procesos Afines

0714: Electrónica y Automatización

Línea de investigación:

De acuerdo a lo establecido por el Departamento de Investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi:

Línea 4: Procesos industriales.

Sublíneas de investigación: Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos

2. INTRODUCCIÓN

2.1 EL PROBLEMA

En el Ecuador y la región existe una gran demanda por la búsqueda de nuevas tecnologías, innovación e incorporación de procesos y productos sumada a la necesidad del sector industrial por estar a la vanguardia y al pie de las mismas, años antes los sistemas SCADA se encontraban en grandes industrias como en las de generación de energía, petroleras por nombrar algunas; actualmente desde la pequeña y mediana industria se tiene la necesidad de incorporar un sistema SCADA a su proceso por las facilidades que estos brindan por el manejo a distancia y control remoto de procesos, gracias a la adquisición de datos que estos implementan se puede realizar un pronóstico a corto y largo plazo para tomar decisiones en cuanto a producción y recursos.

Teniendo en cuenta que el problema de la industria es la constante innovación, se propone este proyecto de titulación para los estudiantes de Ingeniería Electromecánica, mediante la creación de una estación de bombeo de agua a presión constante conociendo que en la industria existe un sin número de aplicaciones que deben mantener su proceso a cierta presión para cumplir con su producción.

En donde la falta de destrezas de manejo prácticas e implementación de sistemas SCADA es un problema al no saber aplicar un sistema de control óptimo con el cual el proceso se realice de una manera eficiente mediante protocolos de comunicación y el manejo de adquisición de datos el cual permita solucionar de manera inmediata un problema en la línea de tiempo de producción por parte de quien maneje los sistemas SCADA.

2.1.1 Situación Problemática

Según [2] manifiesta que los sistemas de control se encuentran en la más mínima aplicación hasta grandes industrias realizando procesos mucho más complejos aplicados en varios campos como la economía, biología, aeronáutica, etc. Siendo de suma importancia la aplicación del mejor método de control para que un sistema SCADA mediante la interfaz de software y hardware logre supervisar y controlar el proceso industrial.

Siendo un sistema SCADA la agrupación de aplicaciones de software, que se encuentran proyectadas para el funcionamiento en computadoras de control de producción, con disposición a la planta por medio de la comunicación con actuadores, instrumentos e interfaces gráficas de alto nivel para el operador logre la comprobación del proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador, que es establecida por el usuario.

Los sistemas SCADA equiparan el control y la observación de sistemas como, por ejemplo, sistemas de transferencia y reparto de energía eléctrica, oleoductos, sistemas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de distribución de agua, etc. En cuanto a esta última, al controlar el sistema de presión del agua, la velocidad proporciona los medios más eficientes y rentables para regular el caudal del agua, ahorrando energía y costos. Esto es claro en la regulación de la bomba, debido a que funcionan únicamente a las necesidades del usuario y a un consumo de potencia variable, de la misma manera, al evitar los picos de presión, está obliga que las tuberías del suministro de agua reduzcan el riesgo de rotura y cortes en las mismas.

2.1.2 Formulación del problema

La falta de un sistema SCADA para realizar prácticas en una estación de bombeo de agua a presión constante limita la obtención de datos en tiempo real de los procesos industriales.

2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1 Objeto de estudio

Sistema SCADA para una estación de bombeo de agua a presión constante.

2.2.2 Campo de Acción

El campo de acción según la norma CINE - UNESCO [1]:

Tabla 2.1 Áreas del conocimiento

Campo Amplio	Campos específicos	Campo detallado
330000 Ciencias Tecnológicas	3304 Tecnología de los ordenadores	3304.04 Unidades Centrales de Proceso 3304.12 Dispositivos de Control
	3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas	3306.02 Aplicaciones Eléctricas
	3311 Tecnología de la instrumentación	3311.05 Equipos Eléctricos de Control 33.11.06 Instrumentos Eléctricos 3311.25 Bombas y Equipos para manipulación de líquidos.

2.3 BENEFICIARIOS

Directos: Estudiantes de la Facultad de Ingeniería

Indirectos: Industrias Ecuatorianas que necesiten automatizar su proceso

2.4 JUSTIFICACIÓN

Los sistemas SCADA se han posicionado como un aporte indispensable para el sector industrial, debido a sus múltiples prestaciones, con las que posibilita una mayor flexibilidad y facilidad en la realización de una serie de funciones con mayor velocidad de procesamiento, de modo que mejora el funcionamiento de un proceso en general.

El tema que convoca esta investigación es el desarrollo de un sistema SCADA para una estación de bombeo de agua a presión constante, donde se podrá visualizar el proceso industrial por medio de interfaces gráficas HMI, su implementación permitirá un aporte tecnológico en beneficio de las futuras generaciones de estudiantes que se incentiven por aprender la automatización de procesos industriales, siendo una herramienta que les permitirá realizar aplicaciones de supervisión y control, de manera que la utilización de la misma complementa su formación académica, tanto en el desarrollo de sus conocimientos como en la de sus destrezas.

Cabe recalcar que al momento en que se realiza este trabajo de titulación únicamente hay existencia de módulos didácticos de entrenamiento orientados al control de variables como Nivel y Caudal, por lo que se ha decidido implementar en este proyecto de titulación una nueva variable de estudio la cual consta de un transmisor de presión de 4 a 20 miliamperios (mA) adecuado a una nueva estación de entrenamiento enfocado a varios estudios de control de variables analógicas, con lo que se espera que los estudiantes pasen del punto de vista teórico al punto de vista práctico.

La investigación se basa en la aplicación del método descriptivo que utiliza modalidades diferentes para describir tópicos distintos como estructura, instrumentación de sensores, sistemas de control, monitorización de un proceso.

2.5 HIPÓTESIS

¿El desarrollo de un SCADA permitirá realizar prácticas en una estación de bombeo de agua a presión constante obteniendo datos en tiempo real de manera local y remota?

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General

Diseñar un sistema SCADA para una estación de bombeo de agua a presión constante para el laboratorio de Automatización y Control.

2.6.2 Específicos

- Investigar en diversas fuentes bibliográficas sobre la implementación de módulos didácticos de agua a presión constante y los diferentes tipos de sintonía para controladores PID.
- Diseñar la estación de bombeo de agua a presión constante e implementar todos los componentes para su construcción.

- Implementar un SCADA que integre una estación de supervisión y control tanto local como remoto con un sistema de comunicación TCP/IP para simular el control y monitoreo de los procesos de la estación de bombeo de agua.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Teniendo en cuenta de que las actividades, resultados esperados, técnicas, medios e instrumentos deben relacionarse con cada objetivo para su cumplimiento, se tiene:

Tabla 2.2 Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar en diversas fuentes bibliográficas sobre la implementación de módulos didácticos de agua a presión constante y los diferentes tipos de sintonía para controladores PID.	Recopilación de información para el diseño estructural del módulo y análisis de diversos métodos de sintonía.	Aceptación del diseño para su posterior construcción.	Fuentes bibliográficas, artículos científicos
Diseñar la estación de bombeo de agua a presión constante e implementar todos los componentes para su construcción.	Simular el grado de seguridad que tendrá el módulo para el correcto montaje de instrumentos electrónicos e hidráulicos para su final funcionamiento mediante métodos de sintonía.	Equipos y materiales montados en el módulo funcionando con un PID óptimo para el proceso.	Transmisores de Nivel, Flujo y Presión Software de Simulación CAD, Labview, Matlab, Tia Portal
Implementar un SCADA que integre una estación de supervisión y control tanto local como remoto con un sistema de comunicación TCP/IP para simular el control y monitoreo de los procesos de la estación de bombeo de agua.	Establecer los protocolos de comunicación TCP/IP de los elementos a utilizar. Adaptar y programar el SCADA implementando todos los elementos que tiene el módulo. Verificar la adquisición de datos del control y monitoreo del módulo.	Correcta comunicación entre PLC, KTP y Software Ignition Verificación del correcto funcionamiento del SCADA con todos los parámetros seleccionados.	Instrumentos de comunicación Ethernet Estación de Supervisión y Control (PC)

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

Una variable que está presente con fuerza en la industria son los fluidos ya sean estos agua, combustibles, aceites por nombrar algunos, mismos que se encuentran de forma directa o indirecta en los procesos que cumplen las diferentes plantas existentes, esto conlleva a tener un sistema de control en las cuales se requiera manejar variables, no sólo de presión sino también caudal, nivel, temperatura entre otros, pero todo esto se complementa con la implementación de sistema SCADA, el mismo que aplicado de una manera correcta genera beneficios para la empresa abaratando costos de producción y eficiencia energética.

A continuación, se cita algunos trabajos realizados en sistemas de control de presión y variables como caudal y nivel comandados por sistemas SCADA:

“Diseño y construcción de un módulo didáctico con el PLC S7-1200 para la simulación de variación de presión de un fluido” [3], manifiesta que la implementación del módulo está destinado para que los estudiantes se puedan capacitar adquiriendo destrezas de programación para la simulación de diferentes variables teniendo en cuenta la construcción.

“PI and PID Controller Tuning Tool Based on the Lambda Method” [4], manifiesta que la mayoría de las líneas de producción en su totalidad son controladas por los controladores lógicos programables que permiten al usuario crear un sistema simple de control, así como estructuras más complejas.

“Implementación de un sistema SCADA mediante el software Intouch para el control y visualización de procesos” [5], manifiesta que los sistemas SCADA son necesarios para el sector industrial gracias a sus múltiples beneficios entre ellas la elaboración de interfaces hombre máquina que con su funcionamiento se puede comandar un proceso en general.

Las fuentes citadas concluyen que los sistemas SCADA son necesarios en la industria por su versatilidad y alcance que tiene con la implementación de módulos de entrenamiento en los cuales se pueda sintonizar variables de presión, caudal que son necesarias para complementar la parte de automatización en una industria.

3.2 SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA

Los sistemas de bombeo son un conjunto de estructuras de tuberías, válvulas y equipos de control siendo la bomba el principal complemento que permite mover el fluido en determinada dirección impulsando a un tanque de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

3.3 SISTEMAS A PRESIÓN CONSTANTE

El sistema de presión constante depende directamente de un sensor que es acoplado a la tubería del sistema el cual manda una señal analógica que con un sistema de control permite la regulación constante de la velocidad que brinda la bomba al sistema.

El mejor aprovechamiento que se le da a los sistemas de presión constante es la demanda en un tiempo en el cual se encuentra variante siendo ayudado por el sensor de manera que aumente o disminuya el flujo o caudal del fluido.

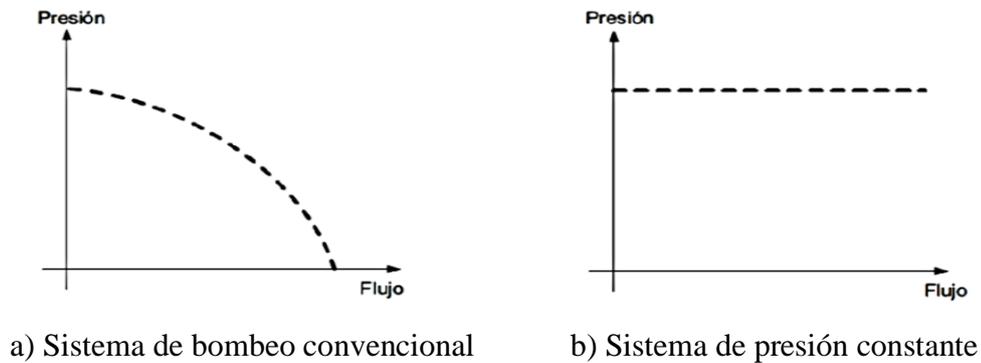


Figura 3.1 Sistemas de bombeo

Fuente: [6]

3.4 BOMBAS DE AGUA

Una bomba de agua transforma la energía mecánica en energía potencial del fluido que se mueve dependiendo de la aplicación que se le y el fluido, se selecciona el tipo de bomba de acuerdo a los criterios de uso que se le va a dar, en el caso de esta investigación se trata de que el fluido trabaje a presión constante por lo que se utilizara una bomba centrífuga.

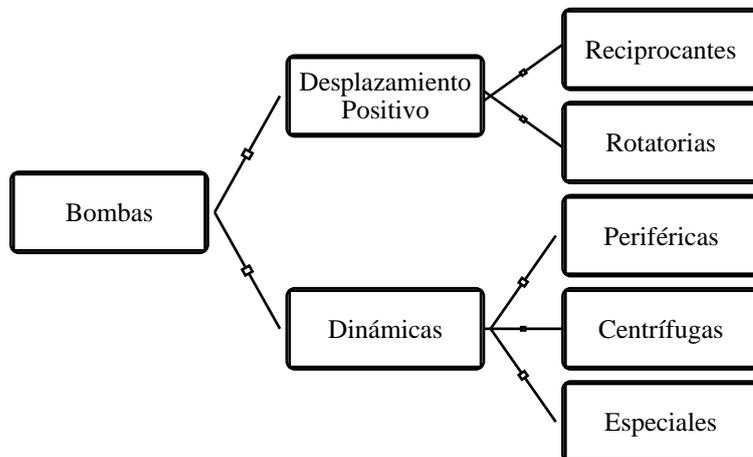


Figura 3.2 Tipos de bombas

Por la tecnología y funcionamiento de la bomba de agua, la densidad del fluido no varía durante su proceso.

3.4.1 Componentes de la bomba

- **Chasis:** De acero inoxidable y hierro fundido, recubre toda la composición de la bomba.
- **Rodete o Impulsor:** La función que cumplen es la de bombear agua hacia el sistema.
- **Sello Mecánico:** Combinado por cerámica y carbón, el bombeo de agua se encarga de lubricar el sello.
- **Eje impulsor:** Acople entre la bomba y el motor sobre los rodamientos del motor.

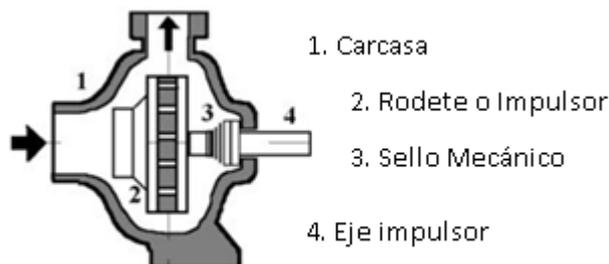


Figura 3.3 Partes de la bomba

Fuente: [7]

3.4.2 Altura neta positiva

El NPSH es aquella presión necesaria sobre la presión de vapor fluido que se requiere para que el sistema trabaje de una manera correcta evitando de esta manera el fenómeno de la cavitación.

Mediante ensayos el fabricante determina el nivel de presión de succión de la carga positiva neta requerida (NPSHR) por otro lado en condiciones de operación se obtiene la carga de succión disponible, está deber ser siempre mayor que la requerida.

$$NPSHD > NPSHR \tag{3.1}$$

3.4.3 Cavitación

Cuando la presión del fluido baja hasta la presión de saturación, esta genera vapor de agua lo que trae consigo burbujas viajando a través del fluido, el problema se da cuando estas explotan en las zonas donde existe mayor presión causando daños en la red de tubería hidráulica.

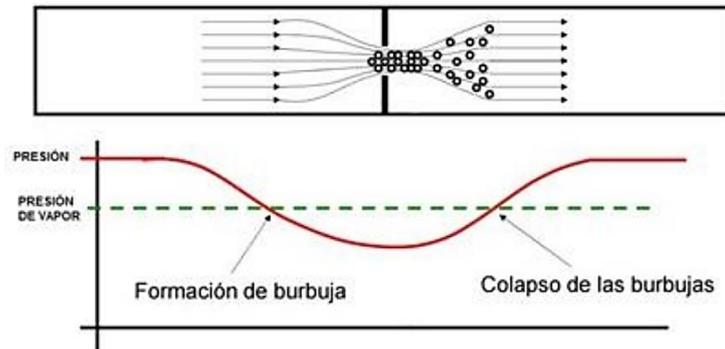


Figura 3.4 Efecto de la cavitación en tuberías

Fuente: [8].

Las bombas de agua funcionan con normalidad cuando la presión absoluta a la entrada del rodete no está por debajo de un determinado valor, caso contrario cuando el líquido a bombear se mueve en una región donde la presión es menor que su presión de vapor se da una vaporización en forma de burbuja, es en este punto cuando se produce el efecto de la cavitación disminuyendo el espacio para el paso del líquido, provocando factores que afectan al sistema de distribución como la disminución del caudal, altura manométrica, y afectado el rendimiento de la bomba [9].

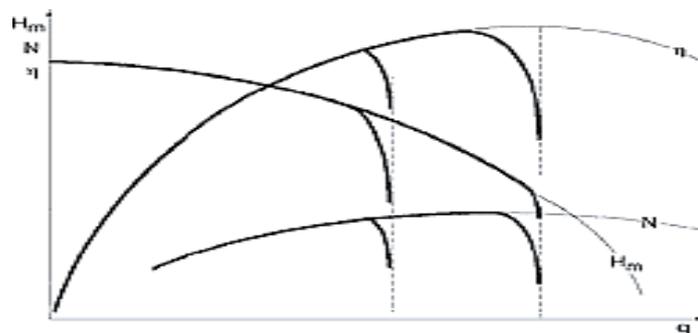


Figura 3.5 Efecto de la cavitación en las curvas características de una bomba

Fuente: [10]

3.5 MOTOR ELÉCTRICO

Realiza la conversión de la energía eléctrica en mecánica, son los más usados por las ventajas que tiene, su principal es el bajo costo y la facilidad de transporte en las bombas de agua.

Trabajan en una frecuencia de 50/60 Hz mediante tensión monofásica o trifásica que utilizan motores de una energía de corriente alterna.

3.5.1 Partes de motor

- **Eje rotor:** Transmite la potencia mecánica desarrollada por el motor.
- **Estator:** Construido en hierro fundido o aluminio, es la carcasa que recubre al conjunto.
- **Ventilador:** Garantiza la refrigeración, es una turbina acoplada al eje del rotor.
- **Caja de conexión:** Se sitúan las conexiones de los distintos bornes.
- **Rodamientos:** El eje rotor del motor está sobre los rodamientos en cada extremo.
Tienen una vida útil de 20.000 horas de trabajo.

La velocidad del motor se la determina con la siguiente fórmula

$$N = \frac{120 * f}{p} * \text{rpm} \tag{3.2}$$

Donde:

N = Velocidad del motor

p = número de polos del motor

rpm = revoluciones por minuto

f = frecuencia de la alimentación

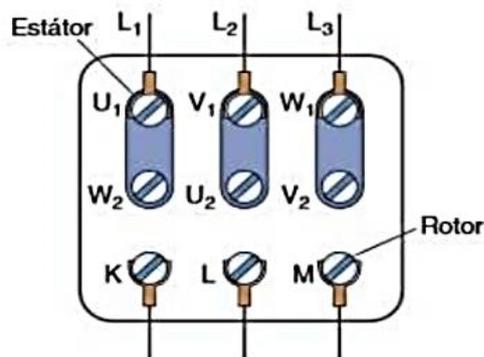


Figura 3.6 Esquema de conexión estrella de la bomba

Fuente: [11]

3.6 CONTROL DEL SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE VARIADOR DE FRECUENCIA

La cantidad del flujo es controlada de acuerdo a la velocidad del motor en función de la demanda dispuesta por el sistema.

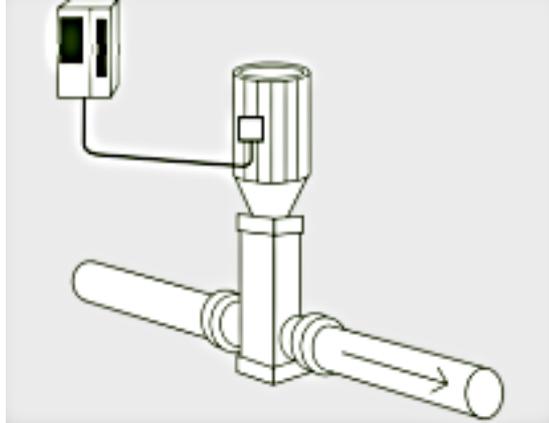


Figura 3.7 Control variador de frecuencia

Fuente: [12][13]

3.7 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

En la actualidad la automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo a una herramienta indispensable para el mercado por varios factores como el aumentar la calidad del producto final, realizar tareas en un tiempo real reduciendo tiempos de producción aumentando la rentabilidad de la industria [14].

Según [14] afirma que la automatización industrial se da en el uso de componentes y sistemas comandados por controladores (maquinarias) o procesos industriales disminuyendo el contacto de operarios humanos

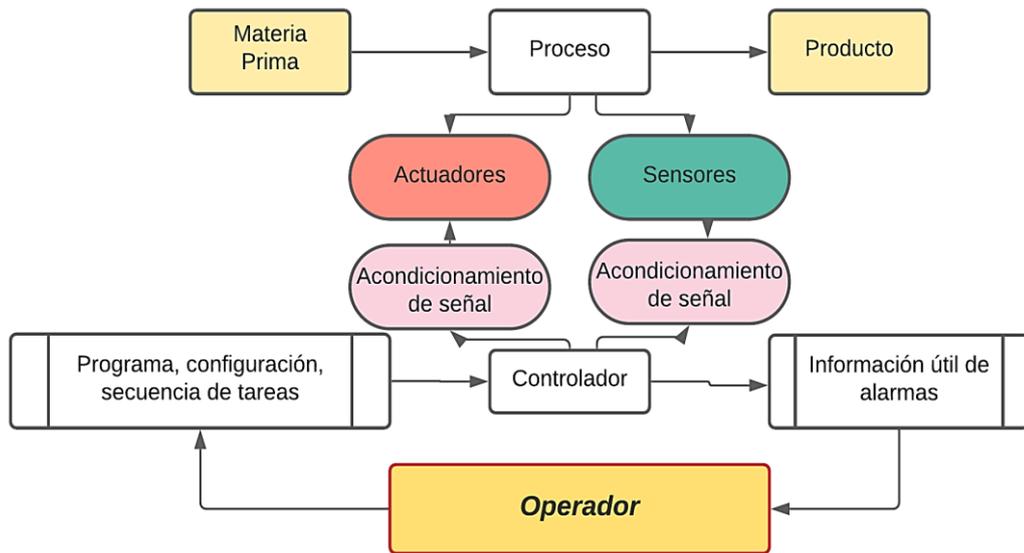


Figura 3.8 Diagrama automatización industrial

3.8 SISTEMAS DE CONTROL

Según [15] manifiesta que el objetivo principal de un sistema de control es, a partir de un estudio de un cualquier proceso, determinar la arquitectura y los valores de los parámetros de un regulador de forma que, ante un cambio deseado o imprevisto de su funcionamiento, sea capaz de adaptarse automáticamente de la forma más adecuada posible.

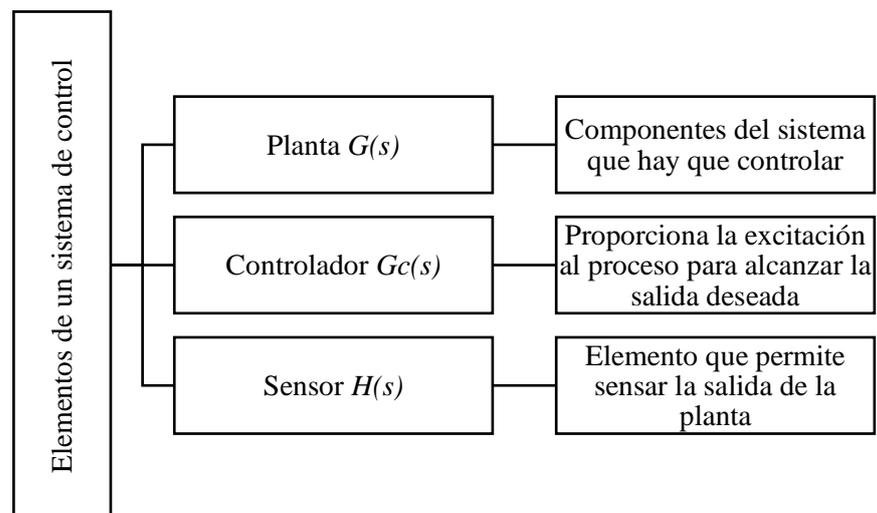


Figura 3.9 Elementos de un Sistema de Control

3.8.1 Control de lazo abierto

En un control de lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada de este modo cuando existe perturbaciones que afectan el nivel de referencia el sistema no toma ninguna acción.

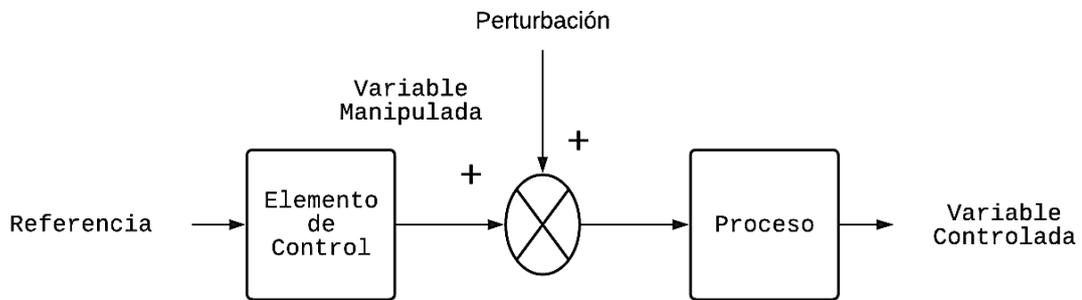


Figura 3.10 Control de lazo abierto

3.8.2 Control de lazo cerrado

En un control de lazo cerrado el controlador se alimenta de la señal de error alimentado esa señal de error a una trayectoria de realimentación, si en el sistema existiera diferencia el sistema acciona la planta por medio de una señal de actuación para terminar realizando la corrección [16].

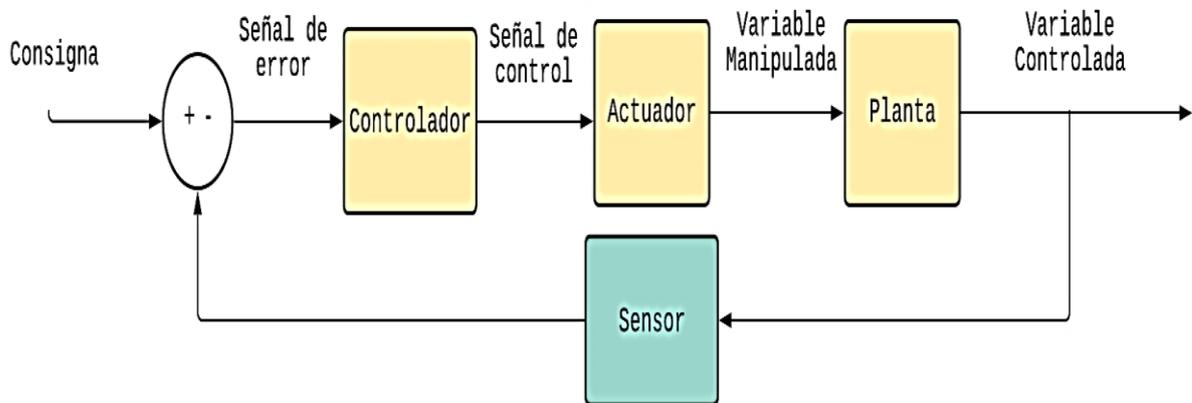


Figura 3.11 Sistema de control de lazo cerrado

Fuente: [15]

3.9 MODELO DE ORDEN REDUCIDO POR CURVA DE REACCIÓN

Implementando un escalón a la entrada del sistema se pueden obtener las variables de ganancia, constante de proporcionalidad y tiempo muerto mediante un estudio dinámico del proceso en lazo abierto.[17]

3.9.1 Método de Ziegler Nichols

Se aplica el estudio de punto de inflexión al trazar una línea tangente a la curva de reacción tratando de obtener los valores de tiempo muerto, constante de proporcionalidad y ganancia como se observa en la figura 3.12 [18].

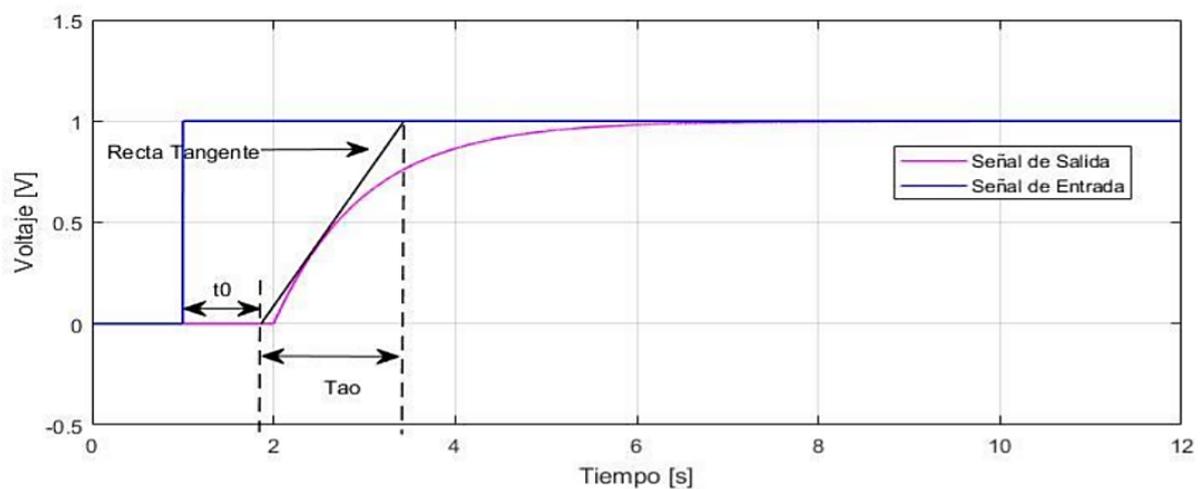


Figura 3.12 Método Ziegler Nichols – Curva de Reacción

Fuente: [18]

3.10 CONTROL PID

Su función se basa en un lazo de retroalimentación mediante el que se regulan variables como la velocidad, temperatura, presión, flujo entre otras. El principio de funcionamiento PID es la de calcular la diferencia existente entre la variable real contra la variable deseada, en los sistemas de bombeo, es de interés mantener la presión constante por lo que el control PID mide la diferencia de la presión en la tubería y la presión requerida actuando sobre la velocidad del motor para que pueda tener la presión deseada, ya sea aumentando o disminuyendo las rpm [19].

El PID consta de tres parámetros fundamentales:

3.10.1 Acción proporcional (P)

Mide la diferencia entre el valor establecido con el valor deseado (set point) y aplica un cambio.

3.10.2 Acción integral (I)

Acumula a lo largo del tiempo el error de regulación para llevar a cabo la acción correctiva.

3.10.3 Acción derivativa (D)

En base al error actúa de manera predictiva mediante la velocidad que genera este cambio corrigiendo este error antes de la magnitud crezca de una manera significativa.

Estos tres parámetros sintonizados de manera ideal ayudan a controlar de manera efectiva cualquier variable, caso contrario el sistema queda inestable causando daños en la bomba [19].

3.11 MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL DE PRESIÓN

Un módulo didáctico posibilita la investigación en el control de varios procesos continuos, como es la presión, donde se garantiza las condiciones de operaciones seguras. Todo recipiente o conducto posee una presión máxima y el hecho de sobrepasarla provoca el aislamiento del equipo y al mismo tiempo pone en situación de peligro al grupo de personas que trabajan en el proyecto.

Sobrepasar el valor de presión está determinado por varios factores, no obstante, los principales son los fluidos inflamables y corrosivos. En este mismo sentido, el control y la medición con exactitud para la presión juegan un papel importante para resguardar la seguridad tanto de la planta industrial como del personal [20].

3.12 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)

Un controlador lógico programable es un instrumento electrónico que se utiliza en el manejo de procesos industriales para almacenar instrucciones sobre la ejecución de determinadas funciones sobre los diversos tipos de máquinas y procesos. Las instrucciones dadas son actividades mediante sensores, selectores, y otras señales de entrada.

Al ser los PLCs en su mayoría hechos con una estructura robusta cuentan con un lenguaje de programación sencilla donde pueden adaptarse y soportar condiciones extremas como calor, frío, humedad, polvo, etc. En la actualidad sus funciones son varias, pero las más relevantes son el manejo de archivos, lazos PID y flujos de programas.

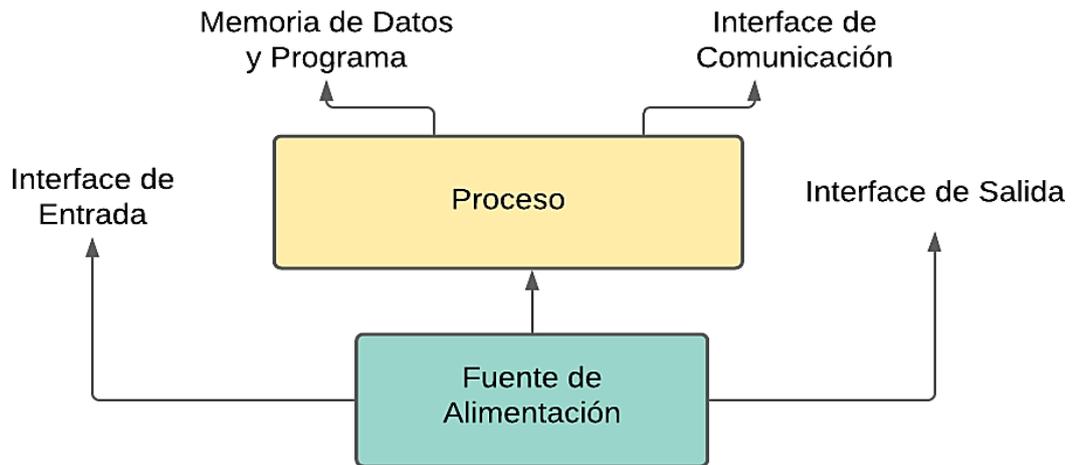


Figura 3.13 Estructura de un PLC

3.13 TRANSMISORES

El transmisor es un dispositivo que permite medir una propiedad física que la convierte en una señal eléctrica para transmitirla a distancia, a nivel industrial las señales están normalizadas de 4 a 20 miliAmperios (mA) existiendo transmisores para múltiples aplicaciones como presión, temperatura, nivel, caudal.

3.13.1 Transmisor de presión

Es un instrumento en el que determina la presión real aplicada al sensor al utilizar varios principios de funcionamiento, que la convierte en una señal eléctrica, que puede ser analógica de 4-20 miliamperios (mA).

3.14 SISTEMA SCADA

SCADA proviene de las siglas Supervisory, Control and Data Acquisition (Supervisión, control y adquisición de datos).

Funciona como una interfaz entre los niveles de control y los de administración, consiste en una computadora principal, uno o más unidades de control obteniendo datos de campo. Usado para vigilar y controlar de una manera remota.

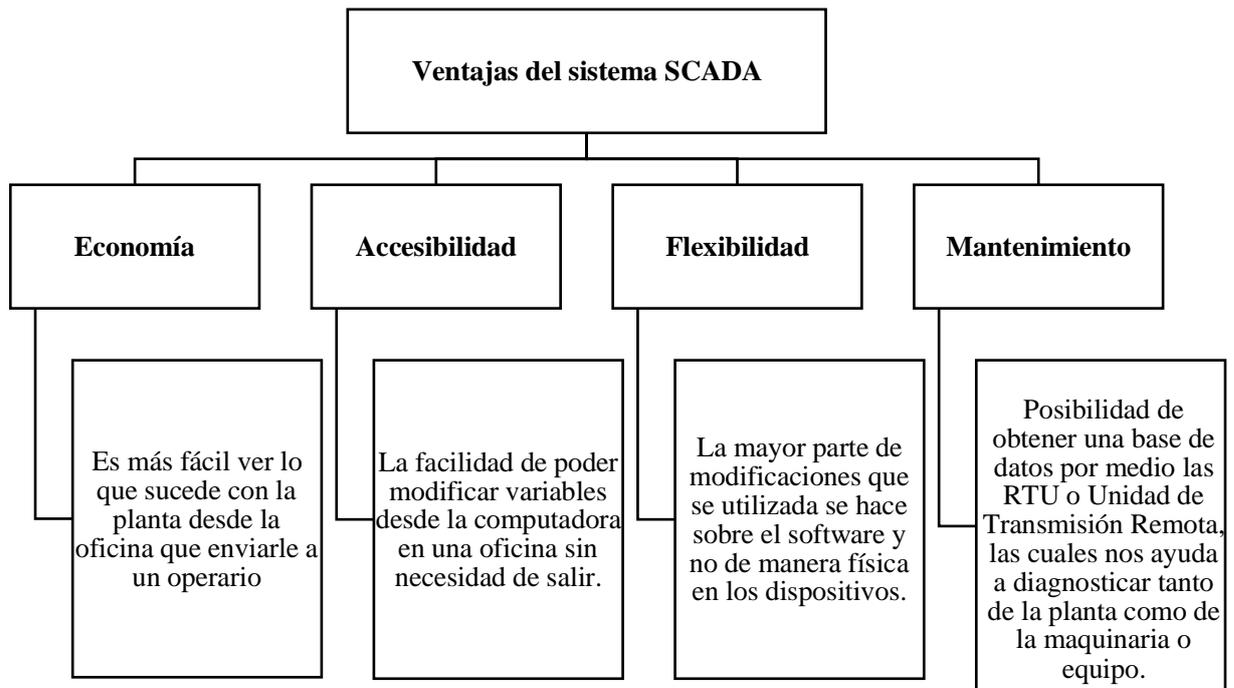


Figura 3.14 Ventajas del sistema SCADA

3.14.1 Componentes de un sistema SCADA

Son aquellos elementos físicos que forman parte de un sistema SCADA y se dividen en dos grupos que son:

- Software
- Hardware

3.14.1.1 Software

Según [5] [21], es un programa ejecutado desde un ordenador el cual ayuda a diseñar una interfaz humano máquina (HMI, Human Machine Interface) que permite la comunicación de dispositivos de control de planta y los niveles de supervisión, en el mercado existe variedad de softwares como Intouch, Labview, Ignition, etc.

Se ocupan de gestionar los enlaces de comunicación y protocolos de comunicación como ethernet.

- **Opc-Ua**

Proporciona una interfaz común para las comunicaciones entre los diferentes productos de distintos proveedores. También llamado “intérprete”. El Opc clásico proporciona las especificaciones estándar para el acceso de datos (DA), el acceso de datos históricos, las

alarmas y los sucesos. es un sistema multiplataforma, es decir no está restringida a funcionar solo en Windows, proporciona un nivel común de comunicación para el intercambio de información [22].

3.14.1.2 Hardware

- **Monitor central o MTU**

El ordenador supervisa y recoge información del sistema, de diversos monitores por la facilidad que tiene sobre estas herramientas. Soportando un HMI el monitor dando paso a los sistemas SCADA los cuales supervisan la estación en su totalidad siendo este un MTU. [24].

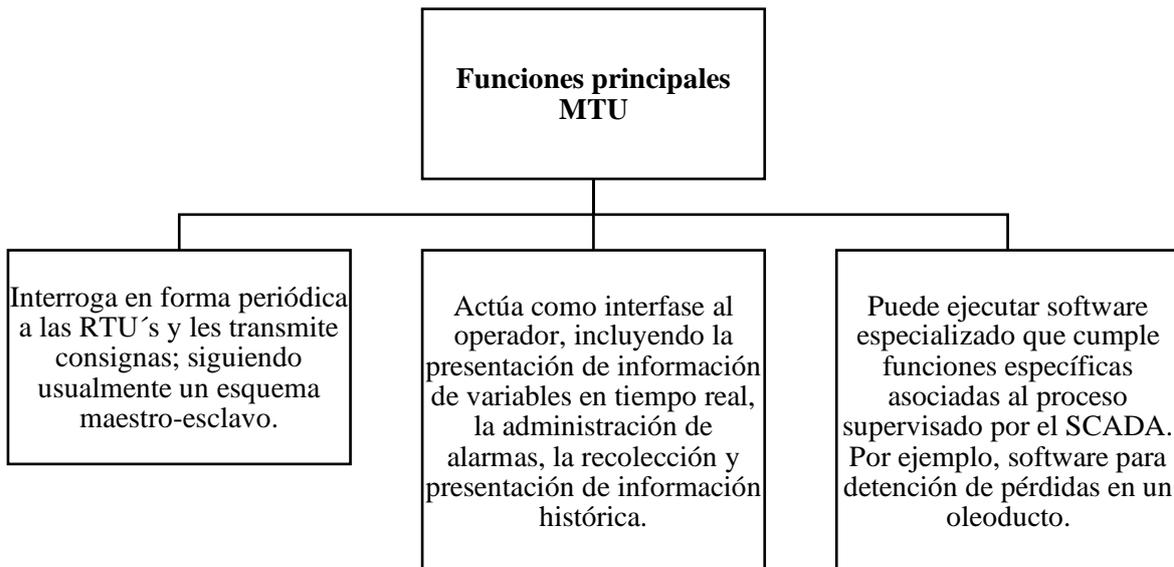


Figura 3.15 Funciones principales MTU

- **Red de comunicación**

Siendo este la parte de la información gestionado el nivel de instrumentos de campo trasladados a una red de monitores desde el sistema. La comunicación es combinada entre software para la implementación de sistemas SCADA implementados sobre sistemas WAN en comunicaciones [24].

- **Instrumentos de Campo**

Permiten realizar automatización y control de sistemas (Actuadores, PLC, controladores lógicos programables en general) encargados de la información del sistema.

Los sistemas SCADA como característica en sus componentes varía dependiendo del fabricante obteniendo diferentes RTU, rúter, software de supervisión e interfaz con el operario, como las pérdidas del sistema [24].

3.15 MÉTODOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La obtención de datos empieza con las RTU y los PLC, que se imparte con componentes de planta como son los sensores y máquinas. Por medio de los componentes se recopila la información por medio de una sala de control, realizando un control por parte de los operadores a la parte de las RTU y PLC [25].

3.15.1 MySQL

MySQL se encarga de gestionar bases de datos mediante código abierto, con múltiples plataformas de acceso como Windows, Linux y Mac, el diseño y programación es en SQL.

Es la base de datos de código libre más popular, posiblemente la mejor del mundo [26].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se basa en un estudio de tipo descriptivo al obtener un conocimiento en la recopilación de información mediante la cual se puede dar a conocer todas las especificaciones técnicas de cada elemento a utilizar desde la etapa de construcción pasando por la etapa de control terminando en la etapa de automatización en la cual se desarrolla el sistema SCADA.

4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL MÓDULO

4.2.1 Tanques

Los tanques toman forma de paralelogramo el cual permite almacenar el líquido de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$V = L1 * L2 * H \quad (4.1)$$

Donde:

V: volumen (m³)

L1: largo del tanque (m)

L2: ancho del tanque (m)

H: altura del tanque (m)

En la tabla 4.1 se presentan las características que tienen los tanques:

Tabla 4.1 Características de los tanques

Características		Medidas tanque principal	Medidas de tanque de reserva
Forma	Paralelogramo	L1 = 0,25 L2 = 0,25 H = 0,97	L1 = 1,20 L2 = 0,40 H = 0,20
Material	Policarbonato acrílico		

- **Cantidad de almacenamiento tanque principal**

$$V = L1 * L2 * H$$

$$V = 0,25m * 0,25m * 0,97m$$

$$V = 0,060625m^3$$

Almacenando 60,63 litros de agua

- **Cantidad de almacenamiento tanque de reserva**

$$V = L1. L2. H$$

$$V = 1,20m * 0,40m * 0,20m$$

$$V = 0,096m^3$$

Almacenando 96 litros de agua

4.2.2 Tuberías y accesorios

Los factores deben soportar la tubería y accesorios (codos, uniones, T, neplos) son: resistencia a la presión de agua, fácil maniobrabilidad.

Por lo que se utilizará una tubería roscada de PVC de 1 pulgada con una soportabilidad de 320 psi.

4.2.3 Estructura del módulo

El peso que deberá soportar la estructura es del líquido a transportar, elementos de control y tablero de conexiones, en la tabla 4.2 se indica las características de la estructura del módulo.

Tabla 4.2 Características de la estructura del módulo

Características de la estructura del módulo	
Tubo cuadrado	50*25*1,5 mm
Tubo cuadrado (panel)	25*25*1,5
Tol	2 mm
Ruedas	80 k/N

La estructura se realizará en acero ASTM A36 (Norma ASTM A36) que es un acero estructural suave con un máximo de 0.29% de carbono dando la característica que sea de fácil soldabilidad.

Tabla 4.3 Características del acero ASTM A36

Nombre	Acero, suave	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Nombre de la pieza	Estructura	

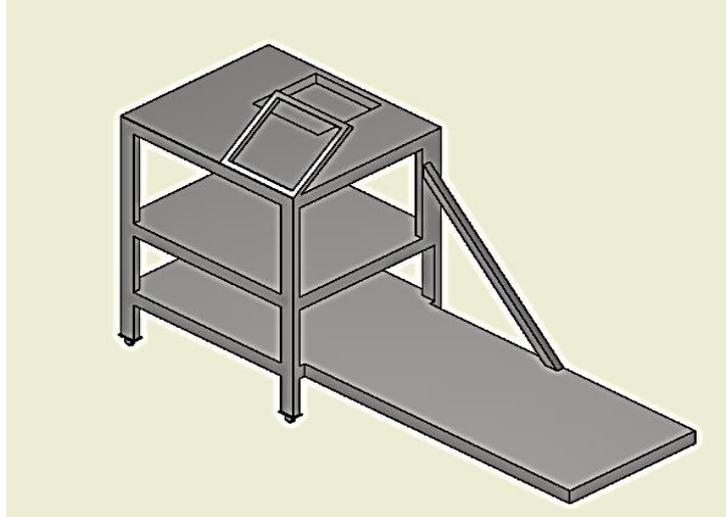


Figura 4.1 Modelo estructural del modulo

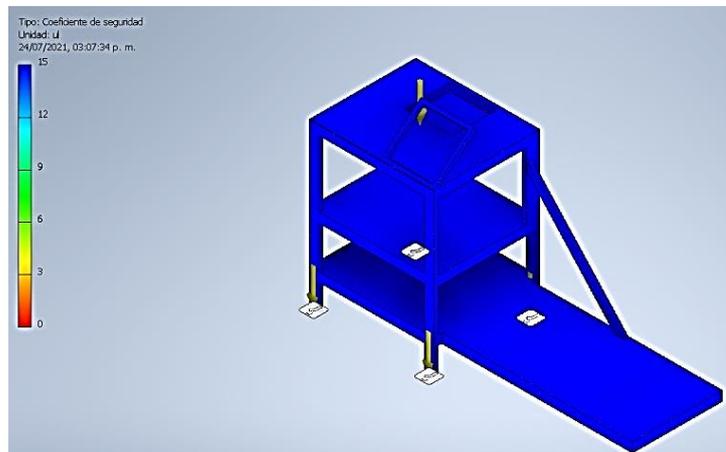


Figura 4.2 Análisis estructural del módulo

4.3 DESCRIPCIÓN ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA DEL MÓDULO

El módulo está compuesto por los siguientes elementos:

- Variador de frecuencia LG iG5A
- Bomba de agua
- Transmisor de nivel
- Transmisor de flujo
- Transmisor de presión

4.3.1 Variador de frecuencia LG iG5A



Figura 4.3 Variador LG iG5A

Fuente: [25]

Las características del variador de frecuencia se detallan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Características del variador de frecuencia LG iG5A

Características del variador de frecuencia	
Tipo	iG5A
Entradas/ Salidas analógicas	0 – 10 V, 4 – 20 mA
Voltaje	200 – 230 V
Potencia	3 KVA
Frecuencia	50/60 Hz

Las características del teclado se detallan en la tabla 4.5

Tabla 4.5 Características de las teclas de mando

Teclas		
	RUN	Permite dar orden de puesta en marcha
	STOP/RESET	STOP: Detener el funcionamiento RESET: Reposición cuando se produce un fallo
▲	Subir	Desplazarse por los códigos o aumentar el valor de un parámetro
▼	Bajar	Desplazarse por los códigos o reducir el valor de un parámetro
◀	Izquierda	Saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la izquierda para cambiar el valor de un parámetro
▶	Derecha	Saltar a otros grupos de parámetros mover el cursor a la derecha para cambiar el valor de un parámetro
●	Tecla ENT	Introduce el valor de los parámetros o guarda los valores de los parámetros modificados

El desplazamiento entre grupos se detalla en la tabla 4.6

Tabla 4.6 Desplazamiento entre grupos

Desplazamiento entre grupos		
1		Se visualiza el primer código en el grupo de accionamiento “0.00” cuando se conecte la alimentación de CA. Pulse la tecla con la flecha la derecha ► una vez para ir al grupo de funciones 1.
2		Se visualiza el primer código en el grupo de funciones 1 “F 0” Pulse la tecla con la flecha la derecha ► una vez para ir al grupo de funciones 2.
3		Se visualiza el primer código en el grupo de funciones 2 “H 0” Pulse la tecla con la flecha la derecha ► una vez para ir al grupo de funciones.
4		Se visualiza el primer código en el grupo E/S “/ 0” Pulse la tecla con la flecha la derecha ► una vez más para volver al grupo de accionamiento.
5		-Se vuelve al primer código del grupo de accionamiento “0,00”
Si usa la tecla con la flecha a la izquierda ◀ los pasos anteriores se ejecutarán en el orden inverso.		

Fuente: [11]

Para definir la entrada de 4 a 20 mA se indica en la tabla 4.7

Tabla 4.7 Grupo de accionamiento de la entrada de 4 a 20 mA

Grupo	Código	Nombre del Parámetro	Definición	Rango	Inicial
Grupo de accionamiento	0.00	[Comando frecuencia]	-	0-400	0.00
	Frq	[Modo de frecuencia]	3	0-8	0
Grupo E/S	111	[Constante temporal de filtro para la entrada 1]	10	0-99	10
	112	[Corriente mínima de entrada 1]	-	0.20	4
	113	[Frecuencia correspondiente a 112]	-	0.400	0.00
	114	Corriente máxima de entrada 1	-	0-20	20
	115	Frecuencia correspondiente a 114	-	0-400	60.00

Fuente: [11]

Las conexiones de los bornes de entradas/salidas se presentan en la figura 4.4

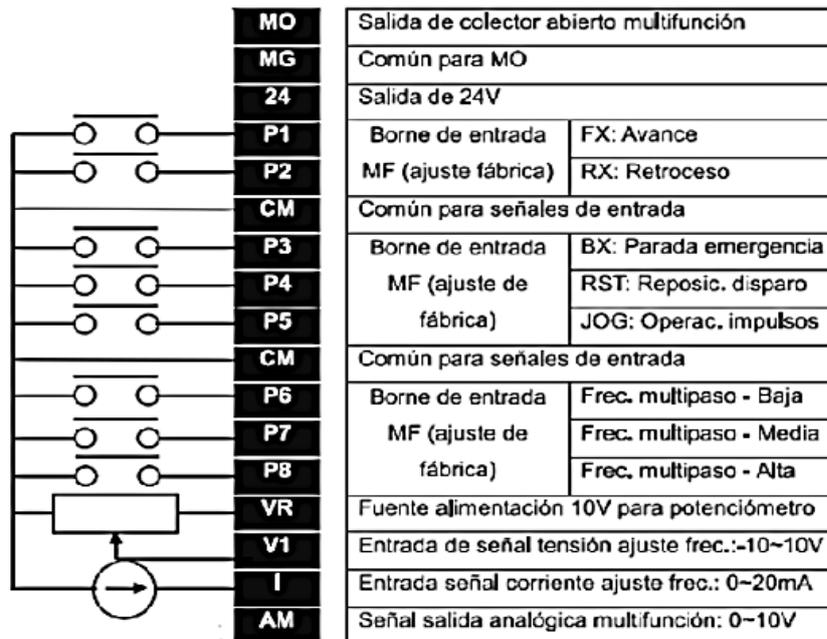


Figura 4.4 Conexiones de los bornes de entrada/salida

Fuente: [26]

4.3.2 Bomba de agua

En el mercado existen variedades de bombas de acuerdo a la aplicación que se le dé, en el caso del proyecto la variable de estudio es la presión que suministra la bomba para lo cual se determina las siguientes características:

- Alimentación trifásica 220 V
- Potencia y flujo que se adapten a los transmisores
- Disponibilidad en el mercado ecuatoriano

Con la ecuación 4.2 se puede determinar la potencia de la bomba que necesita el sistema

$$P = \frac{Q * H * SG}{450} \tag{4.2}$$

Donde:

P: Potencia necesaria (HP)

Q: Caudal (l/min)

H: Altura total de bombeo (m)

SG: Gravedad específica (1)

$$P = \frac{80 \text{ l/min} * 2,5\text{m} * 1}{450}$$

$$P = 0,44 \text{ HP}$$

Las bombas periféricas son adecuadas para trabajar bajo presión, sin embargo, por ser un módulo a pequeña escala la presión no se verá afectada al tener una altura mínima de bombeo de 2,5 metros, por lo que al contar con una bomba centrífuga en posesión se utiliza para la implementación en el módulo, en la tabla 4.8 se presenta los datos del fabricante de la bomba.

Tabla 4.8 Características de la bomba

Características de la bomba	
Tipo/ Marca	Centrifuga/ Rong Long
Flujo	80 l/min
Voltaje Nominal	Trifásica 220 V
Corriente Nominal	7,8 A
Velocidad Nominal	3460 RPM
Potencia	3 HP

4.3.3 Transmisor de nivel EARU ELECTRIC

Las características del transmisor de nivel se especifican en la tabla 4.9

Tabla 4.9 Características del transmisor de nivel EARUELECTRIC

Características del transmisor de nivel	
Tipo	Sumergible
Precisión	0,5 %
Temperatura de trabajo	20 – 80 °C
Señal	4 – 20 mA
Fuente de Alimentación	10 – 30 VDC (estándar 24 VDC)
Rango	1,5 metros
Salidas	Analógicas

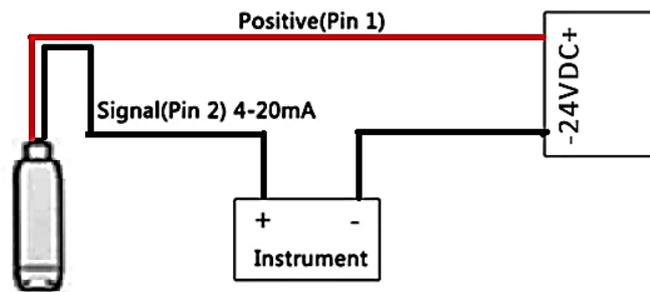


Figura 4.5 Diagrama del transmisor de nivel EARUELECTRIC

4.3.4 Transmisor de Flujo GTLWGY GTI MEASURE

Las características del transmisor de flujo se especifican en la tabla 4.10

Tabla 4.10 Características del transmisor de flujo GTLWGY GTI MEASURE

Características del transmisor de flujo	
Tipo	Turbina
Precisión	$\pm 0,5 \%$
Temperatura	$-100 + 100 \text{ }^\circ\text{C}$
Tipo de acoplamiento	Macho BSPT Rosca 1"
Fuente de Alimentación	12 – 24 VDC
Rango	166 litros/min
Salidas	Pulso

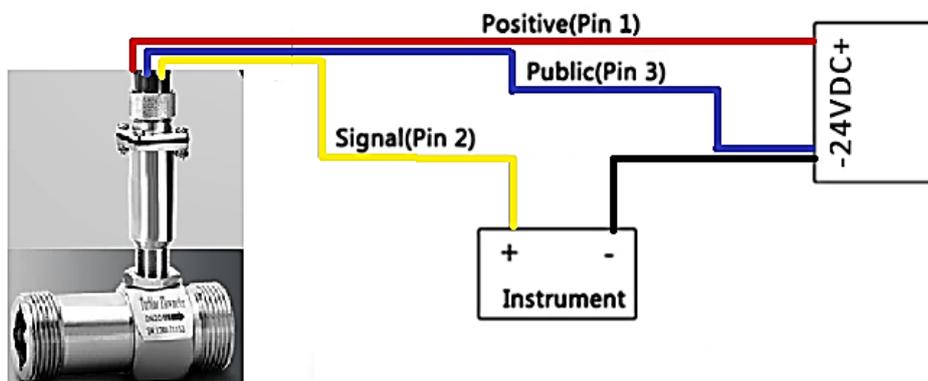


Figura 4.6 Diagrama del transmisor de flujo GTLWGY GTIMEASURE

4.3.5 Transmisor de Presión YD-2088 -6 Bar

Es necesario implementar un sistema de lazo cerrado para que se mantenga una presión constante del sistema, esto se logra mediante la utilización del transmisor de presión quien cumple la función de retroalimentar al sistema.

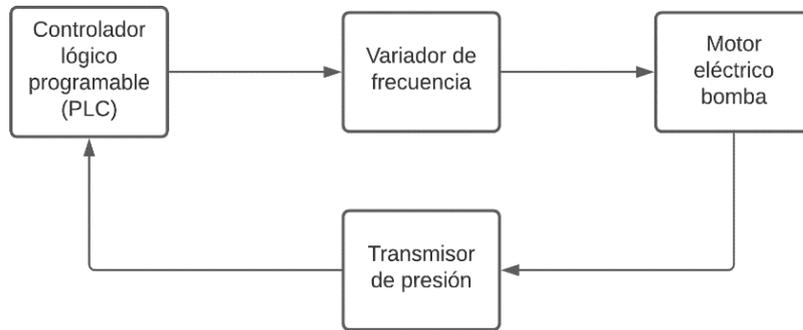


Figura 4.7 Diagrama de bloques de retroalimentación de presión lazo cerrado

La recomendación para la selección del transmisor es que sea mayor que la presión máxima del sistema para sobre guardar posibles fallos en caso de existir sobre presiones, el sistema de bombeo funciona con una bomba de 3 Hp de forma que se obtenga una presión máxima de 135 kPa con una salida de 4 a 20 mA, al momento se cuenta con un transmisor de 0,6 Mpa con las siguientes características

Las características del transmisor de presión se especifican en la tabla 4.11

Tabla 4.11 Características del transmisor de nivel

Características del transmisor de nivel	
Tipo	YD-2088 - 6 bar
Precisión	+ - 0,5 %
Temperatura	- 20 a 80 °C
Fuente de Alimentación	24 VDC
Rango	0 – 0,6 Mpa (6 Bar)
Salida	4 a 20 mA

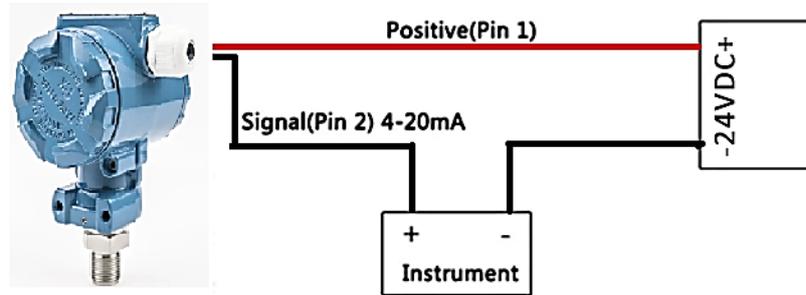


Figura 4.8 Diagrama del transmisor de presión

4.4 SEÑALES ANALÓGICAS

Existen señales analógicas de voltaje y corriente que ingresan mediante cableado a los controladores lógicos programables, los sensores de nivel y de presión tienen una salida analógica de 4 a 20 mA mientras que el sensor de flujo tiene una señal analógica a la salida de 0 a 10 V.

Es mejor trabajar con transmisores que a la salida manejen corriente debido a que se mantiene constante durante todo el proceso hasta llegar al controlador lógico, sin embargo, para estudios prácticos es fácil cambiar los valores de corriente por tensión conectando una resistencia de 250 Ω en la salida para tener una señal de voltaje de 1 a 5 voltios.

4.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC SIEMENS S7 1200

Es uno de los equipos más indispensables del desarrollo del proyecto ya que es utilizado en todo momento, empezando por adquirir las variables analógicas, gracias a que cuenta con entradas y salidas analógicas que permite realimentar el sistema en un determinado tiempo para una presión constante, al mismo tiempo la programación dentro del PLC es quien se encarga de poner en funcionamiento el PID y por último gracias al PLC podemos desarrollar un sistema SCADA el cual mediante enlaces de comunicación terminaremos poniendo en marcha el desarrollo total de proyecto.

A continuación, se presenta las características del PLC a utilizar:

Tabla 4.12 Características del PLC

Modelo	1200
CPU	1214 DC/DC/DC
Referencia	6ES7 214-1AG31-0XB0
Versión firmware	V 3.0
Alimentación	24 VDC
Corriente	0,10 A

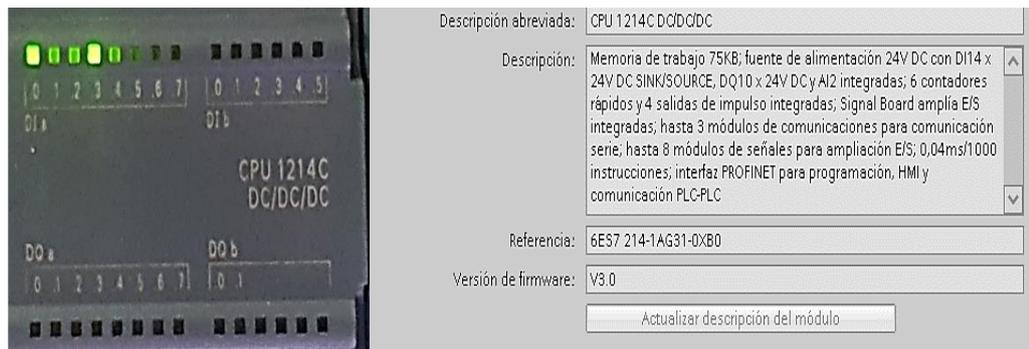


Figura 4.9 Características del PLC

- Comprobación del puerto de entradas analógicas

En la programación se utilizará las entradas analógicas para receptor la señal del transmisor

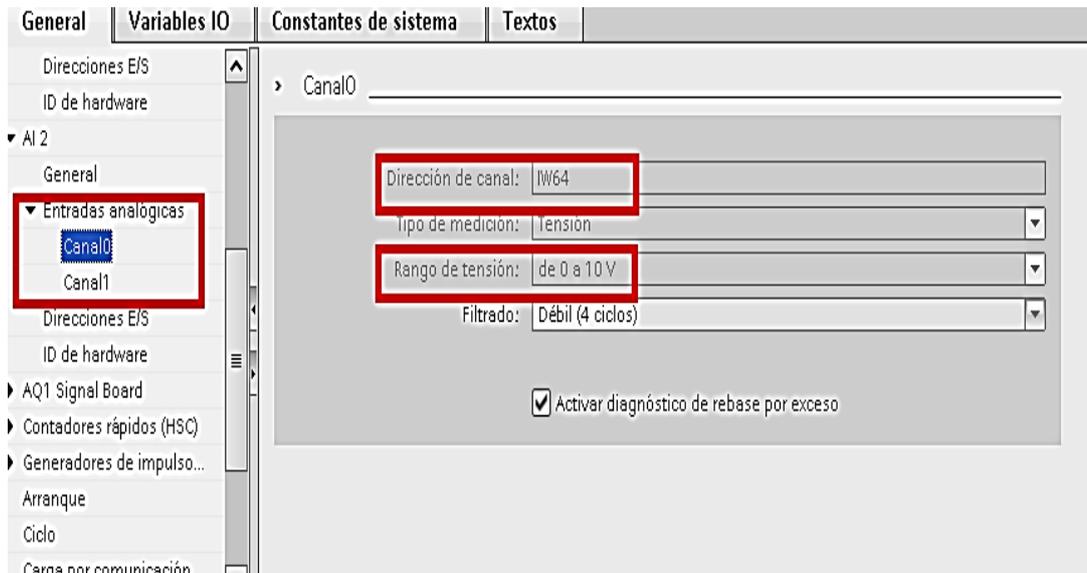


Figura 4.10 Canal de entradas analógicas IW64

4.6. INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA

La parte de comunicación se realiza con una HMI

Tabla 4.13 Características de pantalla HMI

Características de pantalla HMI	
Modelo	KTP 400 Basic
Dimensiones	4,3 pulgadas
Alimentación	24 VDC
Corriente	0,31 A (máx)

Mediante la KTP 400 Basic se visualizará el comportamiento del sistema de las curvas de tendencia del proceso de igual manera se podrá cambiar el valor del set point del módulo, esto se complementará con la pantalla HMI a mostrarse en el sistema SCADA.

4.7 PROGRAMACIÓN

El proceso debe cumplir ciertos parámetros para su correcto funcionamiento

- La presión debe permanecer constante en todo momento
- El variador de frecuencia será quien controle la bomba en función de la demanda establecida
- El transmisor de presión se encarga de realimentar el proceso
- Adquisición de datos en todo momento
- Apagar el sistema en caso de llegar a las alarmas máximas y mínimas programadas

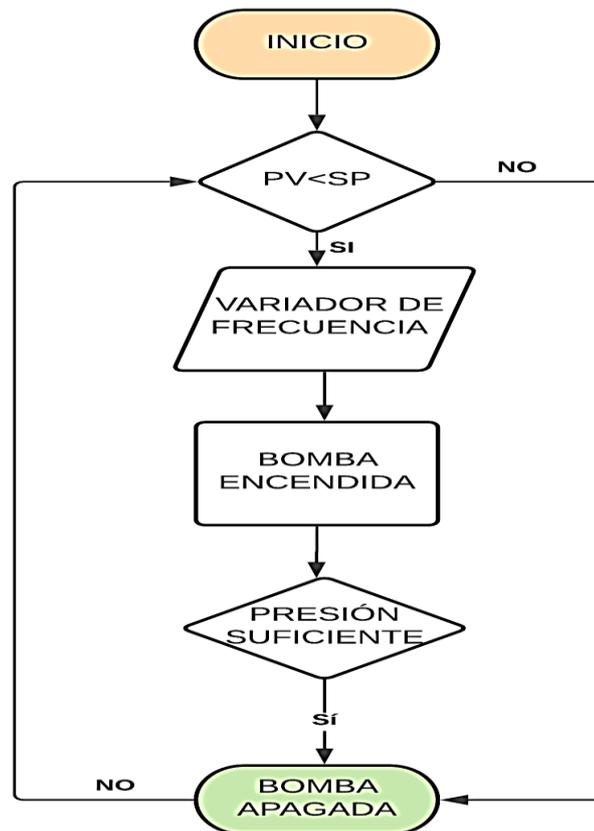


Figura 4.11 Diagrama de flujo de la estación de bombeo de agua a presión constante

4.8 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Dentro de la programación se realiza un escalamiento de señal analógica, donde primero se escoge el bloque de normalizado de señal, luego se escala en base al rango de presión del transmisor.

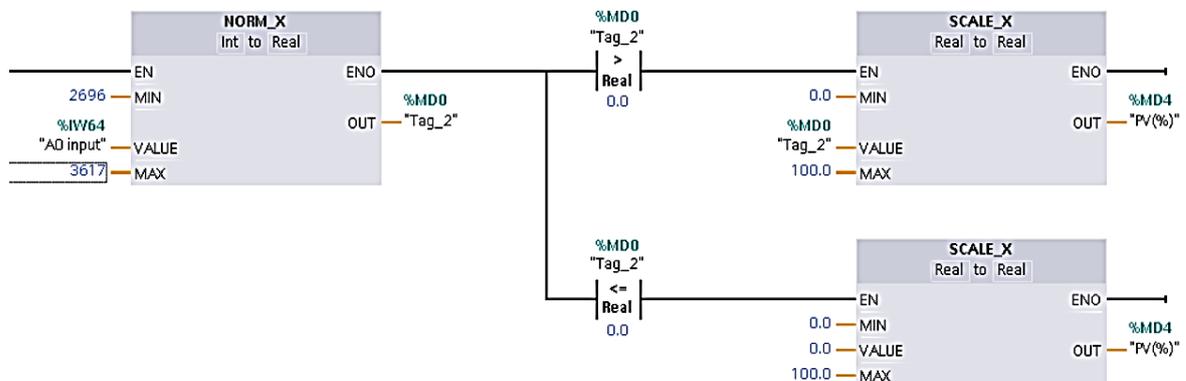


Figura 4.12 Normalizado y escalado del Transmisor

Se realiza el normalizado y escalado de la señal del PLC hacia el variador en un porcentaje de 0 a 100 % esto representa la frecuencia a la que trabaja la bomba



Figura 4.13 Normalizado y Escalado del Actuator

El programa Tia Portal cuenta con una función de PID_Compact que trabaja recibiendo la señal analógica de entrada que viene del transmisor que a la vez es la variable del proceso y la compara con el valor seteado por el set point realizando una comparación entre el valor del sistema y el valor del seteo.

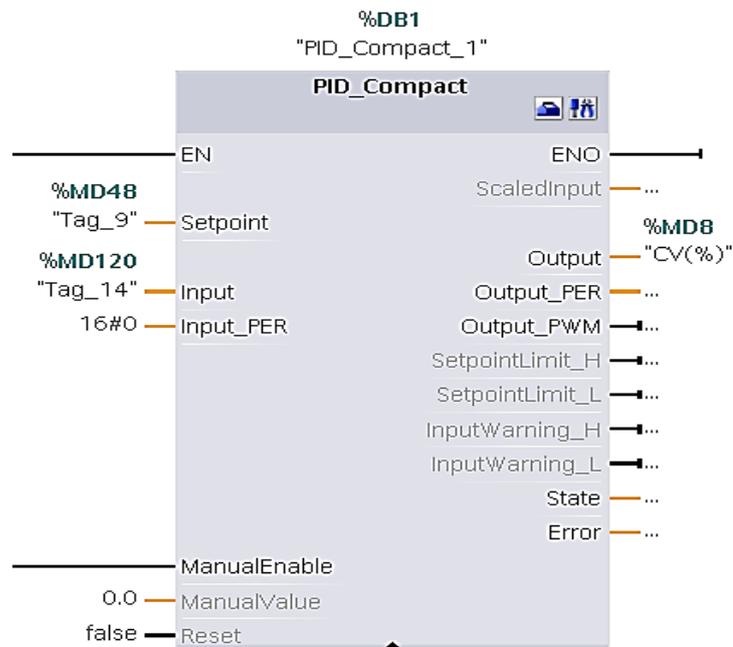


Figura 4.14 PID Compact

En el diagrama del PID se escriben los valores mínimos y máximos para tener un rango de seguridad evitando malas mediciones.

4.9 CURVA DE REACCIÓN

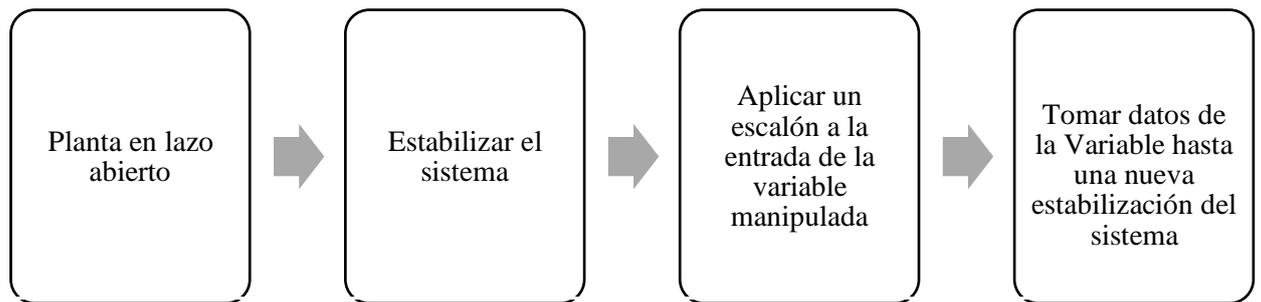


Figura 4.15 Metodología Curva de Reacción

Según [29] manifiesta que la gran parte de los métodos de sintonización de controladores se basan en un modelo de orden reducido que les permita representar sistemas dinámicos de orden alto por esta razón se emplean los métodos de primer orden más tiempo muerto.

$$G(s) = \frac{k_p}{1 + T * s} * e^{-L*s}$$

(4.3)

Donde:

k_p = ganancia

T = constante de proporcionalidad

L = tiempo muerto

4.9.1 Función de Transferencia a partir de datos experimentales

Para el caso práctico se obtiene la función de transferencia del sistema mediante datos experimentales adquiridos con el software Labview el cual guarda un histórico de datos del comportamiento del sistema en un transcurso de tiempo de lazo abierto. Posteriormente los datos obtenidos se ingresan en el software Matlab ingresando dos vectores que en este caso serán vector input todos los datos guardados del valor del Set Point y output todos los datos guardados del transmisor de presión finalmente con la función ident de Matlab nos calcula los valores de ganancia (k_p), constante de proporcionalidad (T) y tiempo muerto (L).

4.10 MÉTODO DE SINTONÍA LAMBDA

- Requerimientos: modelo de primer orden, estable o integral con tiempo muerto
- Parámetros de diseño: constante de tiempo de lazo cerrado (λ)
- Factor Lambda

T representa el tiempo del proceso, k_p es la ganancia en porcentaje con respecto a la amplitud del escalón y L representa el tiempo muerto del proceso.

Tabla 4.14 Método de sintonía Lambda

PID	
Agresivo	Robusto
$K_c = \frac{1}{k_p} * \frac{\frac{L}{2} + T}{\frac{L}{2} + T}$	$K_c = \frac{1}{k_p} * \frac{\frac{L}{2} + T}{\frac{L}{2} + 3 * T}$
$T_i = T + L/2$	$T_i = T + L/2$
$T_d = \frac{TL}{L + 2T}$	$T_d = \frac{TL}{L + 2T}$

(4.4)

4.11 MÉTODO DE ZIEGLER NICHOLS

Es el método típico en la práctica de sistemas de control de primer orden.

Tabla 4.15 Método de Ziegler Nichols

Ziegler Nichols
$K_c = 1,2/k$
$T_i = 2 * L$
$T_d = 0,5 * L$

(4.5)

4.12 RESPUESTAS DE UN SISTEMA DE CONTROL.

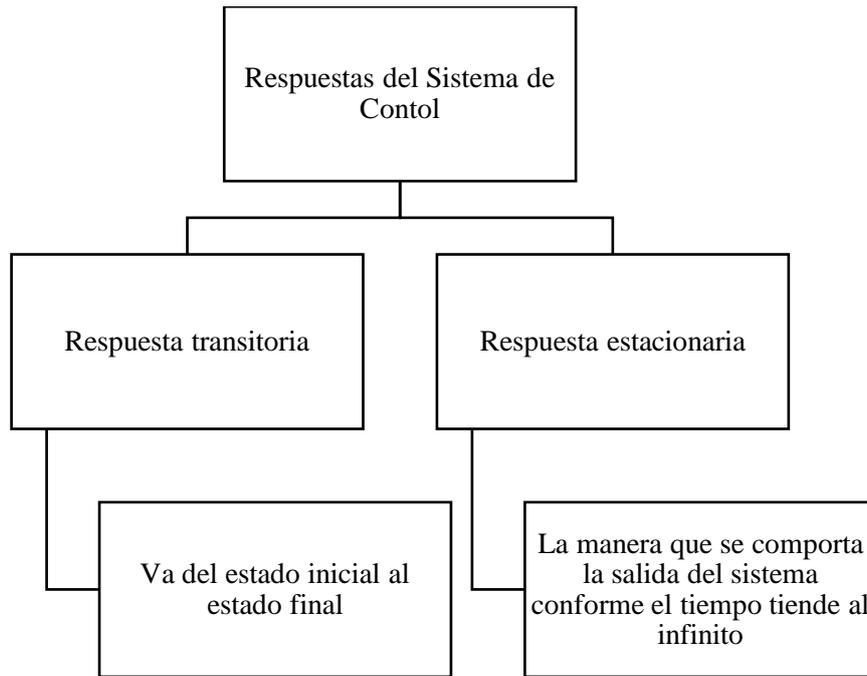


Figura 4.16 Respuestas del Sistema de Control

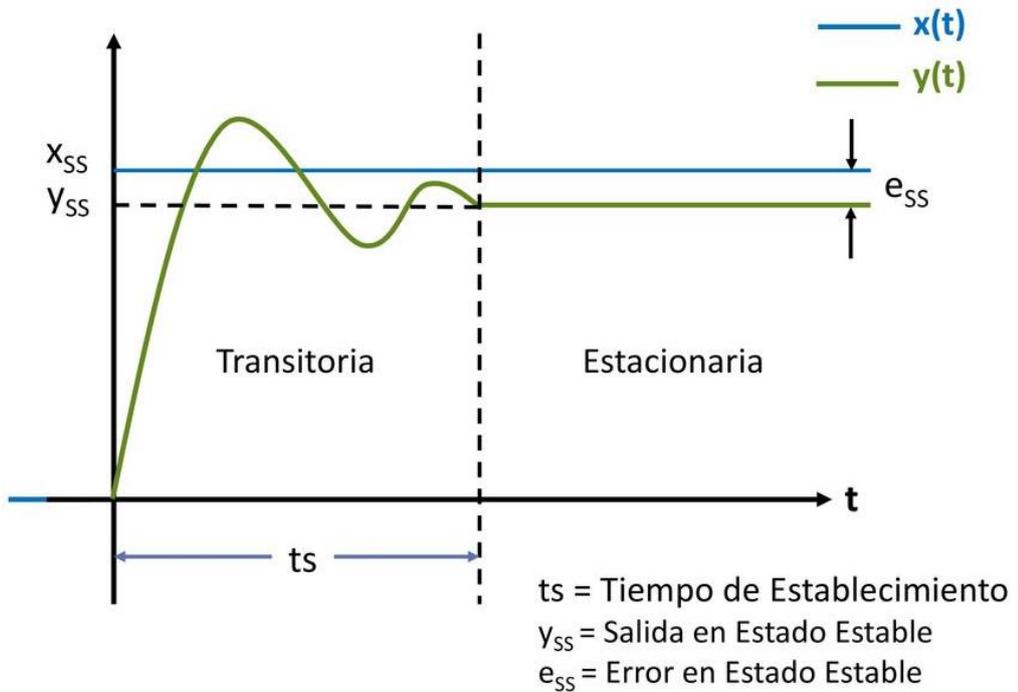


Figura 4.17 Tiempo Transitorio y Estacionario

Fuente: [30]

4.12.1 Tiempo de establecimiento (ts).

Tiempo que se demora en llegar a la respuesta transitoria del sistema, se encuentra en un par de bandas entre el 2 % y el 5% cuando tiende al infinito

4.12.2 Sobre impulso (%)

Valor máximo que sobrepasa la curva de sintonización., se la calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Sobre impulso} = \frac{y_{\text{max}} - y_{\text{real}}}{y_{\text{real}}} * (100)$$

(4.6)

4.13 SOFTWARE IGNITION

Ignition es un software para diseñar sistemas SCADA con una tecnología a la vanguardia basada en la web implementa un servidor central accesible mediante cualquier tipo de navegador se ejecuta mediante Java gracias a esto es multiplataforma la programación del sistema SCADA se presenta en el anexo J

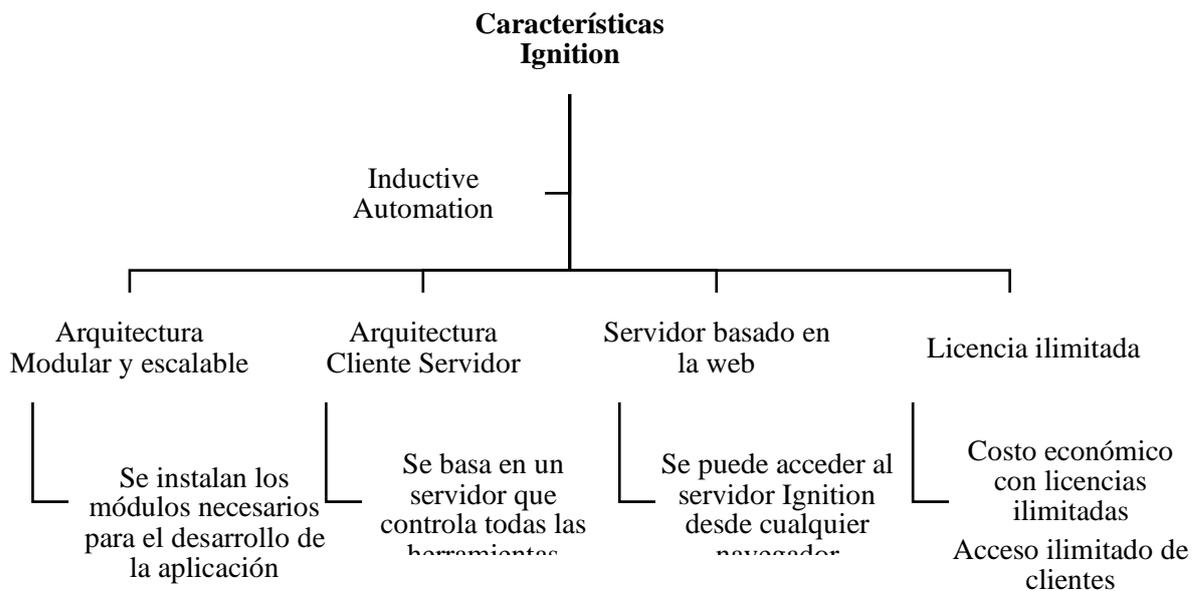


Figura 4.18 Características Ignition

4.13.1 Gateway Webpage

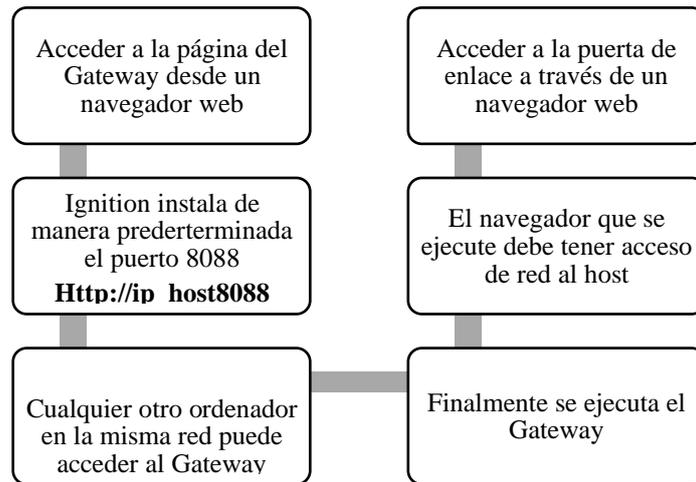


Figura 4.19 Pasos para ingresar al Gateway Webpage

La obtención de datos dentro del Ignition se realiza con la implementación de la base de Datos MySQL sin la base de datos no se visualizan históricos de gráficas en el software.

4.14 CAMBIO DE DATOS PLC- IGNITION

En la figura 4.18 se indica como deben ir programadas las variables dentro del software Ignition.

Tabla 4.16 Programación Variables Ignition

Programación Variables Ignition		
Nombre	PLC	Ignition (OPC)
	Tipo de dato	Sintaxis Ignition
Start	M0.0	Mx0.0
Stop	M0.1	Mx0.1
Motor	Q0.0	Qx0.0
Señal	MD10	MReal10
Start/Stop	DB1.DBX0.0	DB1.X0.0
Señal2	DB1.DBD2	DB1.Real2

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO SISTEMA SCADA

La señal del transmisor de presión será recibida en el PLC mediante una programación previa, los datos del PID calculado deben satisfacer las necesidades del módulo, todos los datos adquiridos en el PLC se transfieren mediante comunicación Ethernet hacia el Ignition el cual permite observar todos los parámetros configurados en el HMI de la plataforma Ignition mediante una computadora, como último punto se encuentra el estudio de consumo eléctrico del motor de la bomba con un proceso constante y mediante un proceso con perturbaciones en las válvulas hidráulicas gracias a la adquisición de datos obtenida con el SCADA.

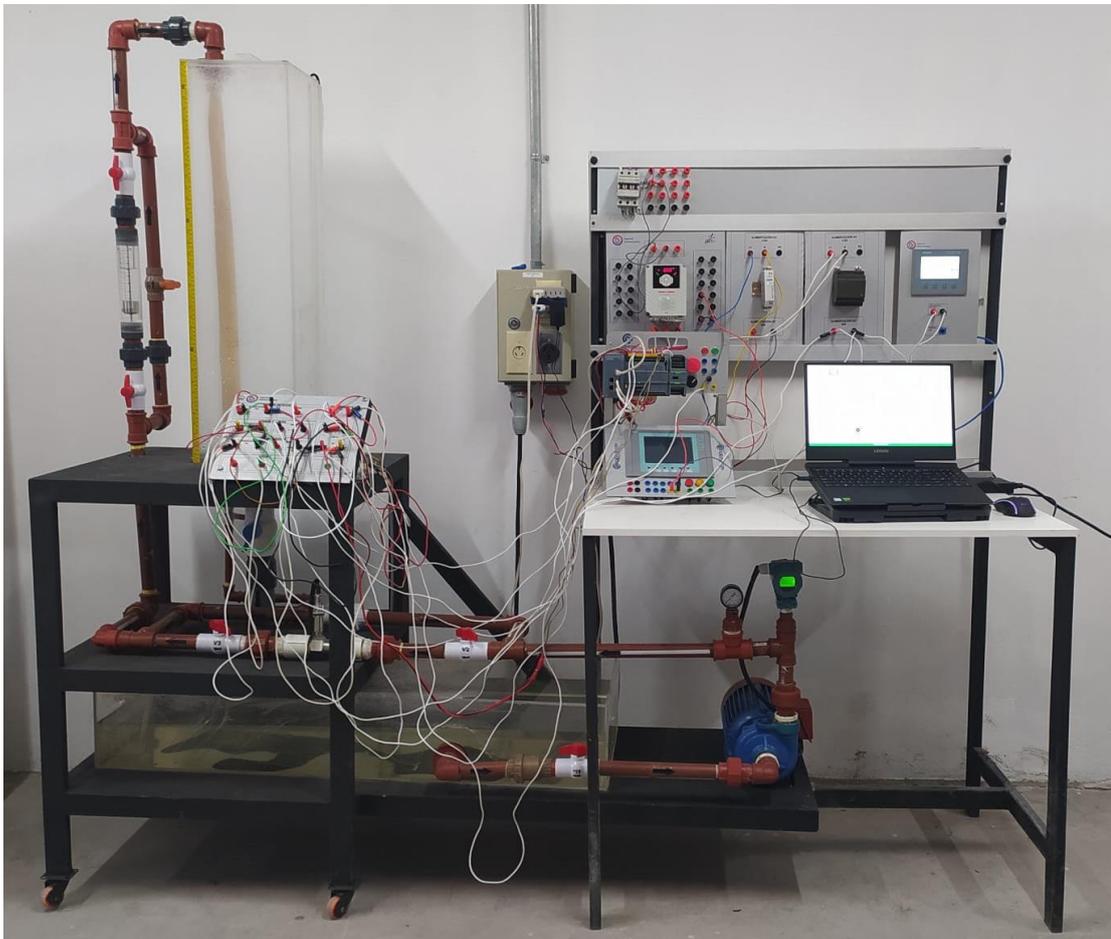


Figura 5.1 Estación de Bombeo de agua a presión constante

5.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Según estudio experimental se le aplica una carga máxima de 800 N en el software Inventor dando como resultado un coeficiente de seguridad entre la tensión máxima permitida y la tensión equivalente dando como resultado 2.54 su, que determina que la estructura se encuentra apta para las necesidades propuestas sobreestimando el peso a futuro, el análisis en Inventor se presenta en el anexo B

5.3 MODELAMIENTO DEL SISTEMA

5.3.1 Línea de Tendencia

Para la obtención de la línea de tendencia se realiza una prueba con el variador de frecuencia ingresando 10 valores de frecuencia de 0 a 60 (Hz) para obtener una respuesta a la salida de presión dando como resultado una ecuación polinómica que describe el comportamiento del transmisor con un coeficiente de determinación R^2 lo más cercano a 1 para que el ajuste del modelo sea de mayor aceptabilidad, los datos obtenidos se presentan en el anexo C

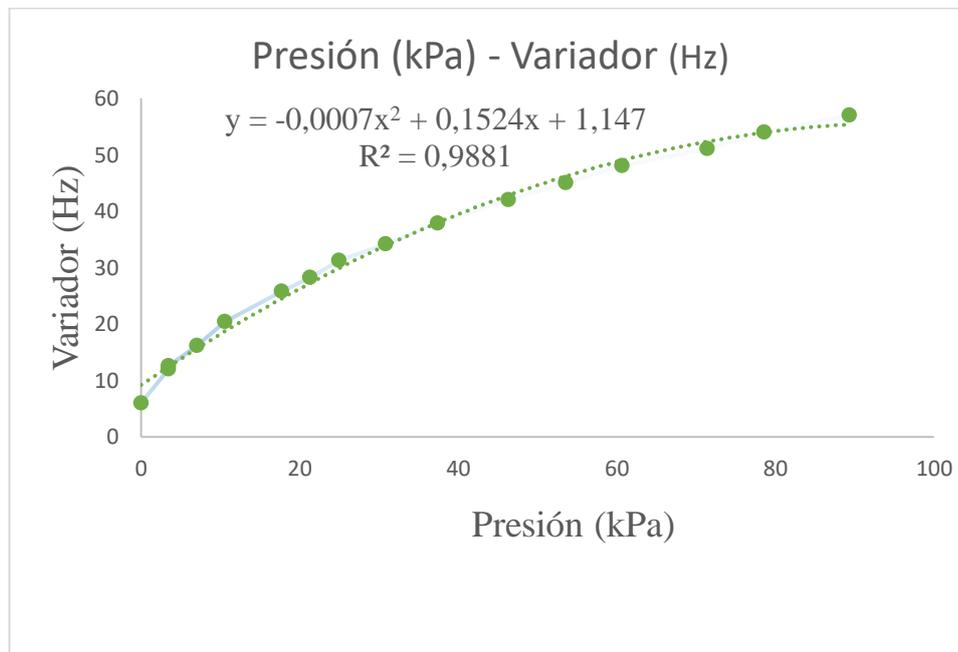


Figura 5.2 Línea de tendencia Presión (kPa) - Variador (Hz)

Ecuación de Tendencia obtenida:

$$y = -0,0007x^2 + 0,1524x + 1,147$$

(5.1)

Después de la tabulación de los datos se obtiene la ecuación 5.1 polinómica con un R^2 igual a 0,9881 lo cual indica que la ecuación tiene un modelo aceptable para su aplicación, los valores de la ecuación 5.1 sirven para obtener la curva de accionamiento de la bomba con la ayuda del Software Labview.

5.3.2 Obtención de datos mediante Labview

Para la obtención de datos del sistema se utiliza el software Labview, en la que se ingresan los valores de la ecuación 5.1 de la línea de tendencia en la cual se inserta una entrada de escalón con valores de presión para adquirir datos a la salida de presión en lazo abierto hasta que el sistema se estabilice, la programación se indica en el anexo C.

Los datos se recopilan en un tiempo de muestreo de 0,1 segundos con lo que se obtiene la gráfica presentada en la figura 5.3, estos datos se guardan en un archivo de Excel para adquirir la función de transferencia de primer orden con tiempo muerto en el software Matlab.

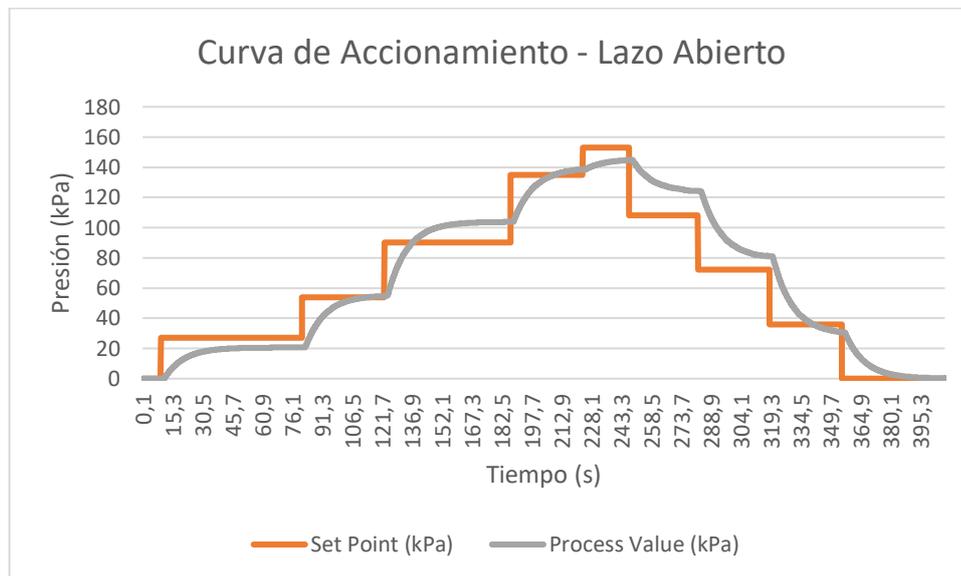


Figura 5.3 Curva de Accionamiento

5.3.3 Obtención del modelo mediante Matlab

Aplicando la función `ident` de Matlab se da solución a la ecuación 4.3 para las constantes de ganancia (kp), constante de proporcionalidad (T) y tiempo muerto (L) con una aceptación del modelo del 87.55 %, dando como resultado los valores presentados en la tabla 5.2, la programación de la función de transferencia y el porcentaje de aceptación se indica en el anexo C.

Tabla 5.1 Constantes modelo Primer Orden con Tiempo Muerto

Constantes Modelo Primer Orden con Tiempo Muerto	
kp	1,058
T	11,7480
L	0,5402

5.3.4 Comportamiento del sistema con valores de sintonización

5.3.4.1 Comportamiento del sistema por diferentes métodos de sintonización

Las constantes para cada método se obtienen de la tabla 4.14 y la tabla 4.15 aplicando los valores de la tabla 5.2 con las ecuaciones 4.4 y 4.5, donde Kc es la ganancia proporcional, Ti es tiempo integral y Td es tiempo derivativo.

Tabla 5.2 Constantes para diferentes métodos

Constantes para diferentes métodos			
Constantes PID	Lambda Robusto	Lambda Agresivo	Ziegler Nichols
Kc	0,3198	0,945	6,167
Ti	12,018	12,018	2,16
Td	0,264	0,264	0,54

En la tabla 5.2 se indica los valores que satisfacen a cada método de sintonía.

5.3.4.2 Comparación diferentes métodos de sintonización

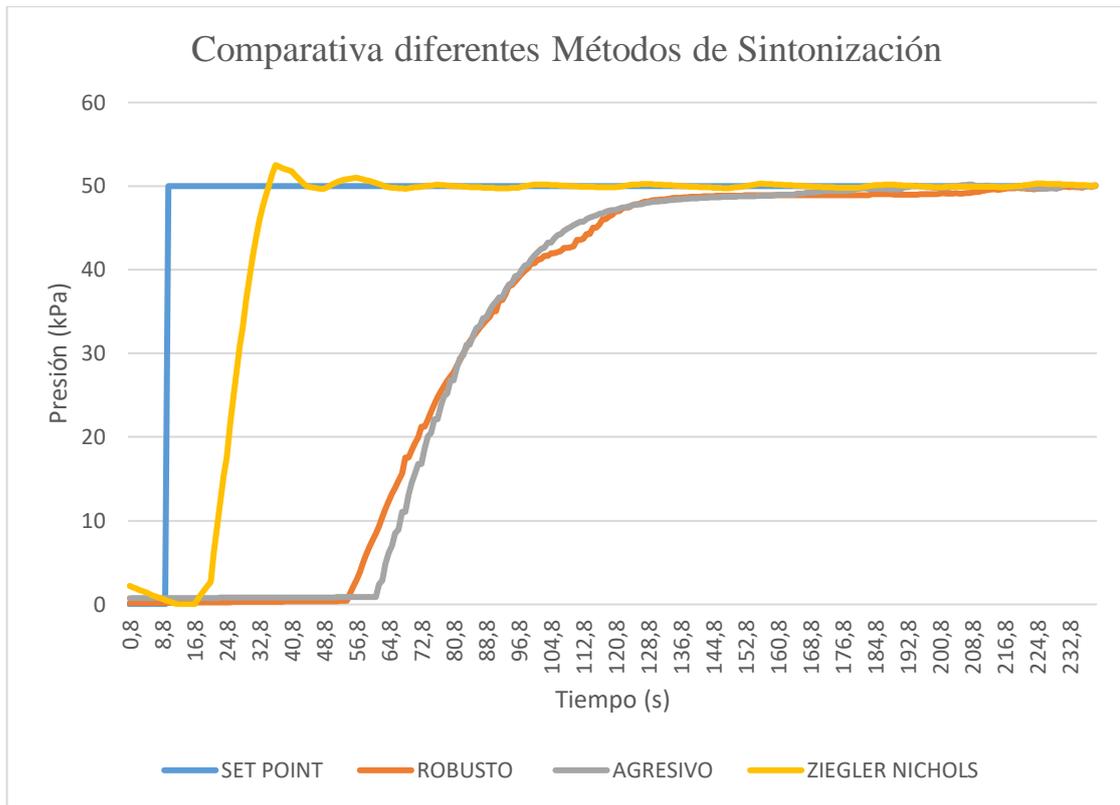


Figura 5.4 Curva Comparación de Métodos

Tabla 5.3 Análisis de Métodos PID

	Lambda Robusto	Lambda Agresivo	Ziegler Nichols
Sobre impulso (%)	0,21	0,36	5,03
Tiempo establecimiento (s)	237,6	193,6	50,4

En la figura 5.4 se observa la aplicación de diferentes métodos como el de Lambda Robusto, Lambda Agresivo y Ziegler Nichols, para un set point de 50 kPa (7.25 psi) para cada método con tiempo de muestreo de 0,8 segundos que es el tiempo en el que se obtiene datos mediante SCADA, la tabla de análisis se indica en el anexo D

Aplicando la fórmula 4.6 Para el cálculo de % de sobre impulso tenemos que para la curva de color tomate siendo el método Lambda Robusto tiene un % de 0,21 y un tiempo de establecimiento en régimen transitorio de 237,6 segundos para entrar en un régimen estacionario que tiende al infinito con un error en estado estable del 1,6 %.

Siendo la curva de color gris el método de Lambda Agresivo con un % de sobre impulso del 0,36 % y un tiempo de establecimiento en régimen transitorio de 193,6 segundos para entrar en un régimen estacionario que tiende al infinito con un error en estado estable del 2%

Siendo la curva de color amarillo el método de Ziegler Nichols con un % de sobre impulso del 5,03 % y un tiempo de establecimiento en régimen transitorio de 50,4 segundos para entrar en un régimen estacionario con un error en estable del 5%.

De esta manera se evidencia que el método de Lambda Robusto tiene una sintonización con mayor precisión al tener el menor porcentaje de sobre impulso y mantenerse estable en el régimen estacionario, le sigue el método de Lambda Agresivo con una diferencia del 0,15% de sobre impulso dando como resultado mayores oscilaciones en el régimen estacionario, mientras que el método de Ziegler Nichols es el que tiene mayor % de sobre impulso con 5,03 % y con menor tiempo de establecimiento mucho más rápido que el resto de métodos con la diferencia que tiene exceso de oscilaciones al entrar en régimen estacionario por lo que no es un método recomendado al tratarse de un proceso a presión constante debido a la variación que el método brinda.

5.3.4.3 Comparación entre método Lambda Robusto y Lambda Agresivo

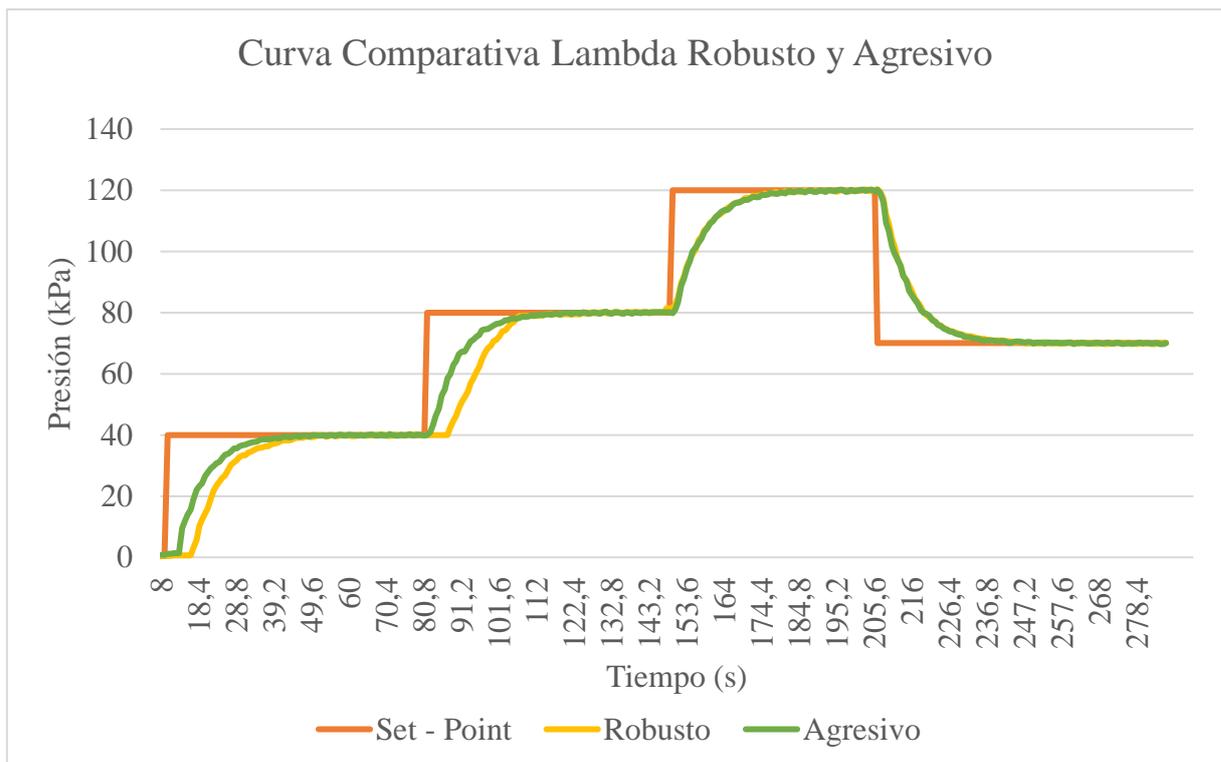


Figura 5.5 Curva Comparativa Lambda Robusto y Agresivo

Tabla 5.4 Set Point Métodos Lambda Robusto y Agresivo

Set Point (kPa)	Set Point (psi)
40	5,80
80	11,60
120	17,50
70	10,15

Tabla 5.5 Diferencia de Tiempo de Establecimiento

Set Point (kPa)	Tiempo Establecimiento Robusto (s)	Tiempo Establecimiento Agresivo (s)	Diferencia (s)
40	63,2	52,8	10,4
80	129,6	122,4	7,2
120	188	181,5	6,5
70	247,2	238,4	8,8

En la figura 5.5 se observa el comportamiento entre los métodos Lamba Robusto y Lambda Agresivo para valores de presión de 40 kPa (5,8 psi), 80 kPa (11,60 psi), 120 kPa (17,50 psi) y 70 kPa (10,15 psi) cada uno con un tiempo de muestreo de 0,8 segundos que es lo que brinda el SCADA, se logra observar en la tabla 5.4 que el tiempo de establecimiento dentro del régimen transitorio para cada método es diferente, la tabla de análisis se indica en el Anexo E

De esta manera se tiene que para la curva de color amarillo el método Lambda Robusto es un proceso más lento frente a la curva de color verde el método Lambda Agresivo para todos los valores de Set Point implementados, de esta manera tenemos que en promedio Lambda Agresivo es 8,23 % más rápido que Lambda Robusto, pero con mayores oscilaciones en el régimen estacionario, finalmente se evidencia que a medida que la presión sube aumenta la potencia del actuador por lo que a mayor presión el tiempo de establecimiento es menor.

5.4 ANÁLISIS SISTEMA SCADA SOFTWARE IGNITION

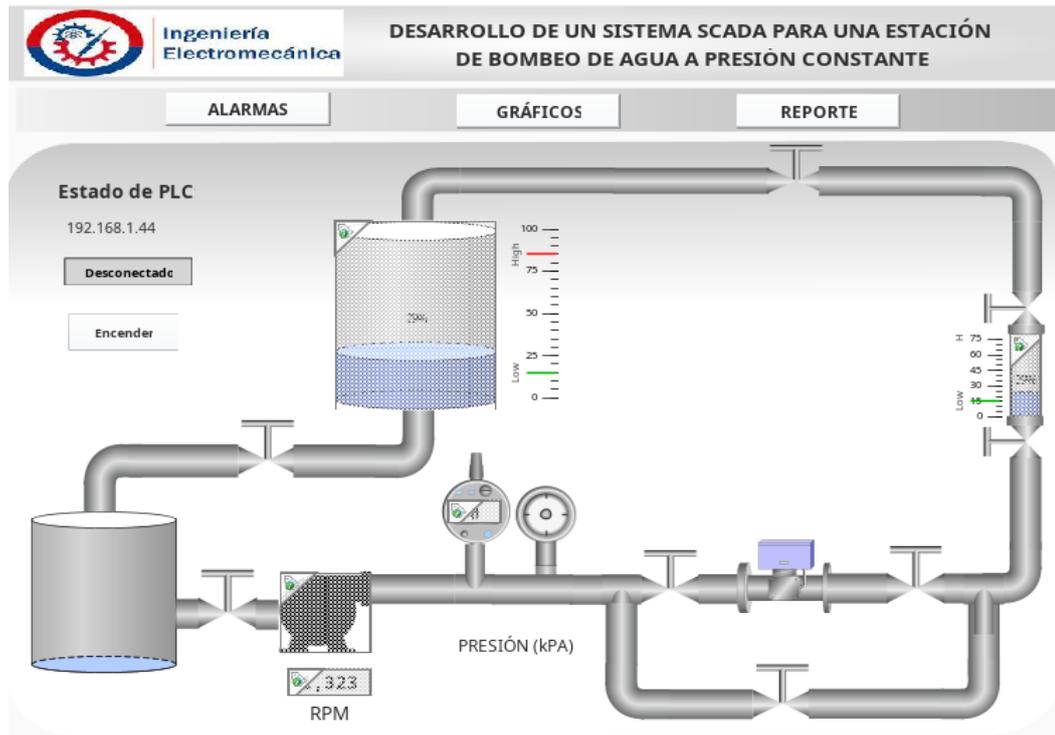


Figura 5.6 Interfaz HMI Desarrollo de un Scada para una Estación de Bombeo de Agua a Presión Constante

En la figura 5.6 se observa la interfaz implementada dentro del software Ignition teniendo en cuenta que un SCADA es la supervisión, control y adquisición de datos se observa de manera gráfica todos los elementos del módulo físico que son los dos tanques de almacenamiento con un flujo realimentado conectado a una bomba de agua, un transmisor de flujo, un transmisor de nivel tipo sumergible, un transmisor de presión, un manómetro, un rotámetro y las válvulas del sistema hidráulico que en conjunto representa la ventana principal del SCADA.

El diseño consta de tres ventanas adicionales que son la de Alarmas, la de Reportes y la de Gráficos, dentro del SCADA tiene acceso a usuarios de Control por lo que cuenta con una ventana adicional en donde se puede modificar y observar los parámetros PID para su funcionamiento, la programación del sistema SCADA se indica en el anexo J

5.4.1 Ventana Gráficos

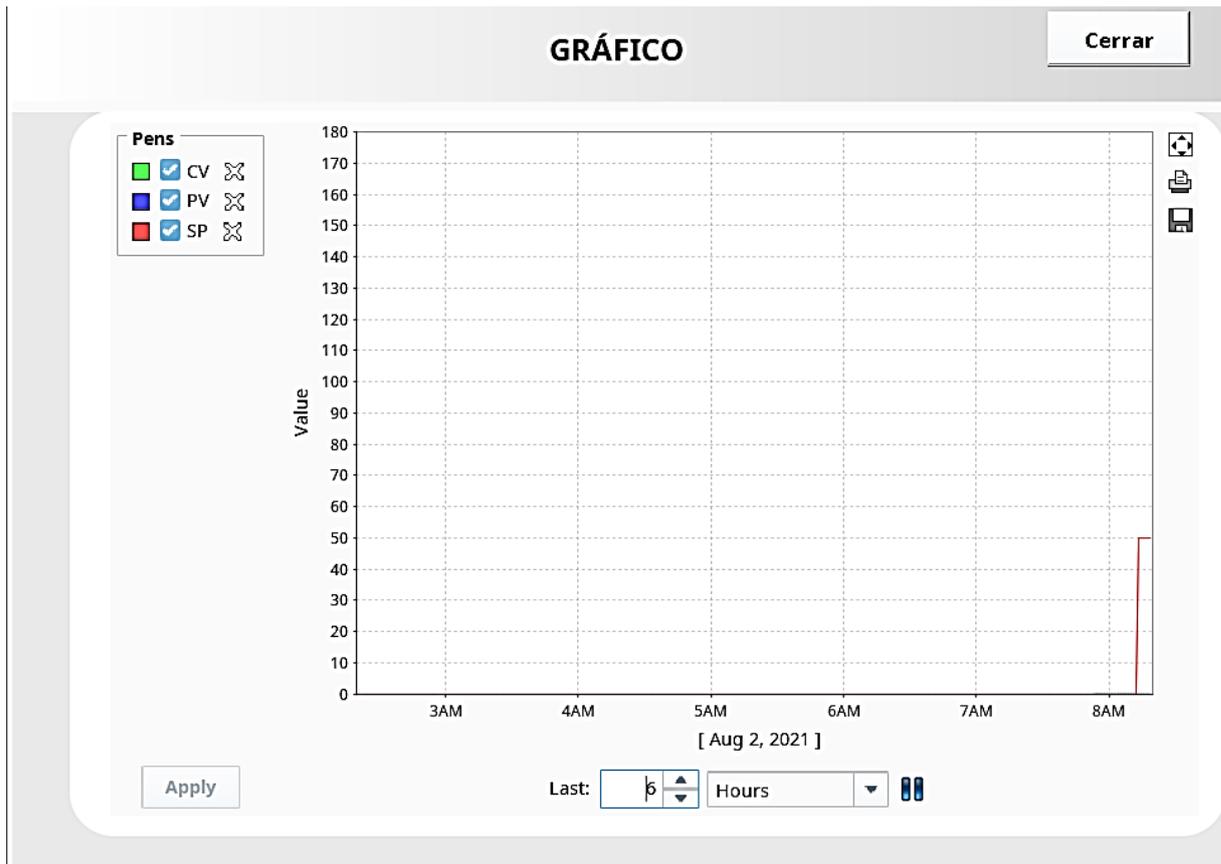


Figura 5.7 Ventana Gráficos Ignition

En la figura 5.7 se presenta la ventana de Gráficos implementada en el Ignition en la cual se puede observar los valores de Control Value (CV), Process Value (PV) y del Set Point (SP) estos parámetros se obtienen en tiempo real gracias a la base de datos instalada en el computador llamada MySQL la programación de la base de datos se presenta en el apartado de anexos, los datos se pueden observar en un histórico de días, horas, minutos y segundos la cual es muy práctica ya que no se depende de una KTP para poder ver la sintonización del proceso, Como resultado final de la ventana Gráficos se puede descargar un archivo Excel para realizar un análisis de las gráficas obtenidas en el tiempo que el usuario crea conveniente observando si en algún instante de tiempo el proceso de la planta tuvo alguna perturbación con la cual como operario se pueda tomar una decisión inmediata o a largo plazo para la realización de un mantenimiento preventivo de todos sus elementos.

5.4.2 Ventana Alarmas

ALARMAS						
	Active Time	Display Path	Current State	Priority	Event Id	Label
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 7:53 AM	PLC_Siemens/PLC_Sieme...	Active, Unacknowle...	High	81495ecc-b8...	Presion Bajo...
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 7:53 AM	PLC_Siemens/PLC_Sieme...	Active, Unacknowle...	High	44eaf56d-9a...	Presion Baja
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 12:35 AM	Level Lo Alarm	Active, Unacknowle...	Medium	6c279c88-9c...	Lo
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 7:53 AM	PLC_Siemens/PV(Nivel)cm/...	Active, Unacknowle...	Low	802ce6e4-c6...	Nivel Bajo
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 7:53 AM	PLC_Siemens/PLC_Siemen...	Active, Unacknowle...	Low	7918c6e4-59...	Nivel Bajo
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 7:53 AM	PLC_Siemens/PLC_Siemen...	Active, Unacknowle...	Low	ab17d01f-82...	Nivel Bajo
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 7:53 AM	PLC_Siemens/PLC_Siemen...	Active, Unacknowle...	Low	9a644be2-a7...	Nivel Bajo
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 8:32 AM	Ramp High Alarm	Active, Unacknowle...	Low	a158529b-54...	High Alarm
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 5:27 AM	Ramp High Alarm	Cleared, Unacknowl...	Low	deb51be0-3...	High Alarm
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 6:02 AM	Ramp High Alarm	Cleared, Unacknowl...	Low	dcacd666-e1...	High Alarm
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 6:52 AM	Ramp High Alarm	Cleared, Unacknowl...	Low	8a1f97a3-22...	High Alarm
<input type="checkbox"/>	8/2/21, 7:42 AM	Ramp High Alarm	Cleared, Unacknowl...	Low	26c3e44c-75...	High Alarm

Acknowledge Shelve

Principal

Figura 5.8 Ventana de Alarmas

En la figura 5.8 se observa la interfaz del sistema de Alarmas en el Ignition en la cual se tiene programadas dos alarmas del proceso mediante la medición de nivel, que son en Alto que es una medida preventiva en la que manda una señal de alerta al operario indicando que el nivel del flujo está próximo a llegar a su punto máximo y una alarma en Alto Alto (HH) en la que al accionarse automáticamente el sistema está configurado para que se apague la planta hasta que un operador verifique el error y ponga en marcha nuevamente el proceso, esto se puede realizar de dos maneras, la primera de manera remota mediante el sistema SCADA y la segunda de manera local mediante una KTP en la que se indica de manera física todo el desarrollo del proceso como punto final una vez verificado el error por la que se acciona la alarma el operador puede indicar en el SCADA que el error fue solucionado.

5.4.3 Ventana de Reportes

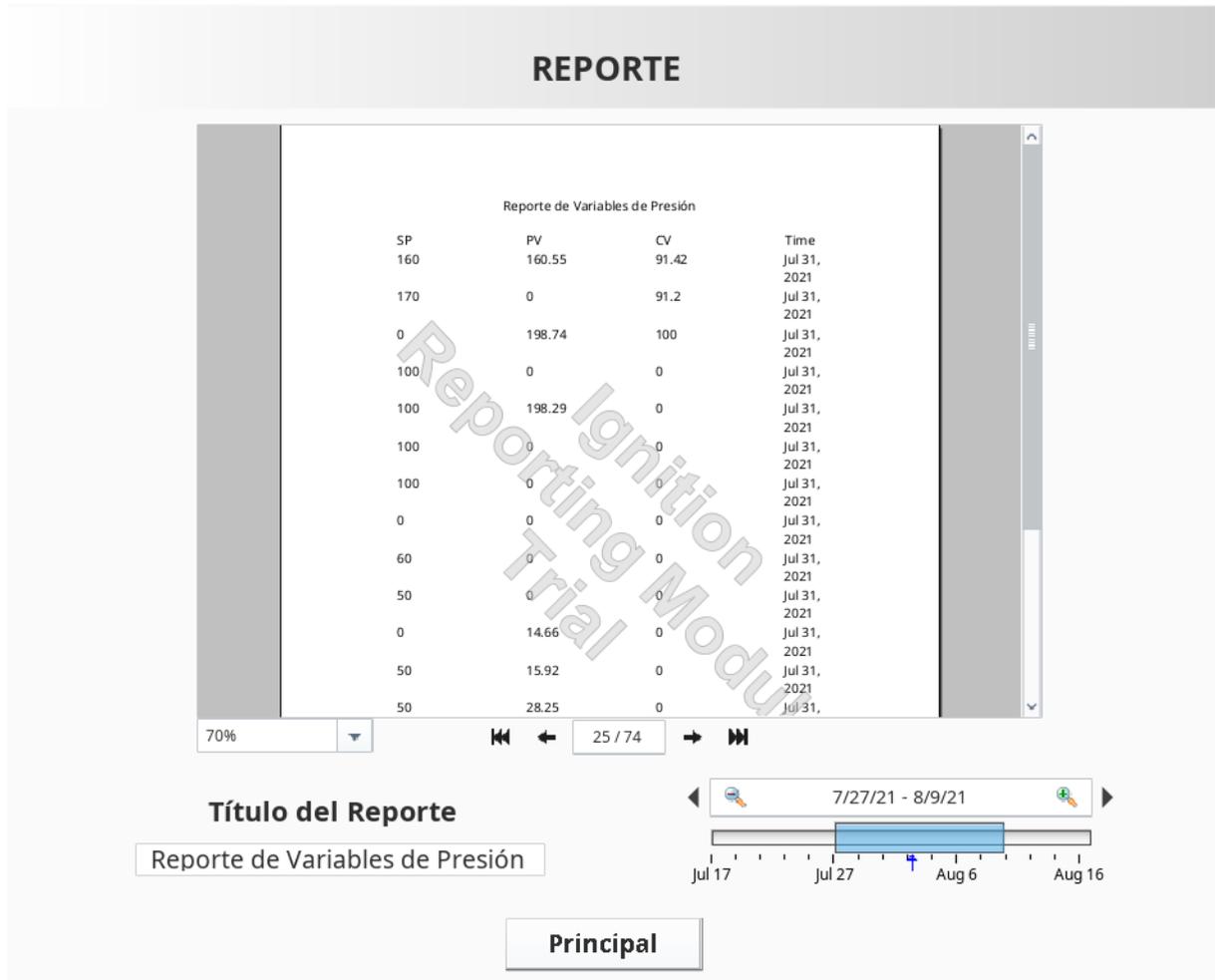


Figura 5.9 Ventana de Reportes

En la figura 5.9 se observa un histórico de las variables del proceso del transmisor de presión, este informe ayuda a supervisar de una manera eficiente el poder pronosticar los posibles fallos en los cuales el proceso no se ha optimizado totalmente para poder realizar un estudio de costos de producción y realizar mantenimiento preventivo tanto del transmisor como del actuador de para evitar pérdidas por una parada gradual o total de la planta.

5.4.4 Ventana Operadores de Control

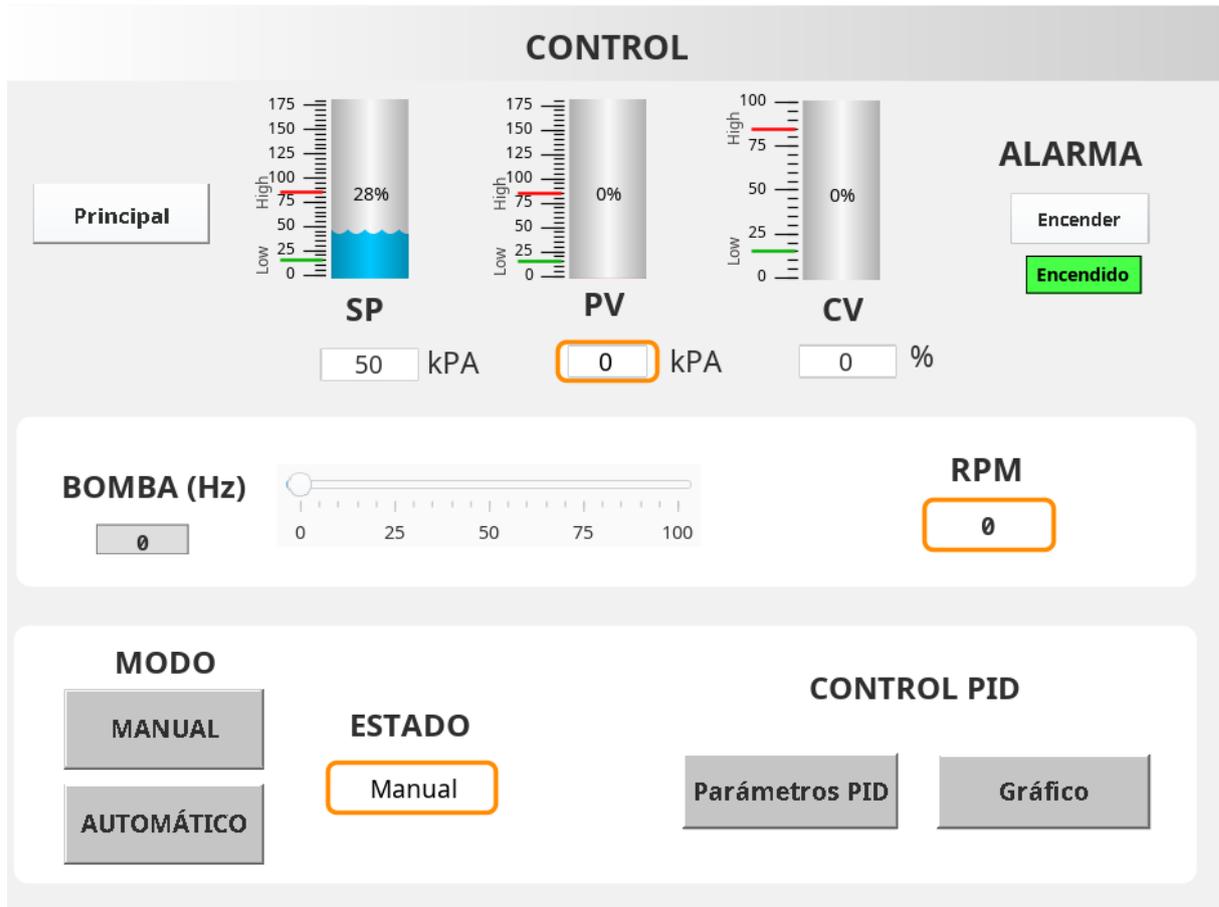


Figura 5.10 Ventana Operadores de Control

En la figura 5.10 se observa la ventana de control en la que el operario puede identificar varios parámetros como el desarrollo del proceso de manera automática aplicando los parámetros PID para que el proceso se genere de manera constante mediante un valor en el Set Point y de manera manual en caso de que existiera algún fallo en el sistema de control y evitar una parada gradual del proceso adicionalmente se encuentra un pulsador de “Encender” en caso de que la alarma del sistema se haya activado este cuadro nos indicará Encendido/Apagado el sistema no funcionará mientras un operario no revise la falla y ponga en marcha nuevamente todo el proceso tanto de manera local y manera remota.

PARÁMETROS PID	
GANANCIA (Kp)	<input type="text" value="3.5"/>
TIEMPO INTEGRAL (Ti)	<input type="text" value="12"/>
TIEMPO DERIVATIVO (Td)	<input type="text" value="0.5"/>
<input type="button" value="Control"/>	

Figura 5.11 Ventana Parámetros PID

La programación del SCADA está realizada de tal manera que se pueda insertar los parámetros PID de cualquier método tanto de manera local como de manera remota independientemente del bloque PID de la programación del TIA PORTAL, la programación del TIA se indica en el Anexo J

5.5 ANÁLISIS GENERAL DE LA INTERFAZ DEL SCADA

Se evidencia que el desarrollo de un sistema SCADA tiene alcances muy altos en la optimización del proceso de mantener un sistema a presión constante ya que implementa todo el estado físico de la planta y lo lleva a un estado virtual donde se puede observar cada elemento que posee el sistema, para nuestro caso práctico se puede llegar a simular fallos en el sistema aplicando perturbaciones en las válvulas hidráulicas para su posterior análisis de cómo afecta esto al actuador (motor de la bomba) para de esta manera realizar un mantenimiento preventivo del mismo. Cabe mencionar que un sistema SCADA está enfocado en la optimización de procesos para reducir costos dentro de una industria, en este caso se evidencia que logra complacer la necesidad de aquello ya que nos permite analizar los datos obtenidos en el transcurso del tiempo en que se realiza el proceso donde el operario puede analizar las gráficas del sistema y en qué instante se dio la falla para corregir las mismas.

El tiempo de respuesta del Software Ignition mediante un control remoto con el control local comandado por la KTP se da en 500 milisegundos por lo que no se evidencia un retardo en la comunicación de los dispositivos dando un control en el SCADA igual que eficiente que el control local.

6. PRESUPUESTOS Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1 PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto está dividido en dos partes:

6.1.1 Gasto directo totales

Tabla 5.6 Gastos directos totales

Actividad	Valor total (\$)
Gasto en equipos	1540,50
Gastos de componentes metálicos	128,50
Gastos en elementos de PVC	241,00
Gastos en artículos y electrónicos	265,30
Otros	500,00
Total	2675,15

Con esto se puede determinar un costo total de los gastos directos de \$2675.15 (**dos mil seiscientos setenta y cinco con quince**) dólares americanos

6.1.2 Gastos indirectos

Entre los gastos indirectos se encuentran las horas de trabajo invertidas en diseño, construcción, el tiempo empleado en realizar pruebas y correcciones correspondientes a los errores que se han ido presentando, todas estas horas son detalladas para poder determinar el costo de la hora de trabajo de acuerdo al salario mínimo en Ecuador para un operador electromecánico que es de \$400,00 dólares americanos, el cual se le realiza un cálculo de acuerdo al código de trabajo que especifica que se debe trabajar 40 horas semanales.

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

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

$$\text{Costo} = 400 = \$ 2,50 \text{ la hora}$$

Tabla 5.7 Gastos indirectos totales

Horas de trabajo	Actividad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
160	Diseño Estructural	2,50	400
100	Construcción	2,50	250
86	Programación	2,50	215
86	Pruebas de funcionamiento	2,50	215
Total			\$ 1080,00

Se ha determinado que hubo un gasto indirecto de \$1080,00 (**mil ochenta 00/100**) dólares americanos.

Dando un gasto total igual a \$ 3755,15 (**tres mil setecientos cincuenta y cinco 15/100**) dólares americanos que es la suma de gastos directos y gastos indirectos.

Los gastos directos detallados se indican en el anexo H.

6.2 ANÁLISIS DEL VAN Y TIR

Realizando un análisis para 7 años (tiempo aproximado de duración del módulo) con una tasa de descuento del 12% el valor de depreciación, indicando así los cálculos realizados, que el valor actual neto (VAN) siempre que sea mayor a cero indica que el proyecto es rentable, debido a que dentro de 7 años se recuperará la inversión y se tendrá mayor beneficio, mientras que la tasa interna de retorno (TIR) especifica la tasa a la cual se recuperará la inversión inicial que será a un 75%.

Tabla 5.8 Cálculo VAN Y TIR

FLUJO DE CAJA				
Periodos	Inversión Inicial	Ingresos	Egresos	FNE
				(Flujo neto Efectivo)
0	3755,15			-3755,15
1		3900	2100	1800
2		4200	2500	1700
3		4200	2500	1700
4		4200	2400	1800
5		4200	2500	1700
6		4200	2500	1700
7		4200	2500	1700
Tasa		12%		
VAN		\$11.666,37		
TIR		43%		

6.3 ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.3.1 Impacto Práctico

El proyecto de titulación brinda información bibliográfica y técnica para el desarrollo de un SCADA para un sistema de bombeo de agua a presión constante mediante el uso de un variador de frecuencia, controladores lógicos programables, transmisores y bomba, además, del acondicionamiento de señales analógicas y sintonización esto ayudará a que los estudiantes técnicos puedan ejercer sus prácticas a una similitud de una industria a gran escala ya que cuenta con transmisores industriales que se encuentran dentro del campo de aplicación.

6.3.1 Impacto Tecnológico

El avance tecnológico con el que convive el mundo nos lleva a una constante capacitación por parte de los seres humanos para estar a la vanguardia para manejar ciertos procesos, por el que la implementación de este módulo de bombeo de agua a presión constante para todos aquellos estudiantes que les atraiga el aprendizaje de la línea de automatización y control de procesos industriales les genere una herramienta para que se puedan preparar en el uso de controladores lógicos programables que es la última tecnología aplicada que conjuntamente a un desarrollo de sistemas SCADA son los que comandan la optimización de las industrias de hoy en día dándonos como resultado futuros profesionales capacitados a la vanguardia.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Para obtener la función de transferencia mediante datos experimentales se debe tener una línea de tendencia con un R^2 lo más cercano a uno en el caso práctico con un valor de 0,9881 indicando que se puede aplicar para llegar a tener un modelo aceptable en el software Matlab con un porcentaje de estimación del 87,55 % logrando tener unas variables aceptables para aplicar un PID en los distintos métodos de sintonización.
- El tiempo de establecimiento de la variable de proceso varía de acuerdo a los diferentes métodos implementados ya sea Lambda Robusto, Agresivo o Ziegler Nihcols este último método con un tiempo de establecimiento menor al resto con 50,5 segundos pero con el mayor sobre impulso generando oscilaciones a lo largo del régimen estacionario lo cual hace innecesaria su implementación ya que se trata de un proceso a presión constante, Lambda Robusto con un tiempo de establecimiento de 237,6 segundos y Lambda Agresivo que con un tiempo de establecimiento de 193,6 segundos que cumplen con la función de tener el proceso de agua a presión constante siendo los dos mejores métodos para la implementación en la estación de bombeo.
- La interpretación de datos adquiridos dentro del software es de gran importancia ya que en el transcurso de un cierto límite de tiempo se puede observar que sucedió con el proceso consiguiente a eso poder tomar alguna decisión y poder ver el correcto funcionamiento de la estación durante todo su proceso.
- El sistema SCADA implementado integra toda la parte de supervisión y control tanto de manera local con la KTP y de manera remota con la HMI del Software, con un tiempo de 500 milisegundos de diferencia en la realización de cualquier acción de esta manera se puede observar el proceso real de toda la estación sin la necesidad de estar presentes en el módulo físico convirtiéndole en un programa de alta precisión para su aplicación a gran escala.
- Como supervisor de un sistema SCADA se debe tener claro que obligatoriamente se debe contar con conocimientos de sistemas de control para aplicar un óptimo proceso ya que un mal análisis de las variables de ganancia proporcional, tiempo integral y tiempo derivativo pueden dañar los actuadores de la planta conjuntamente debe ir a la par el conocimiento de programación de controladores lógico programables que todo unido nos ayuda a la implementación de un sistema SCADA.

Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de un transmisor de presión que no sobrepase los 60 psi para poder trabajar con un rango normal de voltaje.
- Se debe conocer todas las características de los elementos a utilizar conociendo los parámetros de funcionamiento a través del manual de usuario para evitar malas conexiones y futuros daños en los elementos implementados en el módulo con esto se consigue alargar la vida útil del módulo.
- Se recomienda realizar un análisis de sintonía fina de las constantes de ganancia proporcional, tiempo integral y tiempo derivativo para lograr que el sistema sea de mayor estabilidad.
- Se recomienda establecer los mismos parámetros de dirección ip en todos los equipos a utilizar para evitar fallos en la comunicación entre el sistema SCADA, PLC y KTP
- Se recomienda instalar y programar el software MySQL con los parámetros establecidos para poder lograr la obtención de datos dentro del sistema SCADA de lo contrario no se podrá visualizar las gráficas en tiempo real del proceso de la estación.

8. BIBLIOGRAFÍA

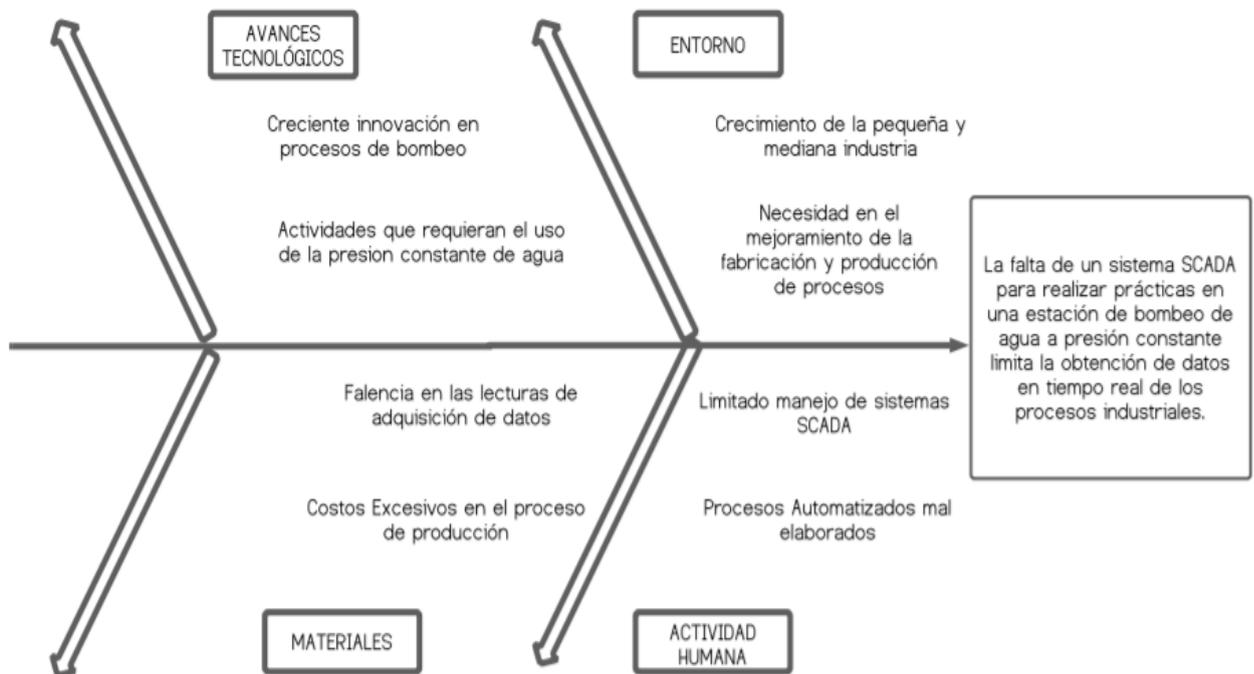
- [1] UNESCO, “Nomenclatura internacional de UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología,” 1974.
- [2] A. Cede, “Módulo didáctico para controlar nivel y caudal de agua, mediante sistema SCADA, PLC y algoritmo PID.,” 2019.
- [3] S. B. Tigse, “Diseño y construcción de un módulo didáctico con el PLC s7-1200 para la simulación de variación de presión de un fluido,” 2017.
- [4] E. Pruna, E. R. Sasig, and S. Mullo, “PI and PID controller tuning tool based on the lambda method,” *2017 Chil. Conf. Electr. Electron. Eng. Inf. Commun. Technol. CHILECON 2017 - Proc.*, vol. 2017-Janua, pp. 1–6, 2017.
- [5] E. R. Vaca Paredes, “Implementación de un sistema scada mediante el software intouch para el control y visualización de procesos industriales,” 2019.
- [6] M. Vega, “Diseño e implementación de un sistema de control de variadores de velocidad para obtener presión de agua constante en un edificio de la Universidad Simón Bolívar,” *Univ. Politec. Nac.*, p. 196, 2011.
- [7] Bombas Ideal, *Datos Técnicos de Hidraulica de Bombas*. Valencia, 2019.
- [8] M. Monge and A. Redondo, “Cavitación,” 2017.
- [9] G. Calderón and R. Contreras, “Estudio de la cavitación en las bombas de agua,” 2003.
- [10] Marketizer, “Las bombas centrífugas y la cavitación,” 2018. .
- [11] W. A. Quinatoa and O. B. Panchi, *Construcción de un modulo de control en cascada de nivel para el laboratorio de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi*. 2020.
- [12] L. M. Barrionuevo and S. J. Villamarin, “Diseño de un módulo de entrenamiento para un sistema de bombeo de agua a presión constante para el centro de capacitación ‘Ceproin,’” Universidad Técnica De Cotopaxi, 2021.
- [13] M. G. Llumiquinga Sanguano, “Control automático para bombeo de agua con variadores de velocidad para obtener presión constante,” Universidad de Ciencias y Humanidades, 2019.
- [14] P. Ing and C. Ruedas, “Automatización industrial: áreas de aplicación para ingeniería,”

- Boletín electrónico, Univ. Rafael Landívar*, vol. 2008, no. 10, pp. 1–19, 2008.
- [15] “Tecnología de sistemas de control - Cecilio Angulo Bahón, Cristóbal Raya Giner - Google Libros.” [Online]. Available: https://books.google.co.cr/books?id=Vbd11zVvk_QC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true. [Accessed: 25-Jul-2021].
- [16] N. Nise, *Sistemas de control para ingeniería*. Mexico, 2006.
- [17] V. Alfaro, “Identificación de modelos de orden reducido a partir de la curva de reacción del proceso,” *Cienc. y Tecnol. Rev. la Univ. Costa Rica*, vol. 24, no. 2, pp. 197–216, 2006.
- [18] J. A. Henriquez, N. Wuemdel, and J. M. Rodriguez, “Identificación y sintonización de controladores PID para procesos de integración,” Universidad de la Costa, Barranquilla, 2019.
- [19] J. L. TORRES CAPUZ and S. X. CHANOLUISA MARTÍNEZ, “Diseño E Implementación De Un Sistema De Control En Una Planta,” Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [20] S. M. Charre-Ibarra, J. A. Alcalá-Rodríguez, N. López-Luiz, and M. A. Durán-Fonseca, “SISTEMA DIDÁCTICO DE CONTROL DE PRESIÓN,” *Form. Univ.*, vol. 7, no. 5, pp. 33–40, 2014.
- [21] A. R. Penin, *Sistemas SCADA*. .
- [22] E. R. Herrera Alvarado, “Control y monitoreo de cargas inductivas y resistivas para un mantenimiento predictivo, utilizando un sistema SCADA mediante Ignition.,” 2018.
- [23] L. Corrales, “Interfaces de Comunicación Industrial ,” 2007.
- [24] J. Romagosa, D. Gallego, and R. Pacheco, “Sistemas Scada,” 2004.
- [25] Copadata, “¿Qué es SCADA?” [Online]. Available: <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-es-scada/>. [Accessed: 02-Aug-2021].
- [26] Universidad Nacional de Colombia, “MySQL .” [Online]. Available: <http://www.fce.unal.edu.co/unidad-de-informatica/proyectos-de-estudio/ejes-tematicos-transversales/software-libre-y-propietario/2135-mysql.html>. [Accessed: 02-Aug-2021].
- [27] Asamblea Nacional del Ecuador, “Ley Orgánica del Servicio Público de Energía

- Eléctrica,” 2015.
- [28] ARCONEL, “Regulación del Sector Eléctrico .” [Online]. Available: https://www.regulacionelectrica.gob.ec/introduccion_regulacion/. [Accessed: 09-Aug-2021].
- [29] Instituto Tecnológico Metropolitano, “Identificación de procesos y curva de reacción,” Medellín - Colombia.
- [30] D. Benalcázar, “Repaso Control Automático,” 2015.

9. ANEXOS

ANEXO	DIAGRAMA CAUSA – EFECTO	1 DE 1
A		



ANEXO	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	1 DE 1
B		

Análisis estático: Estructura

Material

Nombre	Acero, suave	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Nombre de la pieza	Estructura	

Condiciones de funcionamiento

Gravedad

Tipo de carga	Gravedad
Magnitud	9.81000 m/s ²
Vector X	0.000 m/s ²
Vector Y	0.000 m/s ²
Vector Z	9.81000 m/s ²

Fuerza1: Llantas

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	800.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	800.000 N

Fuerza 2: Estructura

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	100.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	100.000 N

Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y,Z)	Magnitud	Componente (X, Y,Z)
Restricción fija	3223.55N	0 N	574.718 N m	574.335 N m
		0 N		-20.9843 N m
		-3223.55N		0 N m

Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	29912800 mm ³	
Masa	234.815 kg	
Tensión de Von Mises	0.0152696 MPa	81.4112 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.312663 mm
Coefficiente de seguridad	2.54265 su	15 su

Tensión de Von Mises

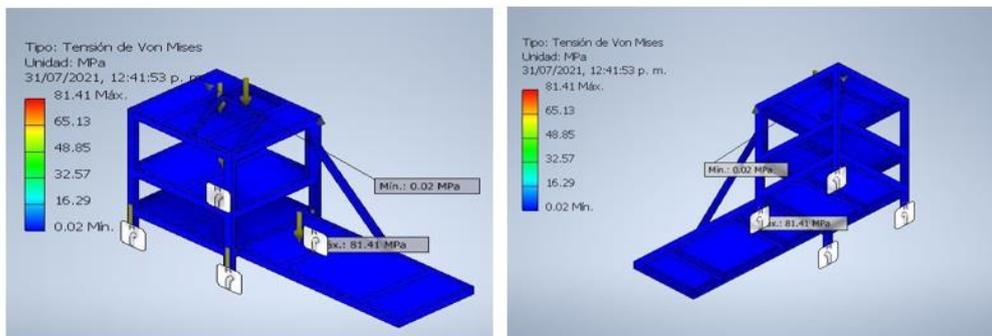


Figura B.1. Tensión de Von Mises

Desplazamiento y Coeficiente de Seguridad

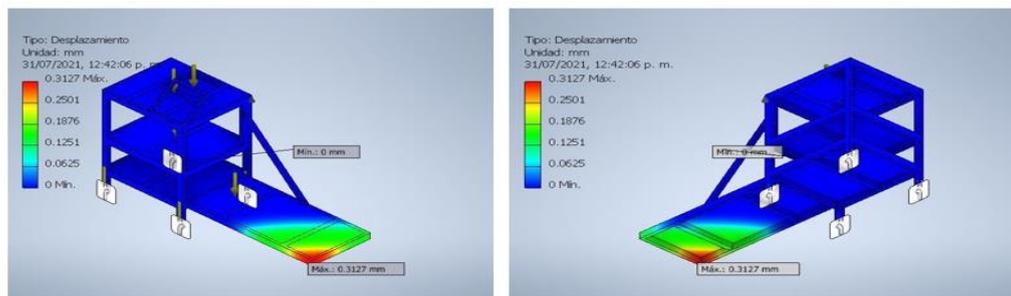


Figura B.2. Desplazamiento

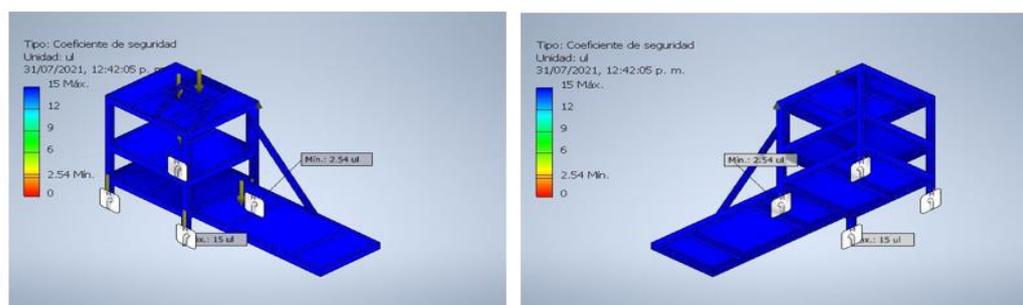


Figura B.3. Coeficiente de seguridad

ANEXO	MODELAMIENTO DEL SISTEMA	1 DE 1
C		

Constantes de la ecuación de segundo grado para ingresar en la programación de LabVIEW

Tabla C.1 Línea de tendencia Presión (kPa) – Variador (Hz)

Variador (Hz)	Presión kPa
6	3.4
12	5.01
12.6	7.01
16.2	11.39
20.4	15.23
25.8	19.2
28.2	22.91
31.2	29.9
34.2	34.53
37.8	42.21
42	53.7
45	61.4
48	69.18
51	76.86
54	88.1
57	96.16

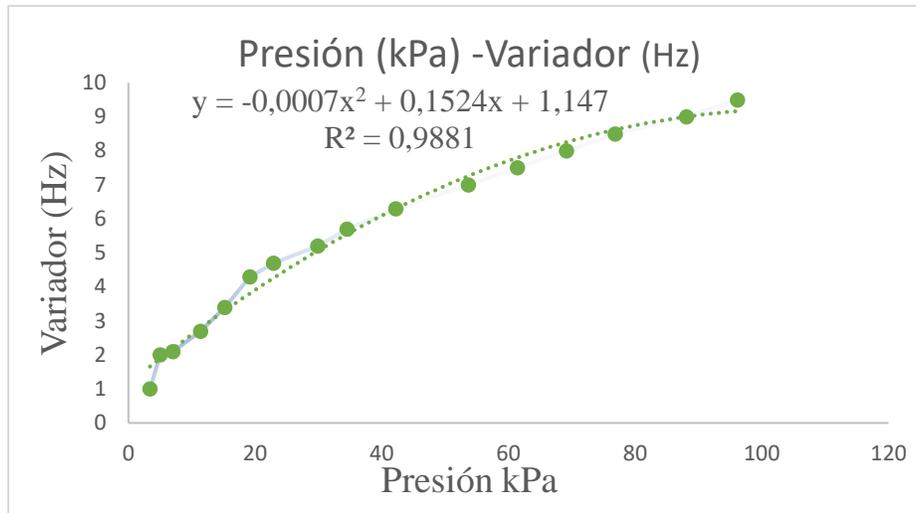


Figura C.1. Línea de tendencia Presión (kPa) -Variador (Hz)

PROGRAMACIÓN EN LABVIEW PARA LA CURVA DE REACCIÓN

Doy valores de SP para realizar el método de curva de reacción y encontrar la ecuación de segundo orden para recopilar datos seleccionamos dando doble clic en file path y generamos un block de notas para que se nos guarde los datos recopilados.



Figura C.2. Curva de reacción

Programación para recopilar datos para sacar la ecuación de segundo orden.

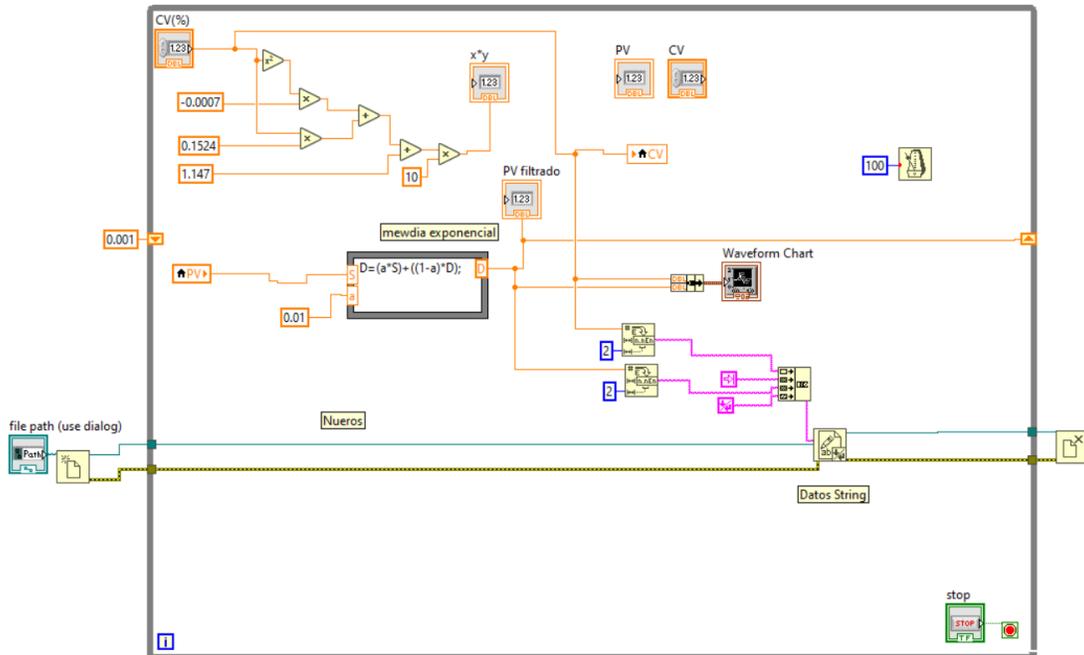


Figura C.3. Programación

Programación para recopilar datos para sacar la función de transferencia ya ingresadas las constantes de la ecuación de segundo orden.

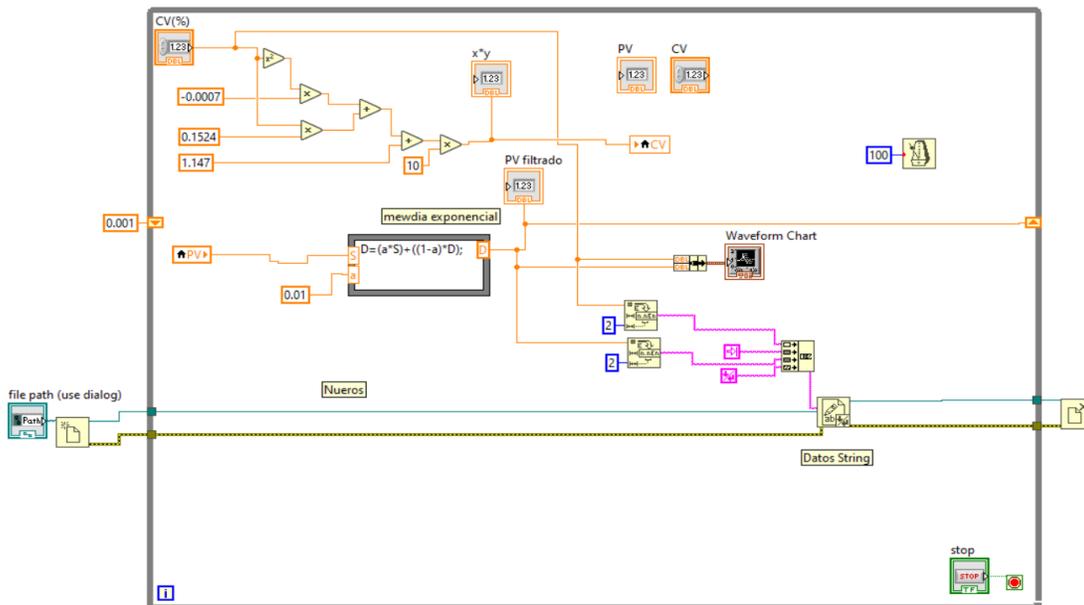


Figura C.4. Programación En LabVIEW

Filtro de media exponencial aplicada a la programación de LabVIEW.



Figura C.5. Filtro de media exponencial

PASOS EN MATLAB PARA LA ENCONTRAR LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

1. Ingresamos los vectores obtenidos en labview

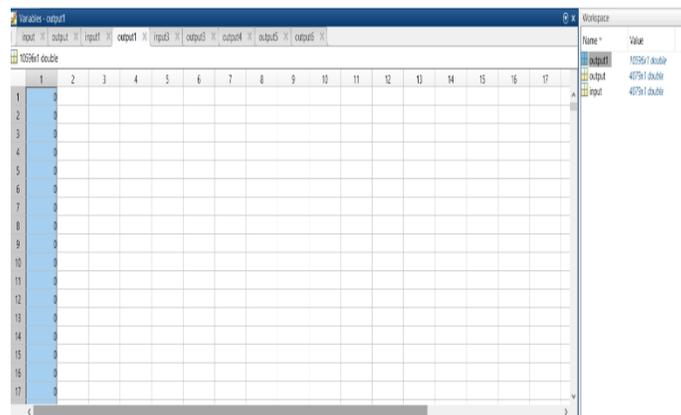


Figura C.6. Vectores obtenidos en labVIEW

2. Llamamos a los vectores a través de la función ident

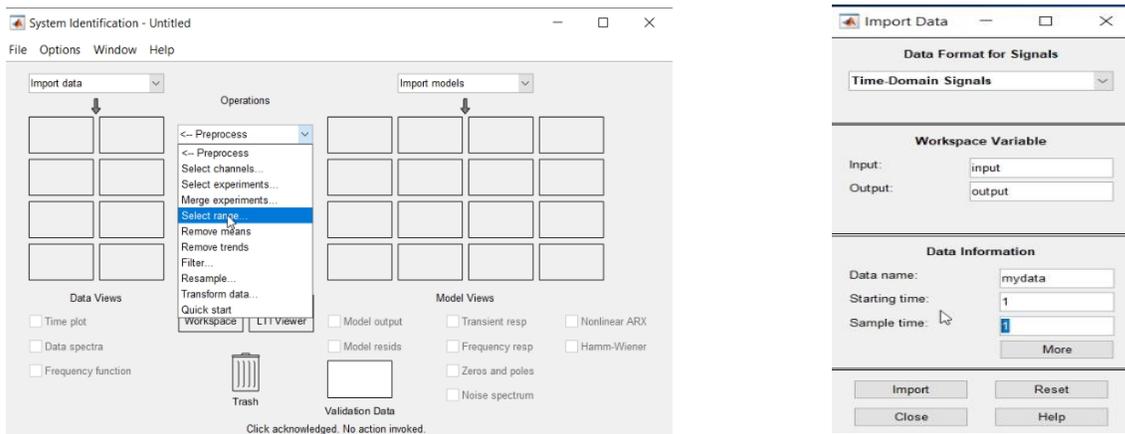


Figura C.7. Vectores a través de la función ident

3. Encontramos la función de transferencia

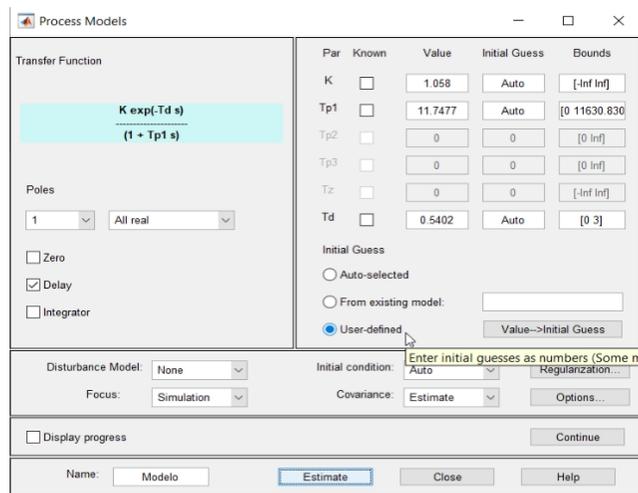


Figura C.8. Función de transferencia

4. Programación utilizada para los parámetros de la función de transferencia

```
>> output2=[];
>> output1=[];
>> Modelo

Modelo =
Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = ----- * exp(-Td*s)
      1+Tp1*s

      Kp = 1.058
      Tp1 = 11.748
      Td = 0.5402

Name: Modelo
Parameterization:
  'PID'
Number of free coefficients: 3
Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "mydata".
Fit to estimation data: 87.55%
FPE: 11.47, MSE: 11.45
```

Figura C.9. Programación

5. Estimación del método

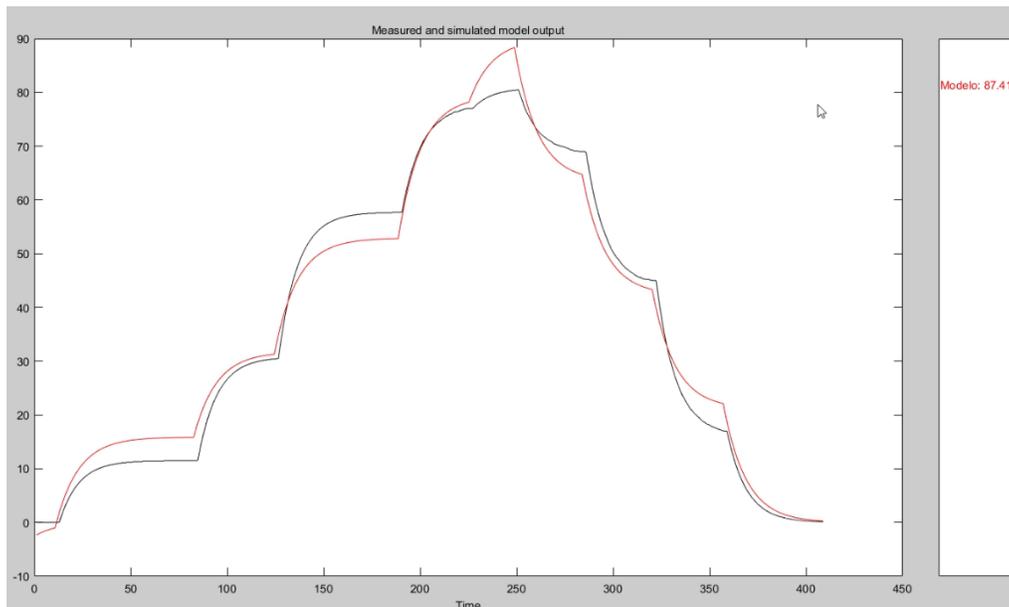


Figura C.10. Estimación del método

ANEXO D	COMPORTAMIENTO ENTRE MÉTODOS LAMBDA ROBUSTO, AGRESIVO Y ZIEGLER NICHOLS	1 DE 1
------------	--	--------

Tiempo (s)	SET POINT (kPa)	ROBUSTO (kPa)	AGRESIVO (kPa)	ZIEGLER NICHOLS (kPa)
0.8	0	0.158648272	0.734641698	2.241947889
1.6	0	0.162427232	0.736451205	2.040804612
2.4	0	0.166206191	0.738260712	1.877935561
3.2	0	0.16998515	0.740070219	1.71506651
4	0	0.17376411	0.741879726	1.55219746
4.8	0	0.177543069	0.743689232	1.424345255
5.6	0	0.181322028	0.745498739	1.244175322
6.4	0	0.185100988	0.747308246	1.095887312
7.2	0	0.188879947	0.749117753	0.947599302
8	0	0.192658907	0.75092726	0.799311291
8.8	0	0.196437866	0.752736767	0.685129523
9.6	0	0.200216825	0.754546274	0.520548172
10.4	50	0.203995785	0.756355781	0.386742195
11.2	50	0.207774744	0.758165287	0.252936219
12	50	0.211553703	0.759974794	0.119130242
12.8	50	0.215332663	0.761784301	0.01676867
13.6	50	0.219111622	0.763593808	0.012630946
14.4	50	0.222890582	0.765403315	0.009280562
15.2	50	0.226669541	0.767212822	0.005930179
16	50	0.2304485	0.769022329	0.002579795
16.8	50	0.23422746	0.770831836	0.002579795
17.6	50	0.238006419	0.772641343	0.650520025
18.4	50	0.241785378	0.774450849	1.179398094

19.2	50	0.245564338	0.776260356	1.708276163
20	50	0.249343297	0.778069863	2.237154232
20.8	50	0.253122256	0.77987937	2.644390345
21.6	50	0.256901216	0.781688877	6.325734751
22.4	50	0.260680175	0.783498384	9.318697682
23.2	50	0.264459135	0.785307891	12.31166061
24	50	0.268238094	0.787117398	15.30462355
24.8	50	0.272017053	0.788926904	17.59424019
25.6	50	0.275796013	0.790736411	21.45850342
26.4	50	0.279574972	0.792545918	24.5874615
27.2	50	0.283353931	0.794355425	27.71641958
28	50	0.287132891	0.796164932	30.84537766
28.8	50	0.29091185	0.797974439	33.28596497
29.6	50	0.29469081	0.799783946	36.39122528
30.4	50	0.298469769	0.801593453	38.93652062
31.2	50	0.302248728	0.803402959	41.48181596
32	50	0.306027688	0.805212466	44.0271113
32.8	50	0.309806647	0.807021973	45.97426224
33.6	50	0.313585606	0.80883148	47.58618706
34.4	50	0.317364566	0.810640987	48.89138934
35.2	50	0.321143525	0.812450494	50.19659162
36	50	0.324922484	0.814260001	51.5017939
36.8	50	0.328701444	0.816069508	52.51985168
37.6	50	0.332480403	0.817879014	52.33283293
38.4	50	0.336259363	0.819688521	52.17953886
39.2	50	0.340038322	0.821498028	52.0262448
40	50	0.343817281	0.823307535	51.87295074
40.8	50	0.347596241	0.825117042	51.7472496

41.6	50	0.3513752	0.826926549	51.30950582
42.4	50	0.355154159	0.828736056	50.93853651
43.2	50	0.358933119	0.830545563	50.56756719
44	50	0.362712078	0.83235507	50.19659788
44.8	50	0.366491038	0.834164576	49.90724182
45.6	50	0.370269997	0.835974083	49.843621
46.4	50	0.374048956	0.83778359	49.79147279
47.2	50	0.377827916	0.839593097	49.73932458
48	50	0.381606875	0.841402604	49.68717637
48.8	50	0.385385834	0.843212111	49.64702225
49.6	50	0.389164794	0.845021618	49.89226526
50.4	50	0.392943753	0.846831125	50.09164983
51.2	50	0.396722712	0.848640631	50.29103439
52	50	0.400501672	0.850450138	50.49041896
52.8	50	0.404280631	0.852259645	50.64294815
53.6	50	0.408059591	0.854069152	50.73124926
54.4	50	0.408131391	0.855878659	50.80274813
55.2	50	1.334232092	0.857688166	50.874247
56	50	2.172049522	0.859497673	50.94574587
56.8	50	2.929977179	0.86130718	51.0004425
57.6	50	3.804450035	0.863116686	50.88477504
58.4	50	4.924197197	0.864926193	50.79111717
59.2	50	5.943156719	0.8667357	50.6974593
60	50	6.865009785	0.868545207	50.60380143
60.8	50	7.698986053	0.870354714	50.53168488
61.6	50	8.453437805	0.87159121	50.36390945
62.4	50	9.318860054	2.439111942	50.22750667
63.2	50	10.41368771	2.855794668	50.09110388

64	50	11.43378258	4.907983781	49.9547011
64.8	50	12.3566637	6.151734759	49.8469429
65.6	50	13.19156361	7.00163126	49.80736613
66.4	50	13.94685459	8.514732273	49.77465805
67.2	50	14.74876976	8.913118362	49.74194998
68	50	15.6350708	11.06884411	49.7092419
68.8	50	17.55539322	11.09057522	49.68323898
69.6	50	17.57092667	13.11146736	49.74084986
70.4	50	18.44971466	14.5645903	49.78865971
71.2	50	19.24471664	15.66544102	49.83646957
72	50	19.96390152	16.76629173	49.88427942
72.8	50	21.25309207	16.78280449	49.93208928
73.6	50	21.26674461	18.64741707	49.97989913
74.4	50	22.0593338	20.09400406	50.02770899
75.2	50	23.03678703	20.4762249	50.07551884
76	50	23.92107773	22.11304371	50.1233287
76.8	50	24.7210598	22.13121223	50.16109848
77.6	50	25.44473648	23.62879562	50.1293331
78.4	50	26.09939003	24.85197773	50.10308071
79.2	50	26.69157028	25.17826271	50.07682833
80	50	27.23366737	26.75636437	50.05057595
80.8	50	27.71759033	26.77072525	50.02432356
81.6	50	28.48986053	28.31591225	49.99807118
82.4	50	29.16977119	29.44869006	49.9718188
83.2	50	29.99551201	29.75267601	49.94556641
84	50	30.74399376	31.03581285	49.91931403
84.8	50	31.42108536	31.05269623	49.89923096
85.6	50	32.03356934	32.22893524	49.8775394

86.4	50	32.58760071	33.06668215	49.85997539
87.2	50	33.08875275	33.29312897	49.84241138
88	50	33.54206848	34.24529716	49.82484737
88.8	50	33.95209885	34.25590897	49.80728336
89.6	50	34.32297134	35.12691498	49.78971935
90.4	50	35.01452723	35.74649981	49.77215534
91.2	50	35.02185822	36.21707056	49.75459133
92	50	36.37825728	36.68764132	49.73702732
92.8	50	36.3926506	36.69548416	49.72359085
93.6	50	37.04946136	37.60873032	49.74422946
94.4	50	38.11987952	38.22157185	49.76094089
95.2	50	38.13014603	38.38504791	49.77765231
96	50	38.61951828	39.27343642	49.79436374
96.8	50	39.07422256	39.28152084	49.80714798
97.6	50	39.48551178	40.01504517	49.90044277
98.4	50	39.85752106	40.50514664	49.9759851
99.2	50	40.19401169	40.63965988	50.05152744
100	50	40.76840268	41.29783622	50.12706978
100.8	50	40.77362442	41.69916325	50.18863678
101.6	50	41.24257832	42.10049028	50.17938773
102.4	50	41.24778366	42.50181732	50.17158263
103.2	50	41.63006122	42.64361954	50.16377753
104	50	41.63566589	43.23557309	50.15597243
104.8	50	41.94866567	43.24456024	50.15000153
105.6	50	41.95295334	43.78507233	50.12266884
106.4	50	42.0892334	44.1702049	50.10053711
107.2	50	42.25694275	44.27707672	50.07840538
108	50	42.59463484	44.67281224	50.05627365

108.8	50	42.59787369	44.91435987	50.03414192
109.6	50	42.67740631	45.08183289	50.01201019
110.4	50	42.8241539	45.34915494	49.98987847
111.2	50	43.54733169	45.55373815	49.96774674
112	50	43.55535889	45.75832136	49.94561501
112.8	50	43.67478943	45.76241302	49.92868423
113.6	50	44.25324576	46.0446167	49.91866139
114.4	50	44.25849915	46.23271819	49.91054573
115.2	50	45.05457219	46.37649004	49.90243006
116	50	45.06180191	46.52026188	49.8943144
116.8	50	45.43190384	46.66403372	49.88619874
117.6	50	46.0573312	46.76299667	49.87808307
118.4	50	46.06521606	46.91871567	49.86996741
119.2	50	46.33946228	47.03743409	49.86185174
120	50	46.58261871	47.15615251	49.85373608
120.8	50	46.97959283	47.15832901	49.84744644
121.6	50	46.98460007	47.34957311	49.92741556
122.4	50	47.30478742	47.4460798	49.99269648
123.2	50	47.4669076	47.48017883	50.05797739
124	50	47.47047424	47.60484092	50.1232583
124.8	50	47.72041924	47.68054664	50.17385101
125.6	50	47.84678172	47.75625235	50.19517546
126.4	50	47.84905624	47.83195807	50.21258317
127.2	50	48.03556432	47.85870743	50.22999088
128	50	48.12966527	47.95094172	50.24739859
128.8	50	48.13164139	48.00695444	50.26071548
129.6	50	48.26954671	48.06296717	50.23229437
130.4	50	48.33923106	48.11897989	50.20928131

131.2	50	48.34069443	48.13877106	50.18626826
132	50	48.41041586	48.2037993	50.16325521
132.8	50	48.4111557	48.24329014	50.14024216
133.6	50	48.48693247	48.28278097	50.11722911
134.4	50	48.5252229	48.32227181	50.09421606
135.2	50	48.56351334	48.36176265	50.07120301
136	50	48.60180377	48.40125348	50.04818996
136.8	50	48.60256958	48.40224075	50.0251769
137.6	50	48.65213421	48.45208374	50.00216385
138.4	50	48.67716685	48.4773207	49.9791508
139.2	50	48.70219949	48.50255766	49.95613775
140	50	48.72723213	48.52779461	49.9331247
140.8	50	48.75226478	48.55303157	49.91551971
141.6	50	48.75299072	48.57826853	49.8936628
142.4	50	48.77671264	48.60350549	49.87596489
143.2	50	48.78874811	48.61259079	49.85826699
144	50	48.80078358	48.63548464	49.84056908
144.8	50	48.81281905	48.64944431	49.82287117
145.6	50	48.82485452	48.66340397	49.80517327
146.4	50	48.83689	48.67736364	49.78747536
147.2	50	48.84892547	48.6913233	49.76977745
148	50	48.86096094	48.70528297	49.75207955
148.8	50	48.86121368	48.71924263	49.73854065
149.6	50	48.8679786	48.7332023	49.79706435
150.4	50	48.87139694	48.74716196	49.84445196
151.2	50	48.87481529	48.76112163	49.89183957
152	50	48.87823364	48.77508129	49.93922718
152.8	50	48.88165199	48.77533722	49.97571564

153.6	50	48.88507034	48.79330331	50.05494083
154.4	50	48.88848869	48.80236946	50.11935155
155.2	50	48.89190704	48.81143561	50.18376228
156	50	48.89532538	48.82050177	50.248173
156.8	50	48.89874373	48.82956792	50.2974472
157.6	50	48.90216208	48.83863407	50.27088121
158.4	50	48.90558043	48.84770022	50.24937028
159.2	50	48.90899878	48.85100937	50.22785935
160	50	48.91241713	48.91419875	50.20634842
160.8	50	48.91583548	48.95284669	50.18483749
161.6	50	48.91925382	48.97932053	50.16332656
162.4	50	48.92267217	48.98598357	50.14181563
163.2	50	48.92273712	48.99105053	50.1203047
164	50	48.92361634	48.99611748	50.09879377
164.8	50	48.92406016	48.99622726	50.07728284
165.6	50	48.92450399	49.09534073	50.05577191
166.4	50	48.92494781	49.09689554	50.03426099
167.2	50	48.92539164	49.09731293	50.01275006
168	50	48.92583546	49.20921355	49.99123913
168.8	50	48.92627929	49.21057129	49.9697282
169.6	50	48.92672311	49.25235658	49.94821727
170.4	50	48.92716694	49.27346026	49.92670634
171.2	50	48.92761076	49.28112793	49.90519541
172	50	48.92805459	49.445681	49.88368448
172.8	50	48.92849841	49.44936752	49.8667984
173.6	50	48.92894224	49.44925939	49.85098818
174.4	50	48.92938606	49.44920431	49.83797566
175.2	50	48.92982989	49.44914923	49.82496313

176	50	48.93027371	49.44909415	49.81195061
176.8	50	48.93071754	49.44909286	49.80147552
177.6	50	48.93116136	49.39990997	49.80750115
178.4	50	48.93160519	49.48110644	49.81254351
179.2	50	48.93204901	49.50318527	49.81758588
180	50	48.93249284	49.66102424	49.82262824
180.8	50	48.93293666	49.66342545	49.82688904
181.6	50	48.93338049	49.74481201	49.89737571
182.4	50	48.93382431	49.71362149	49.95840313
183.2	50	48.93383408	49.68990247	50.01943054
184	50	49.05827332	49.66618344	50.08045796
184.8	50	49.04434409	49.6657486	50.12775421
185.6	50	49.03730557	49.6899147	50.14198474
186.4	50	49.03026706	49.67052596	50.1536015
187.2	50	49.02322854	49.66527176	50.16521827
188	50	49.01619002	49.59936171	50.17683503
188.8	50	49.00915151	49.59842682	50.18601227
189.6	50	49.00211299	49.5854454	50.15739991
190.4	50	48.99507447	49.61845426	50.13375333
191.2	50	48.98803595	49.62744141	50.11010676
192	50	48.98099744	49.8540517	50.08646018
192.8	50	48.98084259	49.85726929	50.0628136
193.6	50	48.97381793	50.00861359	50.03916702
194.4	50	48.97026653	50.06984459	50.01552045
195.2	50	48.97019196	50.08649445	49.99187387
196	50	49.03207779	49.98378674	49.96822729
196.8	50	49.05178833	49.92128712	49.94789124
197.6	50	49.04059982	49.87816238	49.92557817

198.4	50	49.06288201	49.84549684	49.9060053
199.2	50	49.06311798	49.82056131	49.88643244
200	50	49.0664444	49.79562577	49.86685957
200.8	50	49.13043976	49.79504395	49.85100555
201.6	50	49.14971161	49.82893372	49.87827734
202.4	50	49.12103701	49.81301174	49.90119481
203.2	50	49.10655489	49.80875778	49.92411228
204	50	49.10625076	49.93967002	49.94702975
204.8	50	49.14786148	50.01901077	49.96444702
205.6	50	49.11638032	50.07362366	49.96227315
206.4	50	49.11606216	50.09304768	49.96052003
207.2	50	49.19730759	50.09830475	49.95876691
208	50	49.18691635	50.18288786	49.95701379
208.8	50	49.26208207	50.18400192	49.95526067
209.6	50	49.30006374	50.06451797	49.95350754
210.4	50	49.30086136	49.99947903	49.95175442
211.2	50	49.44244003	49.98187637	49.9500013
212	50	49.45794678	50.03134234	49.94824818
212.8	50	49.55702681	50.03199387	49.94690704
213.6	50	49.60721933	49.9561348	49.92568802
214.4	50	49.609478	49.95287958	49.90850662
215.2	50	49.54804611	49.95039784	49.89132523
216	50	49.63851366	49.9479161	49.87414383
216.8	50	49.68422742	49.94784164	49.86100006
217.6	50	49.72994119	49.89504623	49.9010783
218.4	50	49.77090073	49.88941998	49.93353031
219.2	50	49.74480438	49.88513059	49.96598232
220	50	49.78826523	49.88084121	49.99843434

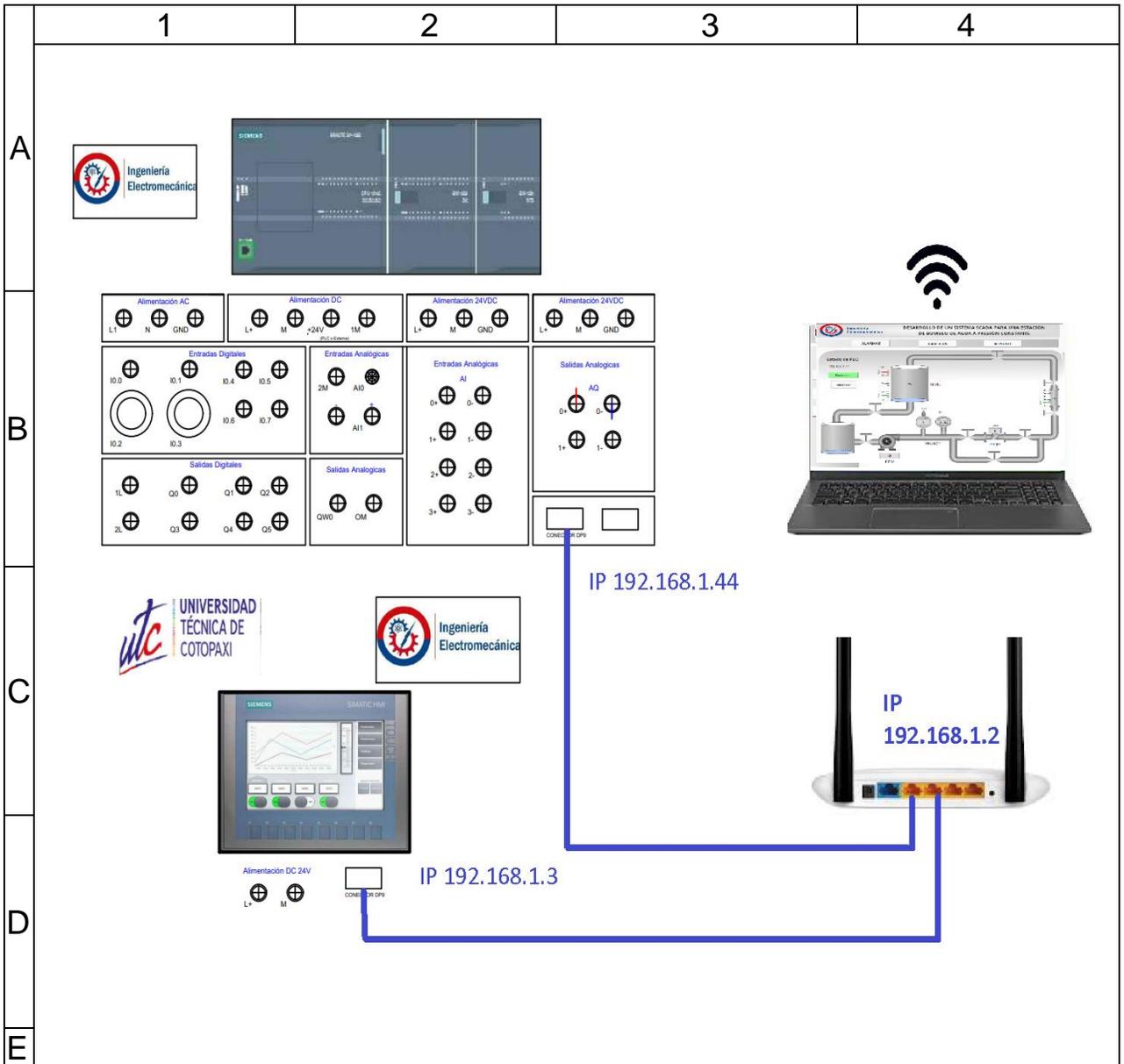
220.8	50	49.76738358	49.88074112	50.02553177
221.6	50	49.72129484	49.82047538	50.09378717
222.4	50	49.67977346	49.7899868	50.1523755
223.2	50	49.67420959	49.77916336	50.21096383
224	50	49.63319397	49.76571817	50.26955216
224.8	50	49.66739273	49.7575448	50.31407928
225.6	50	49.68164825	49.75191879	50.30025
226.4	50	49.8276062	49.70776292	50.28909735
227.2	50	49.83919144	49.69581223	50.2779447
228	50	49.78556888	49.72412763	50.26679205
228.8	50	49.77888107	49.72452927	50.25831604
229.6	50	49.85882187	49.70437241	50.23833558
230.4	50	49.83460999	49.93241207	50.22222231
231.2	50	49.91373444	49.99578857	50.20610904
232	50	49.93376541	50.12407602	50.18999577
232.8	50	49.8620491	50.1260376	50.1738825
233.6	50	49.93408966	50.07470322	50.15776923
234.4	50	49.84741592	50.00131659	50.14165596
235.2	50	49.87495422	49.98136139	50.12554269
236	50	49.81456375	49.93132755	50.10942942
236.8	50	49.99339294	49.93066788	50.09331614
237.6	50	50.01528168	50.05196762	50.07720287
238.4	50	49.91495132	50.06992288	50.0610896
239.2	50	50.10517883	50.08359441	50.04497633

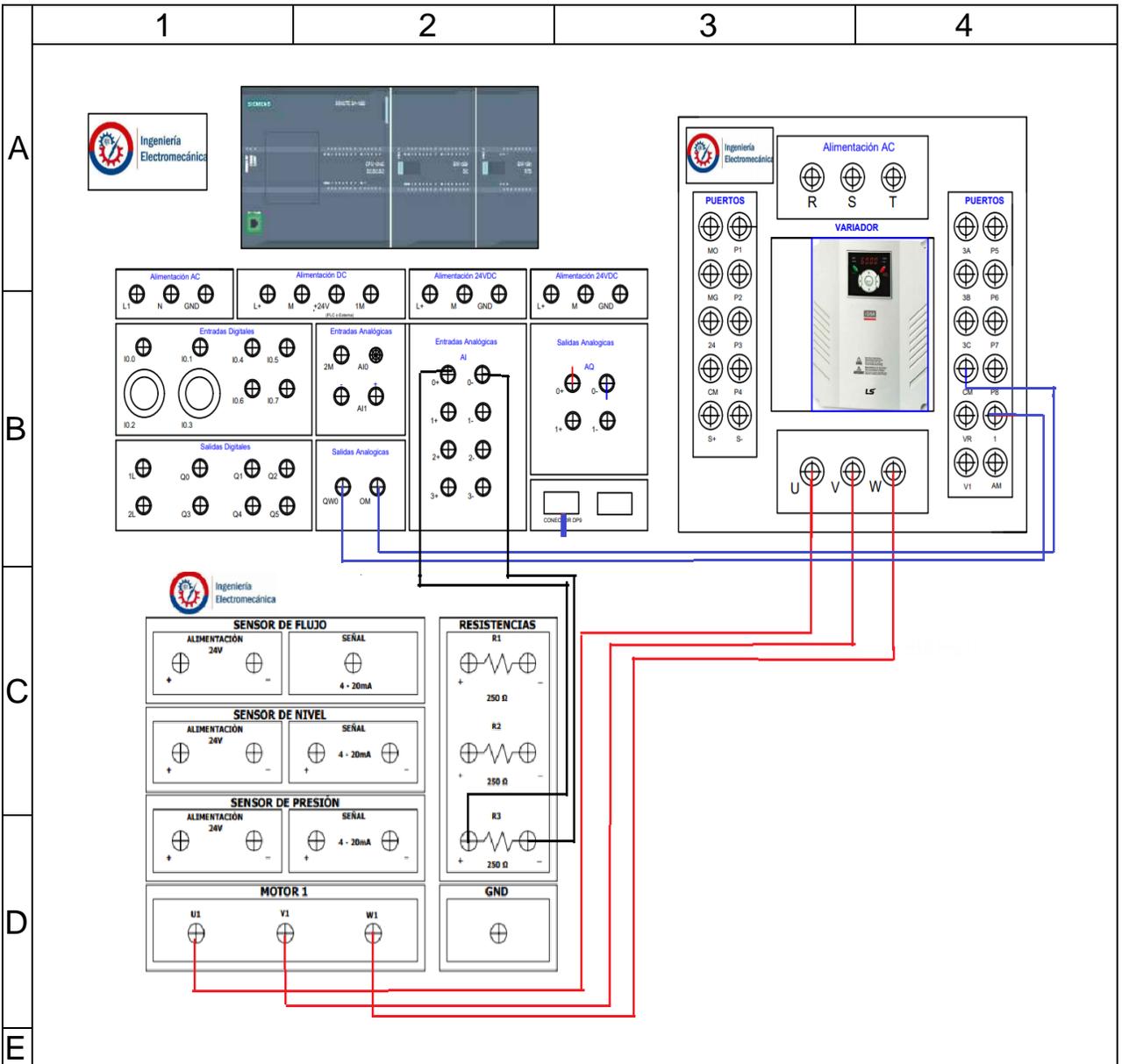
ANEXO E	COMPORTAMIENTO ENTRE MÉTODOS LAMBDA ROBUSTO Y AGRESIVO	1 DE 1
------------	---	--------

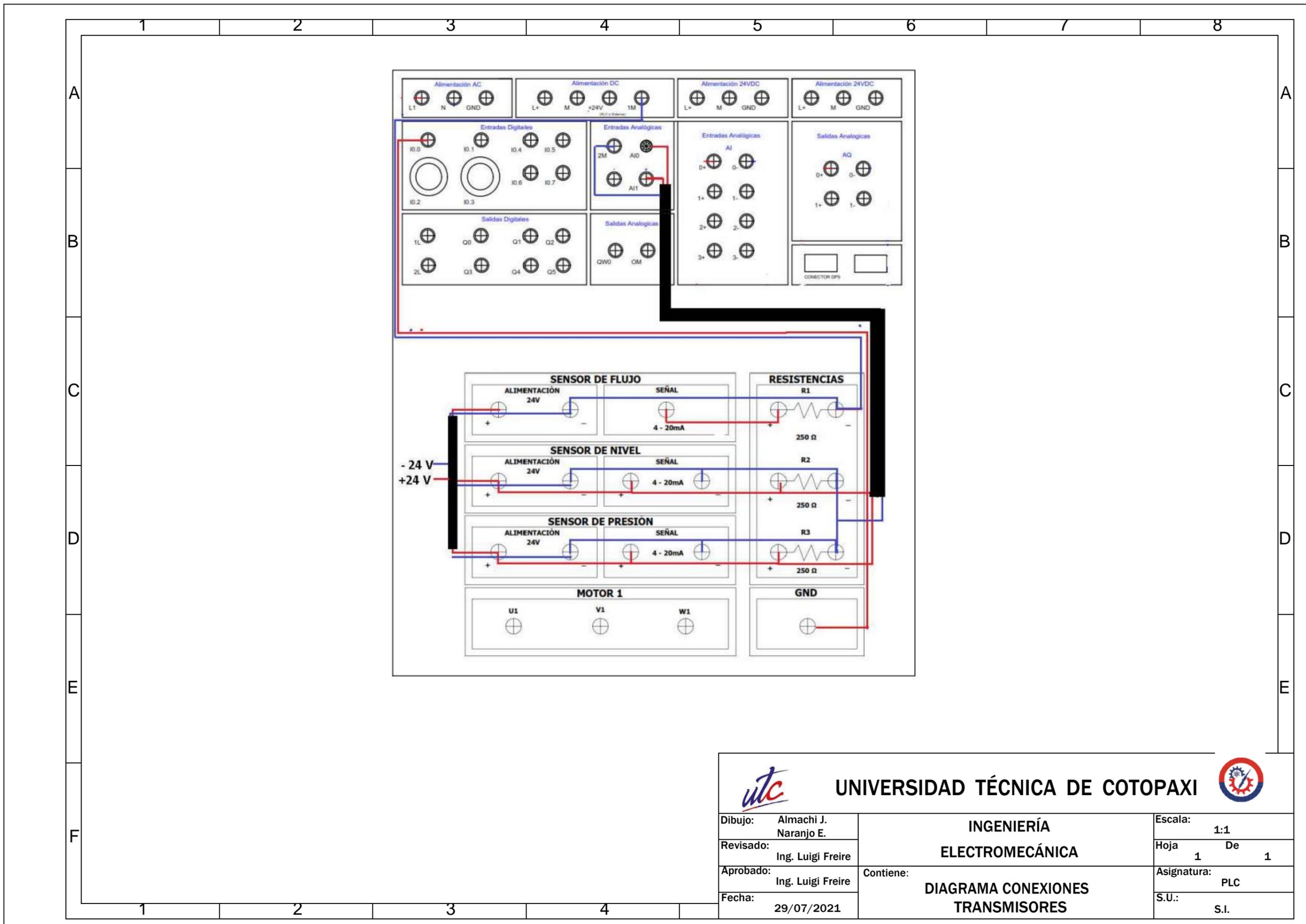
Set – Point (kPa)	Robusto (kPa)	Agresivo (kPa)						
0	0,345802	0,571108	40	31,74163	35,53924	40	39,55378	39,95698
0	0,148279	0,601242	40	32,84988	36,3753	40	39,88177	39,83821
0	0,203176	0,631376	40	33,326	36,63586	40	40,11817	40,02641
0	0,237563	0,661509	40	33,326	36,85947	40	39,83607	39,84136
0	0,27195	0,691643	40	34,18155	37,09358	40	39,70544	39,98624
0	0,306337	0,721777	40	34,5305	37,49932	40	39,78886	40,20999
0	0,340725	0,75191	40	35,13162	37,77462	40	40,03647	40,16559
0	0,375112	0,782044	40	35,62337	37,82297	40	39,97192	39,74075
0	0,409499	0,812178	40	35,83459	38,47695	40	40,13874	39,72039
0	0,443886	0,842312	40	36,04371	38,49421	40	40,11762	40,212
0	0,478273	0,872445	40	36,36949	38,49421	40	40,04974	39,81516
40	0,51266	1,234049	40	36,36949	38,49513	40	39,74039	39,79446
40	0,547048	1,234049	40	36,98399	38,66896	40	39,68571	40,24723
40	0,581435	1,264183	40	37,21237	39,0637	40	39,80366	40,00343
40	0,615822	1,294317	40	37,32211	38,94602	40	40,07985	39,79585
40	0,615822	1,301559	40	37,95196	38,90035	40	39,70314	39,79585
40	0,650209	9,438836	40	38,22808	39,49305	40	39,70314	40,08744
40	0,684596	11,85188	40	38,19967	39,39893	40	40,04803	39,77314
40	0,684596	13,80047	40	38,28722	39,24918	40	40,0617	39,91954
40	0,701925	15,56393	40	38,47246	39,30175	40	39,89647	40,24089
40	2,99351	18,94077	40	38,85962	39,81134	40	40,1064	39,71305
40	5,647939	22,03814	40	39,11072	39,60425	40	40,31263	40,02866
40	10,21909	23,23926	40	39,04107	39,353	40	40,10089	40,19372
40	12,32273	24,19592	40	39,0924	39,73311	40	39,82504	39,96794
40	14,40674	26,65144	40	39,51025	39,72625	40	39,92327	39,79224

40	16,11257	27,71869	40	39,43904	39,48634	80	40,13957	39,89112
40	19,44548	29,19799	40	39,28704	39,94647	80	41,38449	40,96664
40	21,94833	29,89952	40	39,38173	39,96711	80	42,80995	43,30029
40	23,51758	30,65716	40	39,89663	39,763	80	45,03481	46,25956
40	24,81019	31,34254	40	39,91949	39,77455	80	46,99056	48,66931
40	25,96474	32,52333	40	39,76463	40,02966	80	51,00589	52,80104
40	26,82134	33,53288	40	39,42576	39,59566	80	52,95284	54,88974
40	28,64041	33,94379	40	39,52679	39,9525	80	56,30919	58,5794
40	30,15961	34,65163	40	39,94081	40,00975	80	57,33414	59,80601
40	31,09835	35,53924	40	39,73922	39,67381	80	60,68611	62,86303
80	70,45158	71,1241	80	80,09964	79,82926	120	119,9085	120,004
80	71,65105	72,20131	80	79,86397	80,14117	120	120,1347	119,9228
80	72,16636	72,66573	80	79,72721	79,84496	120	119,7913	119,6237
80	72,63248	74,21427	80	80,14929	79,57711	120	119,5479	120,0021
80	73,89333	74,51048	80	80,1059	80,0985	120	120,0787	120,213
80	74,24682	74,51048	80	79,83234	80,28476	120	120,1351	120,1679
80	75,14146	75,22112	80	79,72057	79,71912	120	119,6719	119,5536
80	75,73846	75,84711	80	79,96112	79,66503	120	119,7239	119,6658
80	76,08582	76,33146	80	80,15705	80,20811	120	119,7239	120,1807
80	76,25968	76,46273	80	80,1814	80,14197	120	120,2096	119,7041
80	76,82314	76,83389	80	79,92158	79,84569	120	119,7999	119,8396
80	77,19406	77,51479	80	79,70451	79,58595	120	119,807	120,0933
80	77,28874	77,46983	80	80,12981	80,14416	120	120,2398	120,2424
80	77,40005	77,99521	80	81,56652	79,9836	120	120,3087	119,8809
80	78,08042	78,10118	80	83,71567	79,70248	120	119,8178	120,0944
80	78,24964	78,02465	80	84,56396	80,13647	120	119,6626	120,2447
80	78,09724	78,15234	80	84,4455	79,8885	120	120,1443	119,6219
80	78,2694	78,77982	80	84,4455	79,79447	70	120,3021	120,2424
80	79,04266	78,61388	80	84,12154	80,09895	70	119,5192	119,1719
80	78,95263	78,79504	80	83,80314	80,10704	70	117,3824	116,1951

80	78,81213	79,16504	80	83,54865	79,82022	70	111,9919	109,3039
80	78,91361	78,87495	80	83,21622	80,22247	70	109,1752	106,7464
80	79,01669	79,18688	80	82,88921	80,22247	70	104,0958	101,6596
80	79,05553	79,41088	80	82,71558	80,22247	70	101,4984	99,2728
80	79,69375	79,05849	80	82,19466	80,22247	70	97,0303	97,14008
80	79,73728	79,40332	80	82,05037	80,22247	70	95,48143	95,21262
80	79,48634	79,49827	80	81,59896	80,22247	70	92,11556	91,89594
80	79,53707	79,31117	80	81,30825	80,09562	70	90,67113	90,47098
80	79,27285	79,65529	120	81,35575	79,8521	70	88,79524	87,10997
80	79,78941	79,77614	120	82,95935	81,01402	70	87,16193	85,77778
80	79,78941	79,28026	120	85,09776	83,42574	70	84,54307	84,17905
80	79,90654	79,76679	120	89,73282	88,91483	70	83,46455	82,95947
80	79,49575	79,97794	120	91,76993	91,02963	70	81,91214	80,86385
80	79,33672	79,97794	120	95,51668	94,72704	70	80,06129	80,05046
80	79,91333	79,52264	120	97,32673	96,83006	70	79,23523	79,65399
80	79,97432	80,05669	120	99,03527	99,97419	70	78,48837	78,96142
80	79,75714	79,91835	120	100,7289	101,3713	70	77,81308	77,58923
80	79,89082	79,63287	120	103,6438	102,8426	70	77,08759	77,00007
80	79,94895	80,15443	120	104,8988	104,2966	70	76,01827	75,98568
80	79,6705	79,96326	120	107,0121	106,4782	70	75,79134	75,55012
80	79,83637	79,65918	120	107,7829	107,443	70	74,99736	74,80012



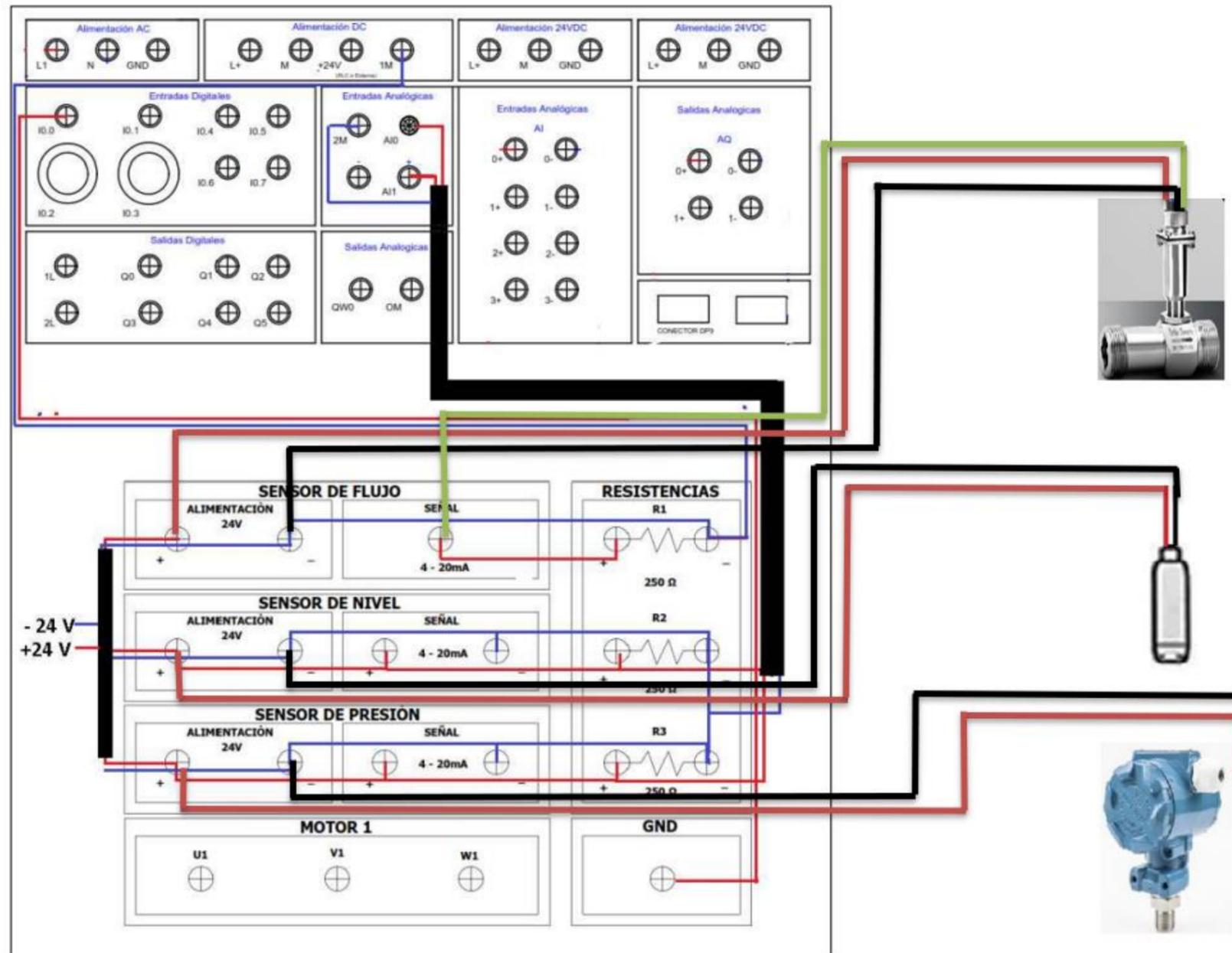




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibujado:	Almachi J. Naranjo E.	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Escala:	1:1
Revisado:	Ing. Luigi Freire		Hoja	1 De 1
Aprobado:	Ing. Luigi Freire	Contiene: DIAGRAMA CONEXIONES TRANSMISORES	Asignatura:	PLC
Fecha:	29/07/2021		S.U.:	S.I.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		
Dibujo: Almachi J. Naranjo E. Revisado: Ing. Luigi Freire Aprobado: Ing. Luigi Freire Fecha: 26/07/2021	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	Escala: 1:1 Hoja 1 De 1 Asignatura: PLC S.U.: S.I.
Contiene: DIAGRAMA CONEXIONES CON LOS TRANSMISORES EN LA ESTACIÓN		

ANEXO H	GASTOS DIRECTOS DETALLADOS	1 DE 1
------------	-----------------------------------	--------

Gastos Indirectos

Gastos de equipos de control y automatización.

EQUIPOS DE CONTROL			
	Cost. Uni	Cantidad	Precio
Bomba centrífuga	\$ 160.00	1	\$ 160.00
PLC S7 1200	\$ 410.00	1	\$ 410.00
Pantalla HMI	\$ 250.00	1	\$ 250.00
Variador de frecuencia	\$ 178.00	1	\$ 178.00

Los gastos directos desglosados a continuación corresponden a la estructura metálica la cual se detalla en la siguiente tabla.

METAL			
Material	Cost. Uni	Cantidad	Precio
Tubo cuadrado 1.5mm	\$ 9.50	1	\$ 9.50
Tubo cuadrado 1.5mm	\$ 7.00	4	\$ 28.00
Varilla cuadrada	\$ 6.50	3	\$ 19.50
Tol negro 1.5mm	\$ 21.50	1	\$ 21.50
Electrodos	\$ 10,00	3	\$ 30,00
Otros	\$ 20.00	1	\$ 20.00

Los gastos directos desglosados para la instalación del sistema.

PVC – 1 pulgada			
Material	Cost. Uni	Cantidad	Precio
Tubo en rosca	\$ 10.00	4	\$ 40.00
Universal	\$ 8.20	10	\$ 82.00
Codo	\$ 2.50	16	\$ 40.00
Unión tipo T	\$ 2.25	16	\$ 36.00
Unión	\$ 2.50	6	\$ 15.00
Acople de tanque	\$ 5.60	5	\$ 28.00

Los gastos para la instalación eléctrica y electrónica:

Eléctricos y Electrónicos			
Material	Cost. Uni	Cantidad	Precio
Transmisor de flujo	\$ 120.00	1	\$ 120.00
Transmisor de presión	\$ 150.00	1	\$ 150.00
Transmisor de nivel	\$170.00	1	\$170.00
Cables y terminales	\$ 10.00	1	\$ 10.00
Pantalla Oled	\$ 8.00	1	\$ 8.00
Otros	\$ 294.65	1	\$ 294.65

ANEXO I	GUIA DE LABORATORIO	1 DE 1
------------	----------------------------	--------

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Erick Naranjo	Ing. Jorge Villarroel	Ing. Jorge Villarroel
Jonathan Almachi		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	IELM 703	PLC

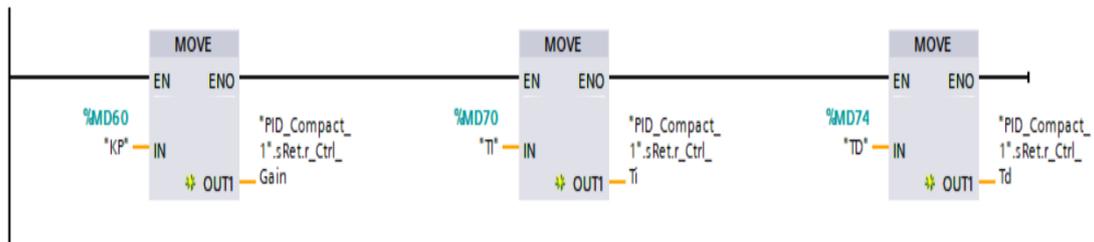
PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	ANÁLISIS DE PERTURBACIONES EN UN SISTEMA SCADA	1

1	OBJETIVO
<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Realizar las perturbaciones en la estación mediante el método Lambda Agresivo en el Sistema SCADA</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer las entradas y salidas en el TIA PORTAL para la comunicación con el SOFTWARE IGNITION. • La comunicación entre el PLC y el Software se realiza mediante vía Ethernet. • Realizar la perturbación mediante V2 y V3 (Válvulas) cerradas al 40%, analizar las curvas de sintonización y analizar el funcionamiento de la bomba • Realizar el estudio anterior aplicando perturbaciones ya sea en V2 o V3 (Válvulas) 	
2	MARCO TEÓRICO
<p>SCADA</p> <p>(Supervisory Control and Data Acquisition, es decir, Supervisión, Control y Adquisición de Datos) no es una tecnología concreta sino un tipo de aplicación. Cualquier aplicación que obtenga datos operativos acerca de un “sistema” con el fin de controlar y optimizar ese sistema es una aplicación SCADA. La aplicación puede estar un proceso de destilado petroquímico, un sistema de filtrado de agua, los compresores de un gasoducto o cualquier otra.</p> <p>SEÑAL ANALÓGICA</p> <p>Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético; que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión y térmicas como la temperatura.</p>	

COMUNICACIÓN DEL TI PORTAL Y IGNITION

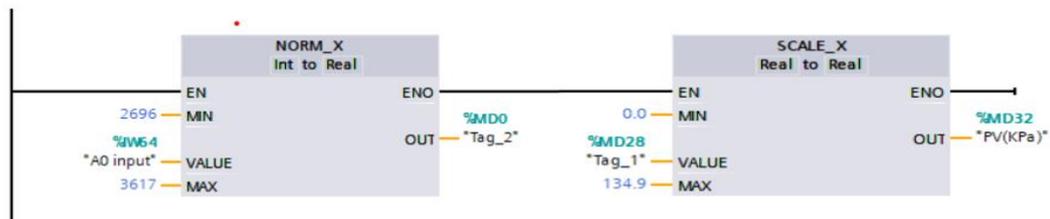
SQLTags

SQLTags es una tecnología patentada que utiliza cualquier base de datos SQL como base de datos de etiquetas. Las etiquetas se pueden derivar de las siguientes fuentes: OPC, expresión o constante y admiten varias opciones de configuración como: alertas, escalado y almacenamiento histórico. Las etiquetas SQL se almacenan en proveedores de etiquetas, que son tablas configuradas automáticamente en una base de datos SQL. Ignition es una plataforma integrada para sistemas SCADA. Se trata de una plataforma de aplicación industrial basada en web. Se basa en una base de datos SQL central. IGNITION funciona como aplicación web mediante Java Web Start. Ignition cubre todo el margen de HMI, SCADA y MES.



VALOR ESCALADO

Convertir valor de porcentaje del PV (%) a valor de Ingeniería (kPa), para graficar en la KTP400. Para realizar un escalado, El valor mínimo de la entrada analógica (para los 4mA que equivale a 2696) y el valor ingenieril que toma (0 KPa) El valor máximo de la entrada analógica (para los 20mA es 3617) y el valor asociado (134.9 KPa).



BLOQUE NORM_X

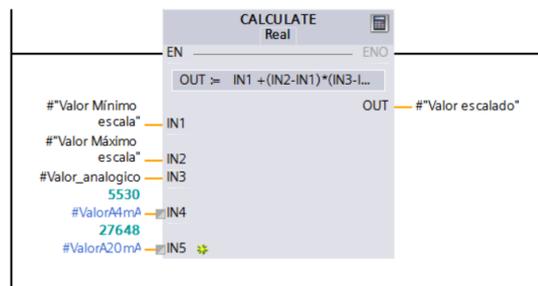
La instrucción “Normalizar” normaliza el valor de la variable de la entrada representándolo en una escala lineal, los parámetros mínimos y máximos sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala. En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, el resultado se calcula y se deposita como número en coma flotante en la salida. Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada mínima, la salida devuelve “0.0”, si por el contrario el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada máxima la salida devuelve el valor “1.0”.

BLOQUE SCALE_X

La instrucción “Escalar” escala el valor de la entrada mapeando en un determinado rango de valores, al ejecutar la instrucción el número en coma flotante de la entrada se escala al rango de valores definido por los parámetros mínimos y máximos. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida. Se debe determinar cuántas entradas y salidas vamos a utilizar en la programación y declararlas en la tabla de variables estándar en la pestaña “Variables del PLC”.

FUNCIÓN CALCULATE

Para la señal filtrada utilizará la fórmula que será: $IN1 + (IN2 - IN1) * (IN3 - IN4) / (IN5 - IN4)$, en el valor mínimo de la escala meteremos 0 Bar en este caso, y 6 Bar en el Valor máximo escalado. Lógicamente en #Valor_analógico introduciremos la lectura del sensor, y en #» Valor escalado» obtendremos un valor entre 0 y 6 bares.



FUNCIÓN MOVE

(Asignar un valor) es activada por la entrada de habilitación EN. El valor indicado por la entrada IN se copia en la dirección que la salida OUT. La salida de habilitación ENO tiene el mismo estado de señal que la entrada de habilitación EN. La operación MOVE sólo puede copiar los objetos de datos que tengan las longitudes de BYTE, WORD o de DWORD.



EL CONTROLADOR PID

Calcula la diferencia entre nuestra variable real contra la variable deseada. En sistemas de bombeo, regularmente nos interesa mantener la presión o flujo constante, por lo tanto, el control PID mide la diferencia entre la presión en la tubería y la presión requerida y actúa variando la velocidad del motor para que podamos tener nuestra presión o flujo constante.

EL PARÁMETRO PROPORCIONAL (P)

Mide la diferencia entre el valor actual y el set-point (en porcentaje) y aplica el cambio.

EL PARÁMETRO INTEGRAL (I)

Se refiere al tiempo que se toma para llevar a cabo una acción correctiva. Mientras el valor sea más pequeño, el ajuste es más rápido, pero puede causar inestabilidad en el sistema, oscilaciones, vibración de motor y de la bomba.

EL PARÁMETRO DERIVATIVO (D)

Emite una acción predictiva, es decir, prevé el error e inicia una acción oportuna. Responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande

1 Sensor de presión YB-2088-6Bar

1 Variador de frecuencia SV-IG5A LS

1 Bomba de agua 3HP

1 PLC S7-1200 12/14 DC/DC/DC

1 Router

2 Cables de Ethernet

1 KTP 400

1 Computadora mínimo core i5

1 Programa TIA PORTAL V14

1 Programa IGNITION

1 Programa MySQL

1 Programa Designer Launcher

2 Fuentes de 24V

1 Toma trifásica

1 Toma monofásica

2 Tanque

Verificar que el nivel de agua sea el adecuado

30 cables bananas

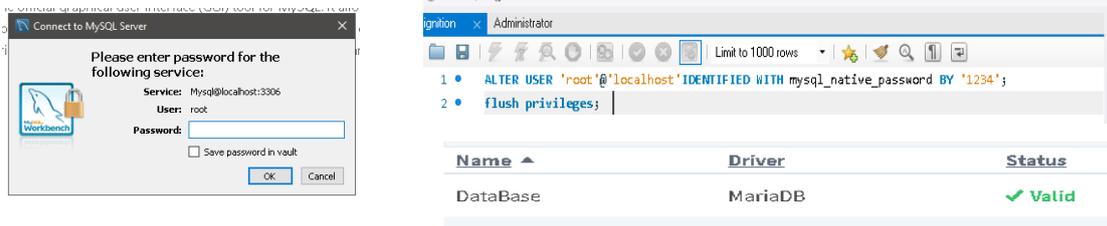
1. Abrir el ejecutable del programa que se encuentra en la carpeta Nueva1 y encontraremos tres carpetas con el nombre Modelo para encontrar la función de transferencia se detalla en los nombres de los archivos los pasos a seguir, TIA, Ejecutable Ignición Y OPC.
2. Pasos a seguir para encontrar la ecuación de segundo grado ver en el Anexo C.
3. Pasos a seguir para encontrar la función de transferencia ver en el Anexo C.
4. Pasos a seguir para ejecutar el Programa ver en el Anexo J.
5. Ponemos en marcha el programa Del TIA y del IGNITION Anexo J.
6. Observamos los resultados para las gráficas en las tablas de los Anexo D, E.
7. Abrimos el navegador y colocamos la siguiente Url <http://localhost:8088/web/home?0>, damos clic en login y ponemos nuestro usuario y contraseña.

8. Buscamos STATUS y verificamos que la DATABASE Y EL DEVICE se encuentre conectados.

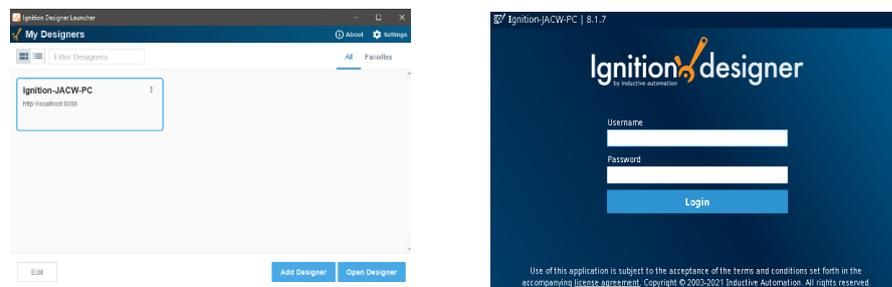
Name	Driver	Status	Connections	Throughput	Actions
Database	MaxiDB	Reconnecting	0/0	0.0 queries/sec	Details
Sample_SQLite_Database	SQLite	Valid	0/0	0.1 queries/sec	Details

Name	Driver	Status
PLCSiemens	S71200	Connecting

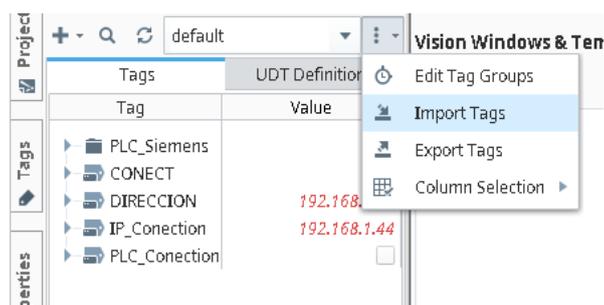
9. Abrimos el Software “MySQL Workbench 8.0 CE” ingresamos nuestra contraseña y verificamos la conexión con el servidor de Ignition



10. Descargamos y abrimos el software Designer Launcher y le damos clic en el local host creado en el pc, luego le damos clic en “OPEN DESIGNER”, ponemos nuestro usuario y contraseña y se nos abrirá.



11. Se nos abrirá el Designer Ignition y le damos clic en “IMPORT PROJECT” y buscamos el archivo “SCADA_PRESIÓN_CONSTANTE_AGUA.rar” una vez en la interfaz gráfica verificamos que estén las tags creadas de lo contrario importamos las tags verificar en la USB.



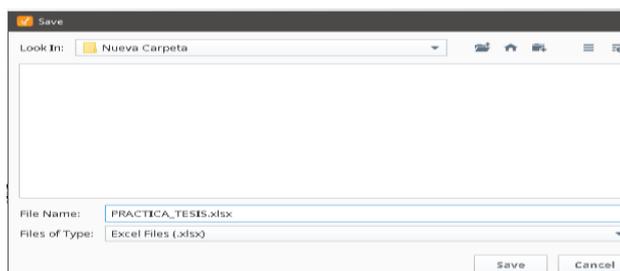
12. luego nos vamos a la ventana Project/Visión/Windows/Principal le damos doble clic y se nos abrirá la interfaz gráfica del SCADA.



13. Una vez en la interfaz gráfica le damos doble clic en la bomba y se nos abrirá la ventana de control del SCADA, nos vamos al apartado de Control PID le damos clic en PARÁMETROS PID, aquí pondremos el valor de las variables para el sistema de control, le damos clic en control y regresaremos a la ventana de control aquí podremos setear en el SETPOINT diferentes valores para que entre en funcionamiento la planta recomendamos los valores puestos.



14. Por último, nos vamos a la parte de GRÁFICO le damos clic y podremos observar las gráficas del proceso. En este caso del SP. PV Y CV luego de esperar el tiempo de sintonización podremos descargarnos en un archivo Excel los datos obtenidos para analizar sus resultados y estudiar las gráficas de comportamiento en distintos SP establecidos.



En la siguiente tabla establece los siguientes valores de presión en el SetPoint con la válvula V2 y V3 cerradas al 30 % para su posterior análisis de comportamiento y anótelos en la siguiente tabla.

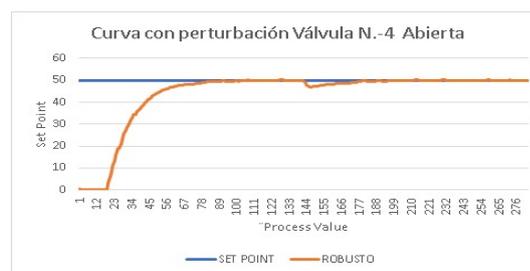
Comportamiento para la curva de Sintonización			
SP(KPa)	PV(KPa)	PV (psi)	CV (%)
40	40.22589	5.83427	50.73605
80	80.34538	11.65311	72.87707
120	120.2821	17.44544	87.21477
160	160.2814	23.24685	97.67515

Luego realice el análisis con la válvula V3 totalmente abierta para crear perturbaciones hasta que se establezca nuevamente el sistema, realice el análisis del comportamiento y anótelos en la siguiente tabla.

Comportamiento con Perturbación			
SP(KPa)	PV(KPa)	PV (psi)	CV (%)
40	40.05771	5.80987	54.5744009
80	80.07045	11.61323	77.6579666
120	119.92110	17.39308	84.0667
160	160.54614	23.28524	98.374687

Perturbaciones con Válvula 4

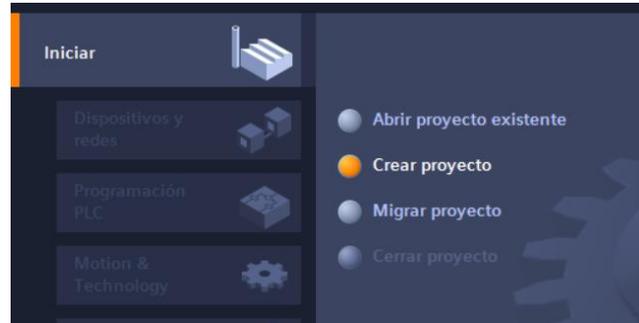
Como se evidencia en las gráficas y en las tablas anteriores cuando existe una perturbación el actuador debe aumentar su capacidad para que el sistema se estabilice en el valor deseado para su correcto funcionamiento, por tal motivo al implantar un sistema SCADA podemos verificar en el transcurso de horas, días, semanas como fue el desenvolvimiento del sistema de control.



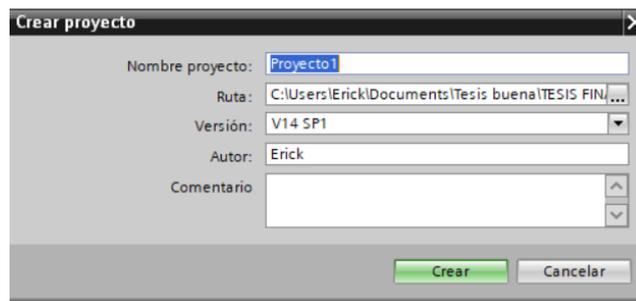
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
<p>CONCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se llegó a determinar en la práctica la factibilidad de supervisión, control y adquisición de datos en tiempo real con el software IGNITION con su programación correspondiente con controladores lógicos programables. <p>RECOMENDACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar la programación del IGNITION en cuanto a sus variables de conexión. • Verificar que la dirección IP tanto del PLC como La del IGNITION sean iguales. • Utilizar sintonía fina según sea la necesidad del método a utilizar para el PID de presión. • En la Database establecer el mismo nombre en la página Web como en el Designer Launcher. 	
6	BIBLIOGRAFÍA
Inductive Automation	

1. Ejecutar el programa TIA PORTAL

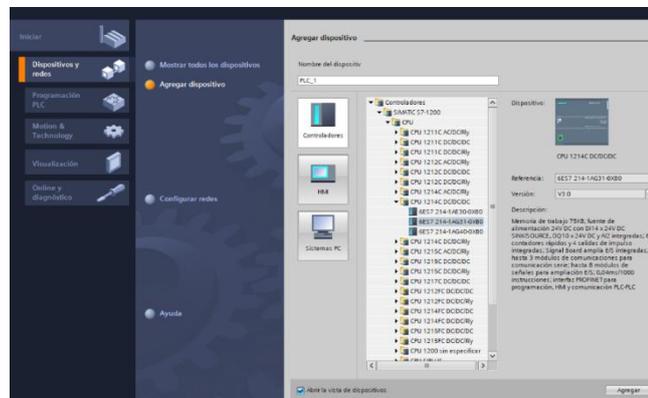
2. Dar un clic en crear proyecto



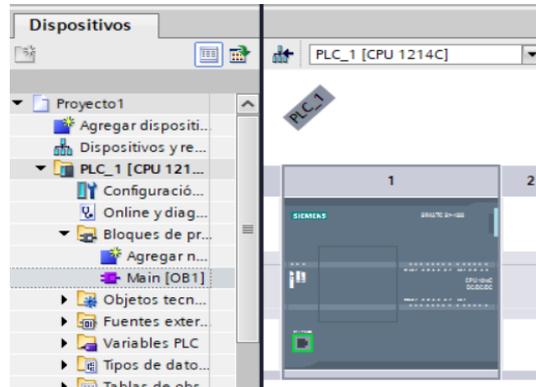
3. Direccionar la ruta para guardar el archivo.



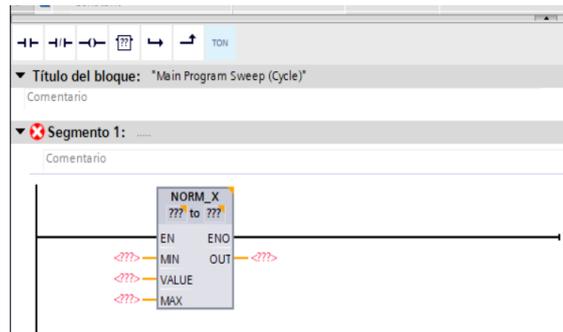
4. Agregar dispositivo seleccionar el tipo de PLC en controladores a ocupar damos clic SIMATIC S7-1200 después dar un clic en CPU, luego se desplaza una pestaña y seleccionar CPU 1200 sin especificar y por último dar agregar.



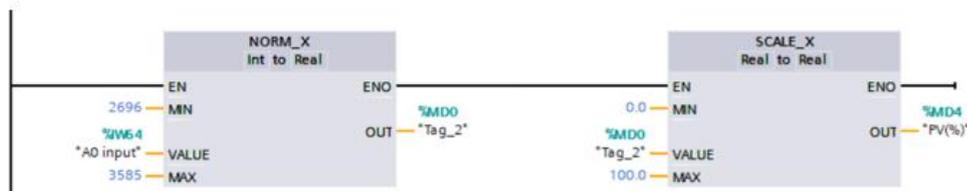
5. Una vez reconocido el PLC en el TIA PORTAL dar un clic en PLC_1 [CPU 1214 DC/DC/DC] seleccionar Main [OB1].



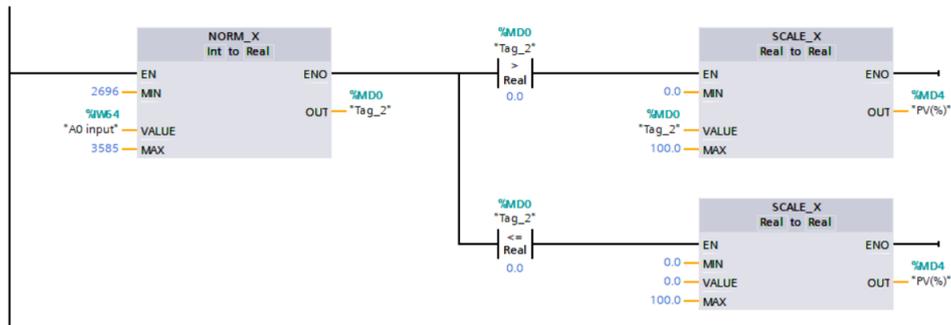
6. Seleccionar el doble signo de interrogación?? arrastrar hasta el segmento 1, luego dar doble clic derecho cuando nos salga el cuadro texto escribimos NORM_X y en los campos con interrogación ingresar Int y Real dando valores a máximos, mínimos.



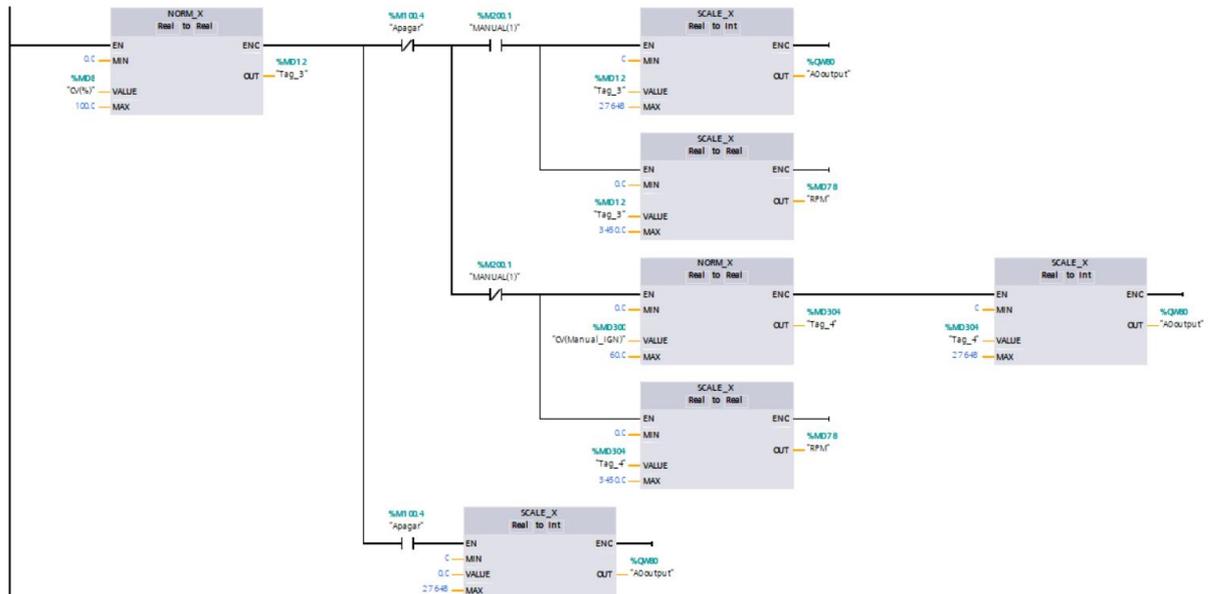
7. Poner en OUT del NORM_X ingresar %MD0 luego en MIN ponemos 2696 en VALUE %DW64 y en MAX 3585 y en SCALE_X poner en MIN 0 en VALUE %DW0 y en MAX 100, OUT ponemos en la %MD4 luego es donde dará el valor escalado del transmisor de presión.



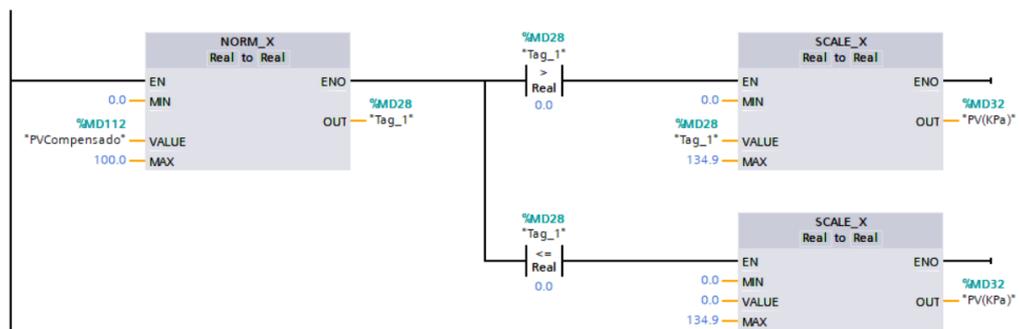
8. Lectura del puerto analógico A0 para medición del PV (Presión).



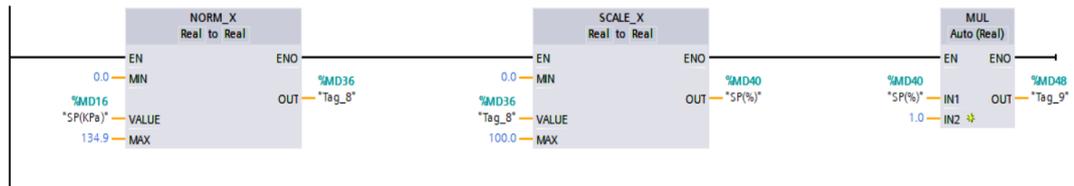
9. Enviando una señal de 0-10V al variador.



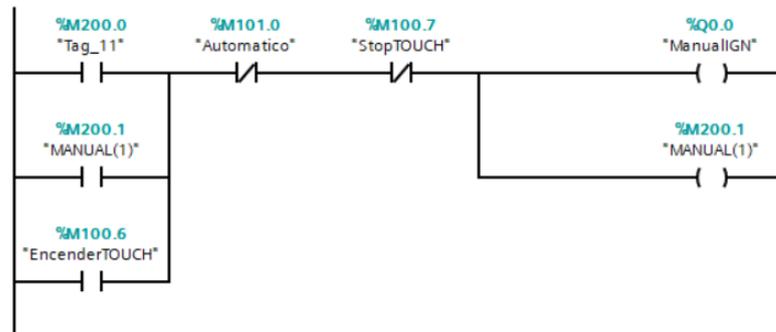
10. Convertir valor de porcentaje del PV (%) a valor de Ingeniería (kPa), para graficar en la KTP400.



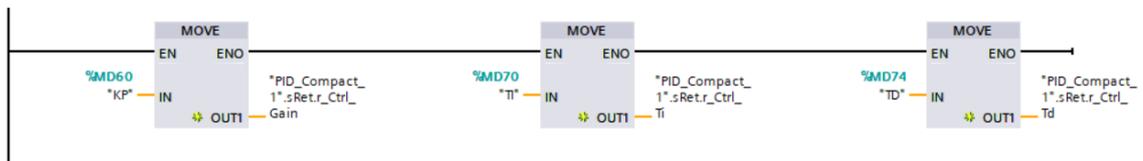
11. Convertir el valor de Ingeniería SP (kPa) que viene de la KTP 400 - a porcentaje SP (%) para ingresar en el PID. del PLC.



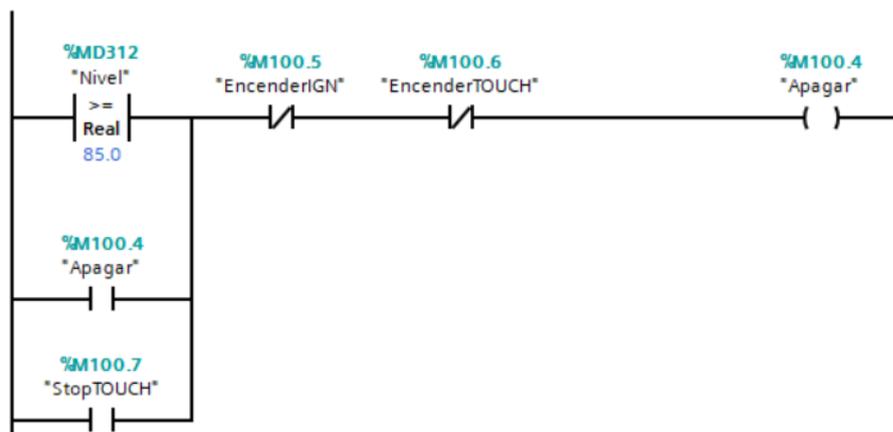
12. Activando Modo Manual y Automático desde Ignition.



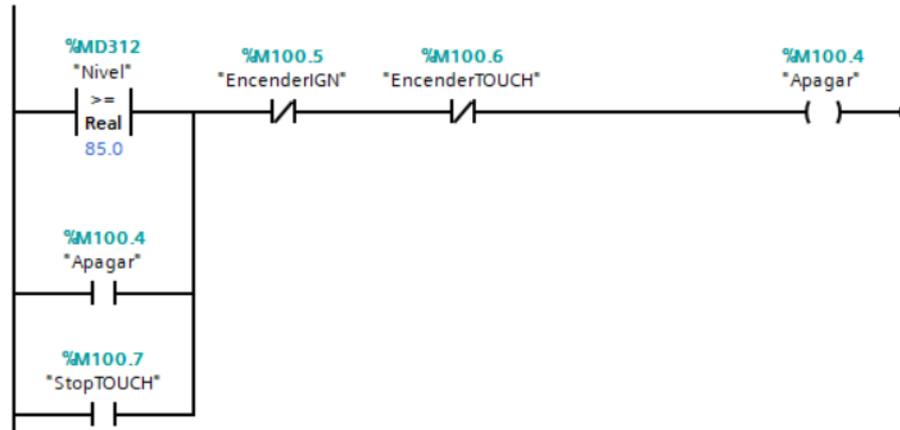
13. Guardando las constantes de sintonización del PID que son KP, Ti, Td.



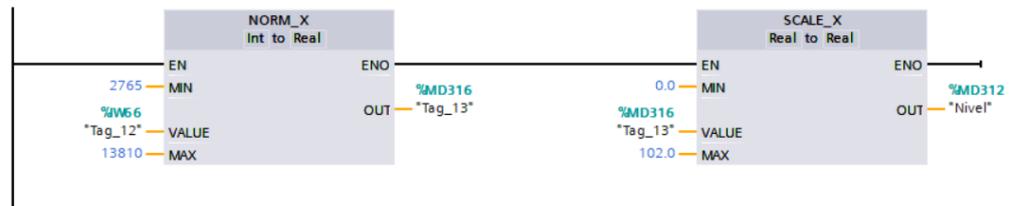
14. Alarma HH para apagar el sistema en 85cm del nivel del tanque.



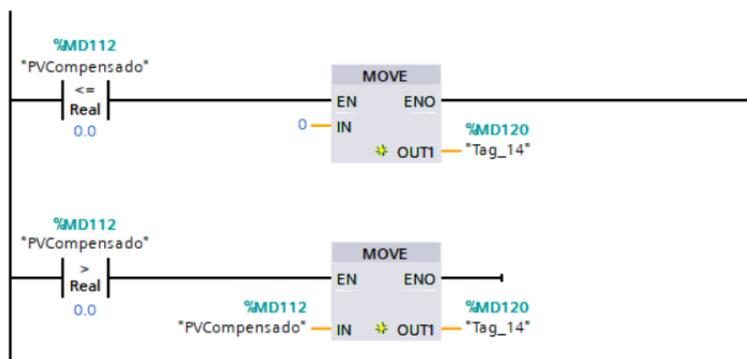
15. Alarma HH para apagar el sistema en 85cm del nivel del tanque.



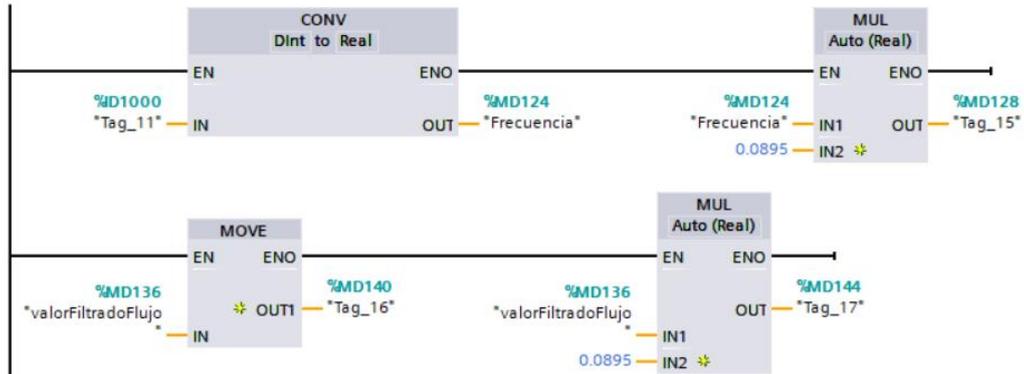
16. Normalización y Escalamiento del Sensor de Nivel ingresado por el Analógico 1 del PLC en la dirección IW66.



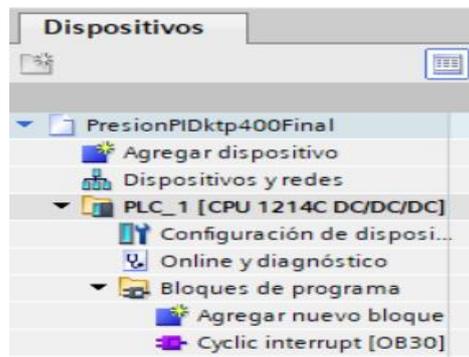
17. Condición para que el valor del sensor siempre sea positivo o mayor que cero.



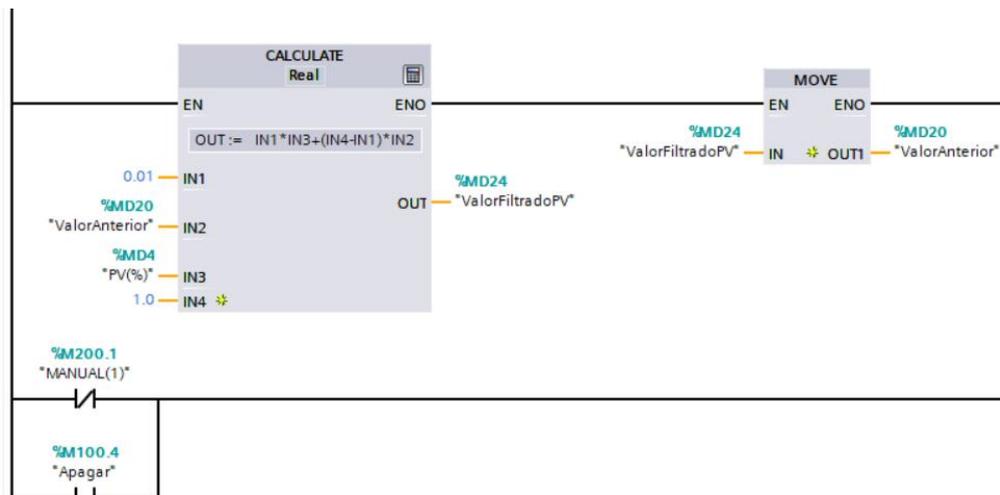
18. Escalamiento transmisor de flujo



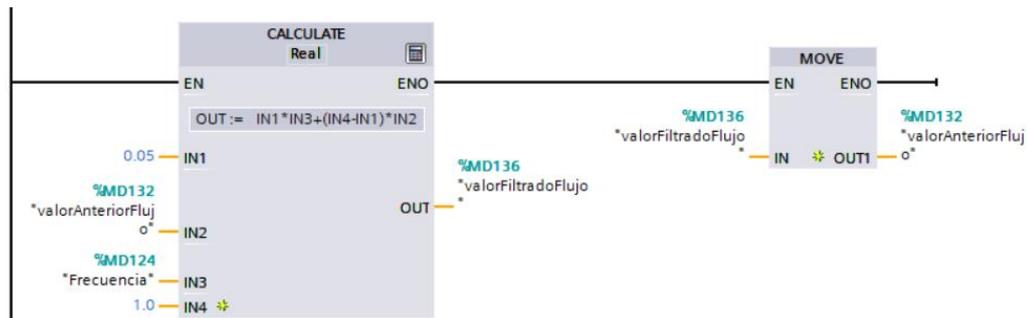
19. Agregamos un Cyclic interrupter para el PID



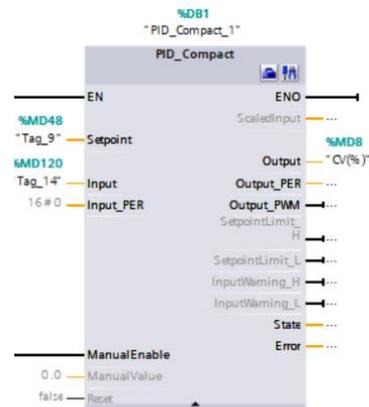
20. Filtro EMA de media exponencial para el transmisor de presión.



21. Filtro EMA de media exponencial para el transmisor de flujo



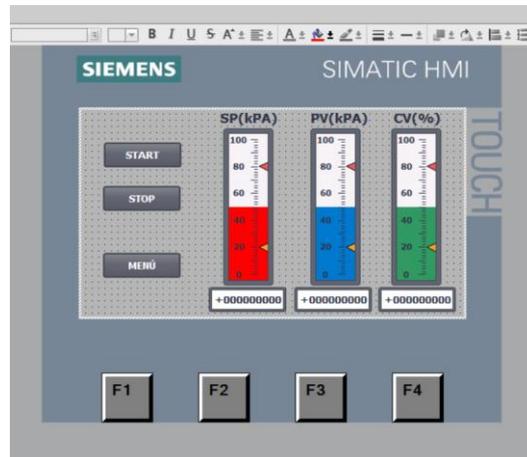
22. PID de presión.



23. Generamos una portada con diversos cuadros de accesos.



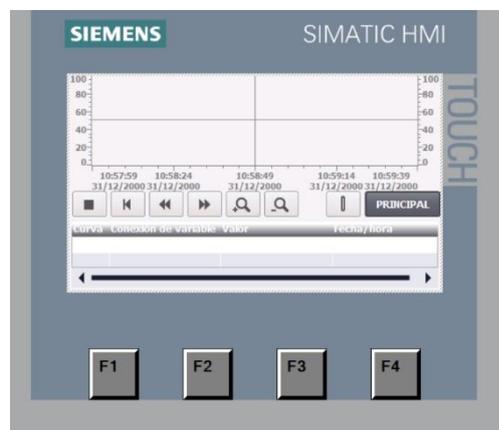
24. Cargamos el SP del PID en la Ktp400.



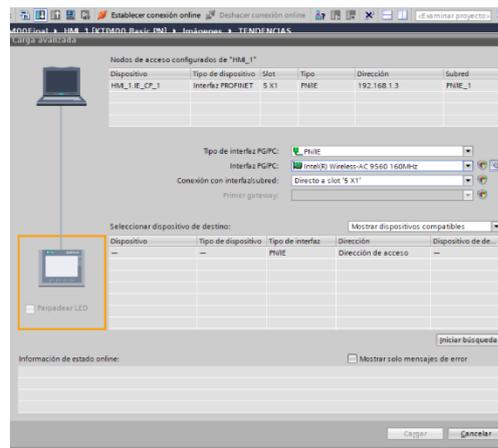
25. Ingresamos los parámetros de los métodos establecidos en el PID.



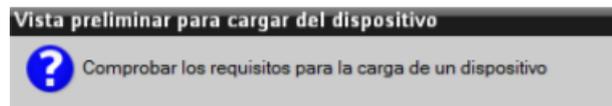
26. Tendencias del método ingresado.



27. Copilamos, cargamos e iniciamos la búsqueda del PLC.



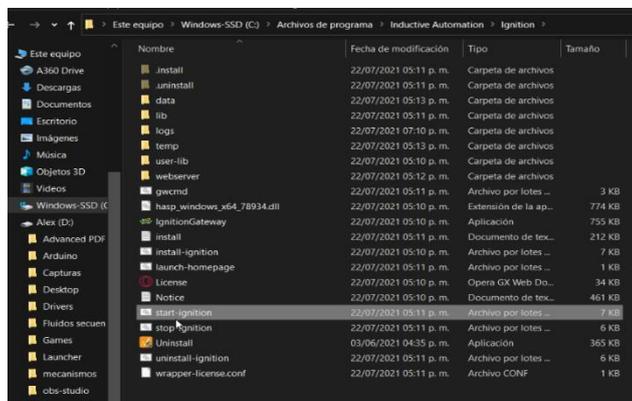
28. Cargamos el programa y ponemos finalizar



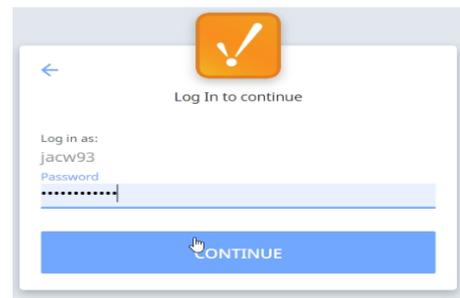
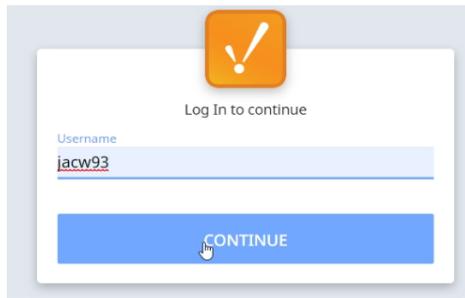
29. Descargamos el programa desde la web IGNITION.



30. Ejecutamos el programa una vez instalado.



31. Una vez ejecutado se nos desplegará la plataforma donde se creará una cuenta y usuario.

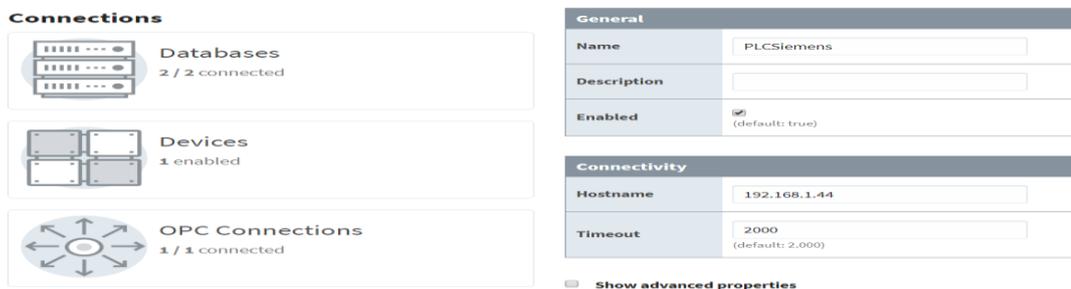


32. Ya ingresado los parámetros, descargamos el programa Designer Launcher

Build It



33. Se establece la conexión con el PLC en la opción Devices por medio de la dirección IP.



34. Posteriormente se crea una base de datos para poder generar reportes y gráficas con el programa MYSQL.

Name	Description	JDBC Driver	Translator	Status	
DataBase		MariaDB	MYSQL	Valid	delete edit
Sample_SQLite_Database		SQLite	SQLITE	Valid	delete edit

[→ Create new Database Connection...](#)

Note: For details about a connection's status, see the [Database Connection Status](#) page.

35. Configuramos la base de datos dándole un nombre y la url para la comunicación con MYSQL.

Main Properties	
Name	<input type="text" value="DataBase"/> <small>Warning: Changing the name of a database connection is risky. Any projects that refer to this connection will error trying to connect to a connection that no longer exists. Please verify that no projects refer to this connection.</small>
Description	<input type="text"/>
JDBC Driver	MariaDB <small>The JDBC driver dictates the type of database that this connection can connect to. It cannot be changed.</small>
Connect URL	<input type="text" value="jdbc:mariadb://localhost:3306/ignition"/> <small>The Connect URL is JDBC-driver specific. It usually contains the address of the machine that the database is running on. The format of the MariaDB connect URL is: jdbc:mariadb://host:port/database With the three parameters (in bold) host: The host name or IP address of the database server. port: The port that the database server is running on. MariaDB default port is 3306. database: The name of the logical database that you are connecting to on the MariaDB server.</small>
Username	<input type="text" value="root"/>

36. Creamos en MYSQL una nueva variable con el nombre que desee para ponerlo en la database en la plataforma de IGNITION.

NUEVO **ignition - Schema** x

 Name:

Charset/Collation:

37. Creamos esta programación para la comunicación con la data base.

NUEVO x

Limit to 1000 rows

```
1 • ALTER USER 'root'@'localhost' IDENTIFIED WITH mysql_native_password BY '1234';
2 • flush privileges;
```

38. Se establece una conexión OPC mostrando el estado de conexión.

Main	
Name	Ignition OPC UA Server
Description	A "loopback" connection to the Ignitio
Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> (default: true)
Read Only	<input type="checkbox"/> If selected, the connection to this OPC server will be rea (default: false)

Authentication	
Username	opcuauser
Change Password?	<input type="checkbox"/> Check this box to change the existing password.
Password	
Password	Re-type password for verification.

39. Abrimos el Designer Launcher y añadimos un Designer e ingresamos con nuestra cuenta de usuario.

The image shows two parts of the Ignition Designer interface. On the left, the 'Add Designer' window is open, showing a table of gateways. On the right, the Ignition Designer login window is displayed.

Name	URL	Version
Ignition-Alex	http://localhost:8088	8.1.7
Ignition-Alex	http://192.168.100.2:8088	8.1.7

The login window shows the Ignition Designer logo and a login form with fields for Username and Password, and a Login button. At the bottom, there is a copyright notice: "Use of this application is subject to the acceptance of the terms and conditions set forth in the accompanying license agreements. Copyright © 2003-2021 Inductive Automation. All rights reserved."

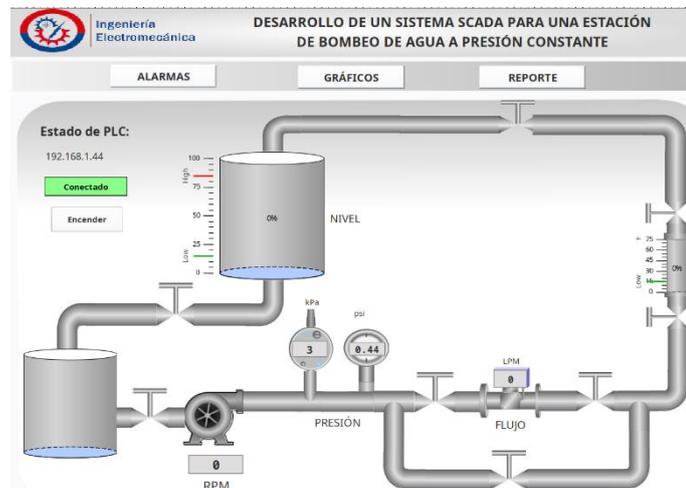
40. Creamos un nuevo proyecto para comenzar la comunicación del PLC con IGNITION por medio de un Router.

The image shows two parts of the Ignition Designer interface. On the left, the 'New Project' screen is displayed. On the right, the 'Estado de PLC' (PLC Status) window is shown.

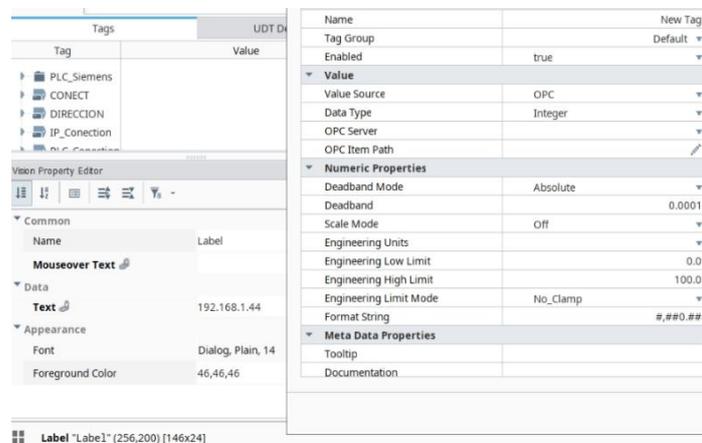
The 'New Project' screen features the Ignition Designer logo, a '+ New Project' button, and a 'Filter Projects' search bar.

The 'Estado de PLC' window displays the IP address '192.168.1.44' and a 'Desconectado' (Disconnected) status button.

41. Creado el proyecto abrimos la pantalla principal procediendo ya a probar la comunicación del PLC y IGNITION.



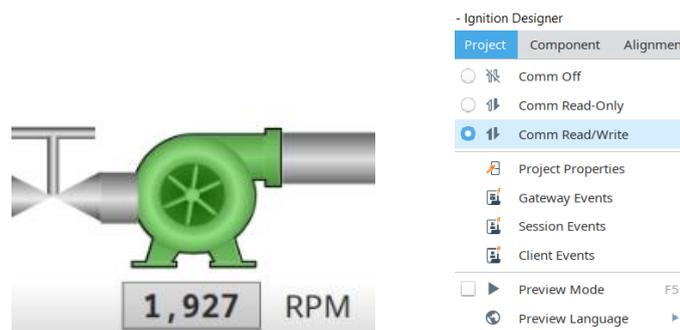
42. Para la comunicación con el PLC se utilizó las Tag del programa IGNITION estableciendo las conexiones de todas las variables



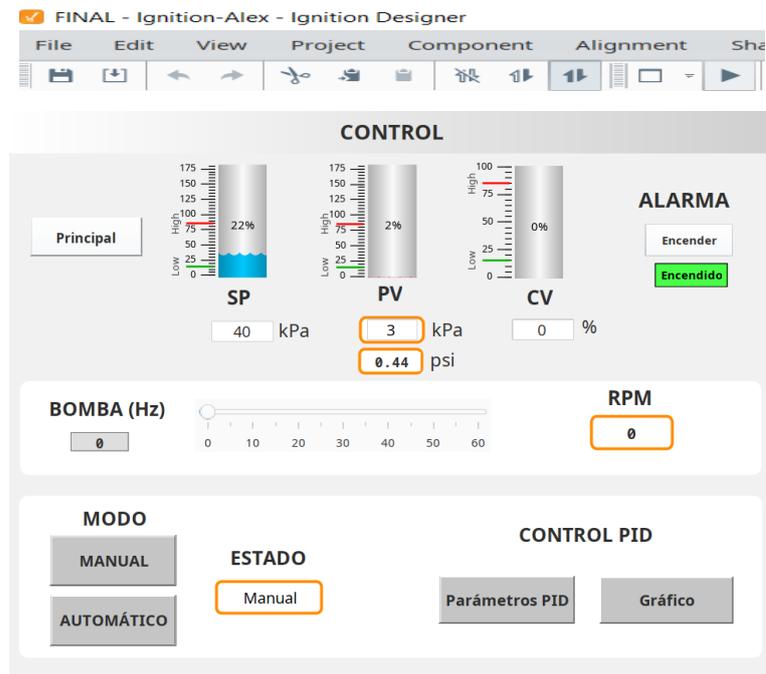
43. Para la comunicación de las variantes del PLC se utilizan las siguientes sintaxis del IGNITION. En la casilla OPC Item Path, se debe escribir la ruta de acceso al registro dentro del dispositivo. Para el caso de un dispositivo Demo, presione el botón de la derecha (ícono de cruz tridimensional), y busque un registro cualquiera

Tipo de Dato	Sintaxis	Área	Sintaxis
Bit	x	DataBlocks	DBn,
Byte	B	Entradas	I
Char	C	Salidas	Q
Word	W	Marcas	M
Int	I	Temporizadores	T
DWord	D	Contadores	C
DInt	DI		
Real	REAL		
String	STRING		

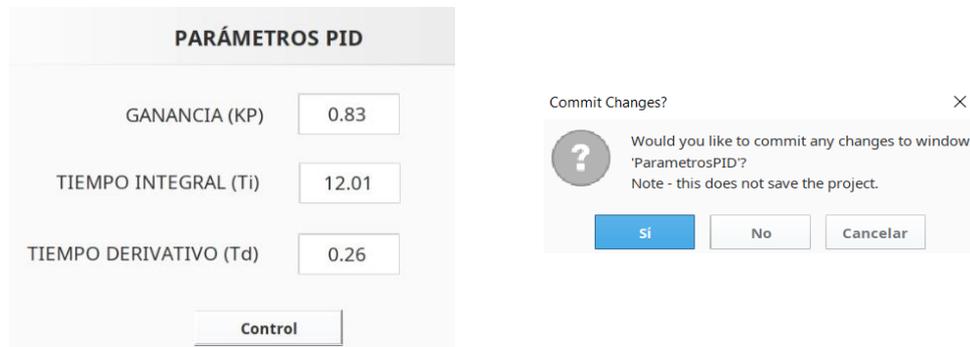
44. Para acceder a la parte de control de la planta de IGNITION damos clic en la bomba y la ponemos en project en Comm Read/Write.



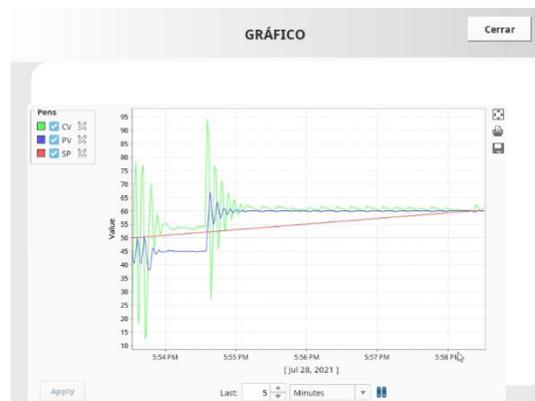
45. Para el control de la planta y funcionamiento ingresamos un SP de un rango de 0 a 85 (KPa) poniéndolo en automático para su funcionamiento y el estado manual desactivamos la planta.



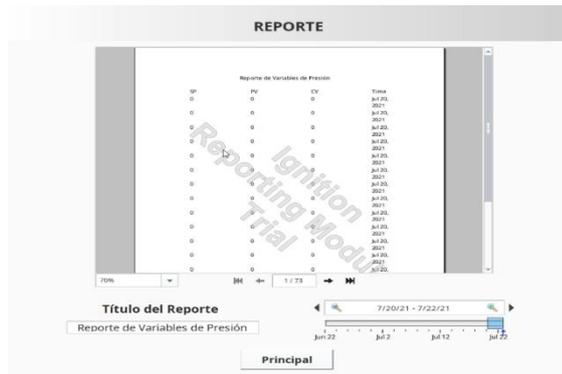
46. Para el control de la planta ingresamos los parámetros del PID previamente calculador para los distintos métodos damos en control y en Comimit presionamos Si.



47. Se puede visualizar los parámetros del PID en gráficas dependiendo del método a utilizar.



48. Recopila los datos según el tiempo que le demos en el reporte.



49. Para generar un reporte en archivo de excel se le da guardar en el parámetro donde se está graficando las curvas como indica la flecha.



50. Se controla el rango en el que se desee que se genere el reporte para graficar.

[Jul 28, 2021]

Last: Minutes

51. En el caso de activar una alarma presionamos en ceder para volver a accionar la planta y entre en operación nuevamente solucionando el problema de la alarma.



ANEXO K	VECTORES PARA INGRESAR EN MATLAB OBTENIDOS DE LABVIEW	1 DE 1
------------	--	--------

Tiempo (s)	Set Point (kPa)	Process Value (kPa)
0.1	0	0
0.2	0	0
0.3	0	0
0.4	0	0
0.5	0	0
0.6	0	0
0.7	0	0
0.8	0	0
9.4	27	0
9.5	27	0
9.6	27	0
9.7	27	0
9.8	27	0
9.9	27	0
10	27	0
10.1	27	0
10.2	27	0
10.3	27	0
10.4	27	0
10.5	27	0
10.6	27	0
10.7	27	0
10.8	27	0
10.9	27	0
11	27	0
11.1	27	0.072
11.2	27	0.216
11.3	27	0.414
11.4	27	0.612
11.5	27	0.81
65.5	27	20.7
65.6	27	20.7
65.7	27	20.7
65.8	27	20.7
65.9	27	20.7
66	27	20.7
66.1	27	20.7
66.2	27	20.7
81.2	54	20.7
81.3	54	20.7

81.4	54	20.7
84.7	54	26.64
84.8	54	26.82
84.9	54	27.18
85	54	27.36
85.1	54	27.72
85.2	54	27.9
85.3	54	28.26
85.4	54	28.62
85.5	54	28.8
85.6	54	29.16
85.7	54	29.34
85.8	54	29.52
85.9	54	29.88
86	54	30.06
122.6	54	54.72
122.7	54	54.72
122.8	54	54.72
122.9	54	54.72
123	90	54.72
123.1	90	54.72
123.2	90	54.72
123.3	90	54.72
123.4	90	54.9
123.5	90	54.9
123.6	90	54.9
123.7	90	54.9
123.8	90	54.9
123.9	90	54.9
124	90	54.9
124.1	90	54.9
124.2	90	54.9
124.3	90	54.9
124.4	90	54.9
124.5	90	54.9
124.6	90	54.9
185.2	90	103.86
185.3	90	103.86
185.4	90	103.86
185.5	90	103.86
185.6	90	103.86
185.7	90	103.86
185.8	90	103.86
185.9	90	103.86
186	90	103.86
186.1	90	103.86

186.2	90	103.86
186.3	90	103.86
186.4	90	103.86
186.5	90	103.86
186.6	90	103.86
186.7	90	103.86
186.8	90	103.86
186.9	90	103.86
187	90	103.86
187.1	90	103.86
187.2	135	103.86
187.3	135	103.86
187.4	135	103.86
187.5	135	103.86
187.6	135	103.86
187.7	135	103.86
187.8	135	103.86
187.9	135	103.86
188	135	103.86
188.1	135	103.86
188.2	135	103.86
188.3	135	103.86
188.4	135	103.86
188.5	135	103.86
188.6	135	103.86
188.7	135	104.04
188.8	135	104.22
188.9	135	104.58
189	135	104.94
189.1	135	105.3
189.2	135	105.66
189.3	135	106.02
244.2	153	144.54
244.3	153	144.54
244.4	153	144.54
244.5	153	144.54
244.6	153	144.54
244.7	153	144.54
244.8	153	144.54
244.9	153	144.54
245	153	144.54
245.1	153	144.54
245.2	153	144.54
245.3	153	144.54
245.4	153	144.54
245.5	153	144.54

245.6	153	144.54
245.7	153	144.54
245.8	153	144.72
245.9	153	144.72
246	153	144.72
246.1	153	144.72
246.2	153	144.72
246.3	153	144.72
246.4	153	144.72
246.5	153	144.72
246.6	153	144.72
246.7	153	144.72
246.8	153	144.72
246.9	153	144.72
247	153	144.72
247.1	153	144.72
247.2	153	144.72
247.3	153	144.72
247.4	153	144.72
247.5	108	144.72
247.6	108	144.72
247.7	108	144.72
247.8	108	144.72
247.9	108	144.72
248	108	144.72
248.1	108	144.9
248.2	108	144.9
248.3	108	144.9
248.4	108	144.9
248.5	108	144.9
248.6	108	144.9
248.7	108	144.9
248.8	108	144.9
248.9	108	144.9
249	108	144.9
249.1	108	144.9
249.2	108	144.72
249.3	108	144.54
249.4	108	144.36
249.5	108	144
249.6	108	143.82
249.7	108	143.64
249.8	108	143.46
249.9	108	143.28
250	108	143.1
250.1	108	142.92

250.2	108	142.74
250.3	108	142.56
250.4	108	142.38
250.5	108	142.2
250.6	108	142.02
250.7	108	141.84
250.8	108	141.66
250.9	108	141.48
251	108	141.3
251.1	108	141.12
251.2	108	140.94
251.3	108	140.76
281.6	108	124.2
281.7	108	124.2
281.8	108	124.2
281.9	108	124.2
282	108	124.2
282.1	108	124.2
282.2	108	124.2
282.3	108	124.2
282.4	108	124.2
282.5	72	124.2
282.6	72	124.2
282.7	72	124.2
282.8	72	124.2
282.9	72	124.2
283	72	124.2
283.1	72	124.2
283.2	72	124.2
283.3	72	124.2
283.4	72	124.02
283.5	72	124.02
283.6	72	124.02
283.7	72	124.02
283.8	72	124.02
283.9	72	124.02
284	72	124.02
284.1	72	123.84
284.2	72	123.48
284.3	72	123.12
284.4	72	122.76
284.5	72	122.4
284.6	72	121.86
284.7	72	121.5
284.8	72	121.14
284.9	72	120.78

285	72	120.42
312.7	72	81.9
312.8	72	81.9
312.9	72	81.9
313	72	81.72
313.1	72	81.72
313.2	72	81.72
313.3	72	81.72
313.4	72	81.72
313.5	72	81.72
313.6	72	81.72
313.7	72	81.54
316.9	72	81.18
317	72	81.18
317.1	72	81.18
317.2	72	81.18
317.3	72	81.18
317.4	72	81.18
317.5	72	81.18
317.6	72	81.18
317.7	72	81
317.8	72	81.18
317.9	72	81.18
318	72	81.18
318.1	72	81
318.2	72	81
318.3	72	81
318.4	72	81
318.5	72	81
318.6	72	81
318.7	72	81
318.8	36	81
318.9	36	81
319	36	81
319.1	36	81
319.2	36	81
319.3	36	81
319.4	36	81
319.5	36	81
319.6	36	81
319.7	36	81
319.8	36	81
319.9	36	81
320	36	81
320.1	36	81
320.2	36	81

320.3	36	81
320.4	36	80.82
320.5	36	80.46
320.6	36	80.1
320.7	36	79.56
320.8	36	79.2
320.9	36	78.66
321	36	78.12
321.1	36	77.58
321.2	36	77.04
321.3	36	76.68
321.4	36	76.14
321.5	36	75.78
321.6	36	75.24
321.7	36	74.88
321.8	36	74.34
354.1	36	30.96
354.2	36	30.96
354.3	36	30.78
354.4	36	30.78
354.5	36	30.78
354.6	36	30.78
354.7	36	30.78
354.8	36	30.78
354.9	36	30.78
355	36	30.78
355.1	36	30.78
355.2	36	30.6
355.3	36	30.6
355.4	36	30.6
355.5	36	30.6
355.6	0	30.6
357	0	30.6
357.1	0	30.42
357.2	0	30.24
357.3	0	30.06
357.4	0	29.7
406.9	0	0.198
407	0	0.198
407.1	0	0.198
407.2	0	0.198
407.3	0	0.198
407.4	0	0.198
407.5	0	0.198
407.6	0	0.198
407.7	0	0.198

ANEXO L	MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMA SCADA PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA A PRESIÓN CONSTANTE	1 DE 1
------------	---	--------

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento de la estación se verá en el siguiente manual las diversas etapas que presenta de manera que garantice un adecuado funcionamiento dando mediciones con bajos rangos de errores al momento de hacer el control garantizando valores que no afecten al sistema SCADA de la estación de bombeo de agua a presión constante.

De este modo garantiza seguridad de la persona que lo maneja especificando que este manual de mantenimiento debe ser cumplido tal como se implantó para asegurar un buen rendimiento de la estación de pruebas.

Para proceder a realizar las prácticas de la estación de bombeo a presión constante se recomienda seguir de manera correcta los métodos ya que es importante para que las funciones de los equipos estén intactas.



Figura L.1. Estación de bombeo a presión constante

2. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Si cumplimos todo a cabalidad evitaremos daños en los equipos para realizar el mantenimiento se debe proceder con cautela con los equipos que están directamente relacionados con la toma de variables, posteriormente serán mencionados es recomendable seguir los pasos correctamente, un uso incorrecto o manipulación incorrecta puede dañar las partes más sensibles de los transmisores.

Se debe desenergizar los equipos para el mantenimiento antes de cualquier manipulación y así evitar un posible cortocircuito o daños en los equipos e incluso la integridad del operador.

3. MANTENIMIENTO

Es de suma importancia inspeccionar el nivel del líquido de la estación para presión, viendo el funcionamiento de las válvulas y sus posiciones, conexión del sensor, bomba eléctrica y verificar el panel de conexión de acuerdo con sus entradas y salidas de la estación para su mantenimiento.

3.1. TANQUE DE ACRÍLICO MANTENIMIENTO

Para garantizar el mantenimiento del tanque de reserva y medición se procede con los siguientes parámetros:

Para evitar el agua estancada del acrílico es recomendable el cambio de fluido de agua prolongadamente o cada dos semanas.

Si la estación se utiliza a diario la limpieza de los tanques será trimestral y semestral sacando el líquido para no ocasionar daños evitando el desgaste de la fricción del material que contiene el fluido de agua.



Figura L.2. Tanques de acrílico

3.2. MANTENIMIENTO DEL SENSOR DE PRESIÓN

- El transmisor de presión sigue los siguientes pasos para el mantenimiento tomando en cuenta que se lo extrae:
- Comprobar la energización dependiendo de que esté apagado o encendido evitando daños a la estación.
- Utilizamos el baipás de válvulas para dar mantenimiento a los transmisores dependiendo de cual esté en uso se le da mantenimiento y no afecta a los demás transmisores cuando estén en uso.
- Señalización de los hilos del sensor para no confundirlos al momento de sacarlos y al conectarlos por medio de universales no presenten problemas quedando de manera manipulable.
- Para tenerlo en óptimas condiciones al transmisor se debe colocar una malla en el tanque de reserva para que no entren impurezas y tener una medición sin tantas irregularidades de señal.
- Cumpliendo con los pasos mencionados se procede a instalar el transmisor en la posición que le corresponde.



Figura L.3. YB-2088-6Bar

Nota: Si presentan problemas más complejos enviar donde un técnico especialista este proceso debe realizarse cada vez que se necesite.

3.2. MANTENIMIENTO DEL TRANSMISOR DE FLUJO

El transmisor de Flujo sigue los siguientes pasos para el mantenimiento tomando en cuenta que se debe:

Verificar que el sensor esté apagado y desenergizado para evitar averías al equipo al momento de su mantenimiento.

Se deben de cerrar las válvulas que están en la entrada y salida del sensor de flujo una vez cerrada dichas válvulas procedemos a abrir la válvula del baipás, esto le permitirá que el fluido continúe por la tubería del baipás por ende el fluido ya no pasará por el sensor de flujo y así se permita extraer el sensor.

Desconectar los cables de conexión del sensor sin antes señalar cada posición que va los cables para el momento de volver a conectarlos no tener ningún inconveniente, 5 para extraer el sensor se debe aflojar las universales que están junto al sensor, esto permitirá que el sensor salga de la línea de la tubería y se pueda manipular.

Realizar una limpieza de la entrada y salida del sensor, verificar que la hélice o turbina del sensor no exista ningún tipo de impurezas sólidas que permitan un fallo en su funcionamiento, de esta manera tendremos un sensor operando de manera óptima.

Una vez realizado cada uno de estos pasos volvemos a instalar el sensor en su posición original, importante verificar el sentido del flujo que se estaba trabajando el sensor.



Figura L.4. Transmisor de Flujo

Nota: Si presentan problemas más complejos enviar donde un técnico especialista este proceso debe realizarse cada vez que se necesite.

3.3. MANTENIMIENTO DEL TRANSMISOR DE NIVEL

El transmisor de Flujo sigue los siguientes pasos para el mantenimiento tomando en cuenta:

Debemos verificar que el sensor esté apagado y des energizado.

Para extraer el sensor debemos aflojar la universal de la tubería que une a la tapa se procede a sacarlo para su mantenimiento.

Se debe retirar tratando de no estrujarlo de manera brusca identificando los cables para su posterior conexión.

Realizado todos estos pasos volvemos a instalar el sensor en su posición original.



Figura L.5. Transmisor de nivel

Nota: Si presentan problemas más complejos enviar donde un técnico especialista este proceso debe realizarse cada vez que se necesite.

3.3. MANTENIMIENTO DEL ROTÁMETRO

En el rotámetro sigue los siguientes pasos para el mantenimiento en la estación:

Para el mantenimiento se procede con la extracción del rotámetro para ello se cierran las válvulas donde se encuentra este, dando paso al baipás permitiendo que el fluido circule con normalidad.

Para la manipulación del rotámetro se procede a aflojar las universales de este saliendo de la tubería.

Una vez afuera el rotámetro se verifica que no tenga impurezas en sus extremos y la pesa de medición se comprueba su ajuste, comprobando a su vez que no exista fugas.

Ya verificado que se encuentre en excelentes condiciones el rotámetro se vuelve a instalar en su posición luego de realizar estos pasos.



Figura L.6. Rotámetro

Nota: Si presenta averías se recomienda llevarse a un técnico para su reparación, considerando que sea necesario cada vez el procedimiento.

3.4. MANTENIMIENTO DE LA BOMBA

Se procede con los siguientes parámetros para el mantenimiento y correcto funcionamiento en la parte tanto mecánica como eléctrica, para ello es necesario sacarla procediendo con su manipulación.

Se comprueba que esté totalmente desenergizada la bomba evitando fallos al equipo como cortos eléctricos.

Para la extracción de la bomba se cierran las válvulas que no permiten el paso del líquido, procediendo a aflojar las universales.

Tomar en cuenta la conexión de la bomba si se encuentra es estrella o triángulo para poder señalar su numeración y letras correspondientes para su conexión para volver a conectarla.

Para que la bomba se encuentre en óptimas condiciones y no exista fugas se le debe realizar la limpieza tanto a la entrada y salida comprobando que el impulsor, rodamientos y sus sellos no presenten problemas.

Para que no exista daño eléctrico se mide la continuidad de la bobina.

Comprobado estos parámetros se procede a montarla en su posición original.



Figura L.7. Bomba centrífuga

3.5. MANTENIMIENTO DEL PANEL DE CONEXIÓN

Se procede a destapararlo para realizar el mantenimiento correspondiente del panel de conexión se muestra los siguientes pasos:

Para prevenir daños eléctricos a los transmisores se debe desengazar el panel.

Verificar que las conexiones de los fusibles no presenten ningún problema para tener un buen funcionamiento de los transmisores.

Se retiran las cubiertas de las conexiones con precaución.

Para evitar cortocircuitos entre plugs se debe comprobar que no exista uniones entre ellos para ello se debe efectuar un chequeo de todas las conexiones midiendo la continuidad entre cada plug.

Ya culminado este mantenimiento se procede a montarlo asegurándose que no exista ningún problema de conexión montándolo en su posición original.

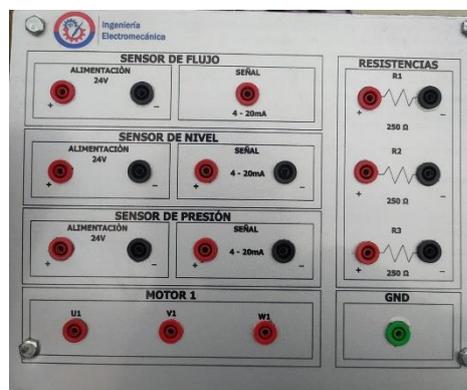


Figura L.8. Panel de control

ANEXO M	MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL TRANSMISOR DE PRESIÓN	1 DE 1
------------	--	--------



1.INSTRUCCIONES DE MANEJO DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN

Para un adecuado funcionamiento del transmisor de presión se debe visualizar el manual y acatar las disposiciones alargando su vida útil evitando así daños en el equipo.

Tomando en cuenta que se debe leer siempre las instrucciones del manual antes de manipularlo.

Para su instalación se debe proceder siempre con su manual tomando en cuenta todas sus indicaciones ya que contiene información relevante para un correcto funcionamiento.

2.SEGURIDAD

Acciones Preventivas

- Para un óptimo funcionamiento del transmisor de presión no se debe sobrepasar la capacidad de presión.
- Utilizar el sensor en un ambiente adecuado a cierta temperatura media con su adecuada alimentación.
- Evitar zonas de peligro (explosión) para el montaje del transmisor de presión.
- Debe encontrarse siempre desconectado para realizar alguna instalación eléctrica acatando las normas de seguridad pertinentes.

3.DESCRIPCIÓN DEL TRANSMISOR

Siendo este transmisor de fácil instalación con un rendimiento alto contra anti vibraciones y anti impactos teniendo aplicaciones de amplios procesos como aviación, aeroespacial, automóvil, equipos médicos, HVAC y otros campos. El modo de salida de corriente se puede utilizar para la transmisión a distancia. Tiene un volumen pequeño, peso ligero, estructura de sellado de acero inoxidable y puede funcionar en ambientes corrosivos. Es ampliamente utilizado en el control de procesos ya que su núcleo es sensible a la presión del transmisor de presión de la serie YB-2088-6Bar adopta un núcleo de llenado de presión piezoresistiva de silicio de alto rendimiento. El ASIC interno convierte la señal del sensor milivoltios en señal de voltaje estándar, corriente o frecuencia, que se puede conectar directamente con la tarjeta de interfaz del ordenador, instrumento de control, instrumento inteligente o PLC.

4.PARÁMETROS TÉCNICOS DEL SENSOR

Parámetros detallados del sensor de Presión a los que está sometido:

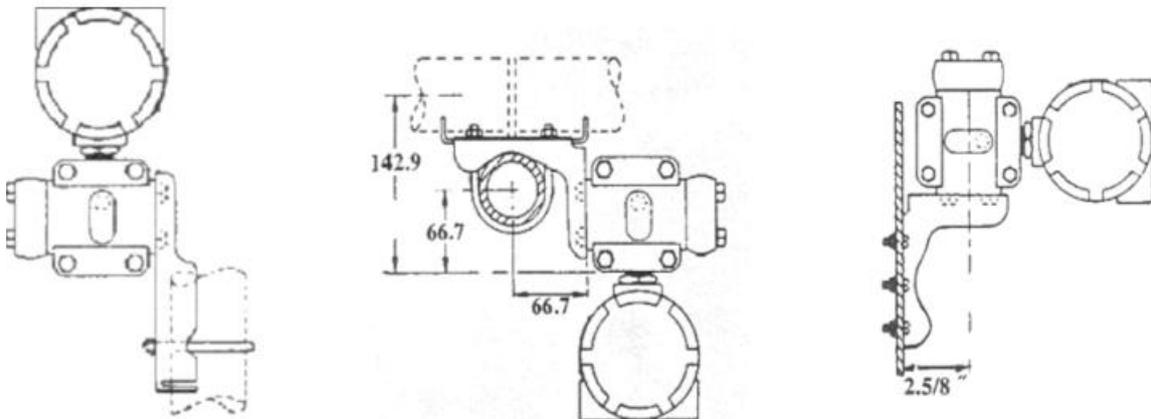
Poder	24VDC
Señal de salida	4 ~ 20mA (estándar), 1 ~ 5 V, 0 ~ 20mA, 0 ~ 5 V (opcional)
Rango de medición	0 ~ 6Bar
Los datos de tiempo de muestreo	20 veces por segundo
Temperatura de trabajo	-20 ~ 80°C o personalización
Compensación de la temperatura	-10 ~ 70°C
Vibración mecánica	20g (20-5000 HZ)
La temperatura ambiente	-40 ~ 85°C
Carcasa de protección	IP65
La presión de referencia	Manómetro, presión absoluta, presión negativa
General de precisión	0.5% FS (estándar), 0.3% FS (opcional, precio diferente)
Desviación de temperatura en cero	+ 0.5% FS/°C
Sensibilidad de desviación de temperatura	+ 0.5% FS/°C
Sobrecarga de presión	200% FS
La estabilidad a largo plazo	≤0. 2% FS al año
Aislamiento	100MΩ/250VDC
Tamaños de rosca	M 20*1,5mm estándar (si necesita otro tamaño, por favor póngase en contacto con nuestras ventas)

5.INSTALACIÓN DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN

La precisión de la medición del transmisor inteligente depende en gran medida de la instalación correcta del transmisor de presión inteligente y del tubo de entrada de presión. En particular, la medición del caudal se relaciona principalmente con la correcta instalación de un dispositivo de medición.

5.1. UBICACIÓN CORRECTA E INSTALACIÓN DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN

- Para la ubicación del transmisor, se proporcionan tres tipos de soporte (soporte plano de montaje en tubería, soporte en ángulo de montaje en tubería y soporte en ángulo de montaje en placa). En consecuencia, existen tres métodos de instalación como se muestra en la **Figura M.1**.
- La instalación se realizó de tipo montaje plano en la tubería ubicada verticalmente a la bomba del sistema para su correcto funcionamiento para tomar medidas con mayor precisión con un bajo coeficiente de error.



(a) Plano montaje en tubería (b) Ángulo montaje en tubería (c) Ángulo de montaje en placa

Figura M. 1. Montaje del transmisor de presión

5.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN

Se debe proceder con precaución para su instalación como se detalla a continuación evitando así daños en el equipo:

- La fuente de alimentación debe ser de 24 VDC.
- Su alimentación no es apta para cargas inductivas.
- Se debe respetar el rango de la salida de pulsos (4-20 mA)

El Transmisor de Presión a 2 hilos a través de un cable de 4-20mA, se realiza la siguiente conexión:

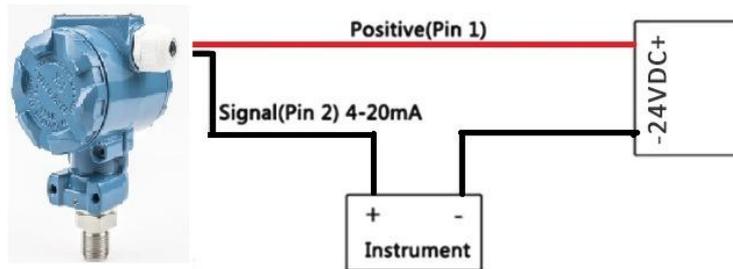


Figura M.2. Instalación eléctrica del transmisor

6.INSTALACIÓN

Instalación de cuestiones:

- Elija un lugar fácil de operar y mantener para la instalación;
- Debe instalarse lo más lejos posible desde la fuente de vibración;
- Debe instalarse lo más lejos posible desde la fuente de calor;
- Instale directamente en la tubería o el equipo y sujete los seis lados del transmisor con la llave.

Notas:

Se debe tener cuidado al manejar e instalar el transmisor para evitar colisiones y afectar el rendimiento del circuito.

- Hay un diafragma de aislamiento en la entrada de presión del transmisor. No lo toques con objetos extraños.
- La rosca externa del transmisor debe prestar atención al sello, de lo contrario la presión no será inestable.

- La barrera de seguridad debe obtener un certificado a prueba de explosiones, y su instalación debe realizarse de acuerdo con los requisitos de sus instrucciones.
- Si tiene problemas durante la instalación y uso del producto, comuníquese con nuestra empresa.

El transmisor solo da medida en presión de 6 Bar/0.6MPa y su rango de operación es de 0 a 0.6MPa la salida de corriente es de 4-20mA no tiene claves de configuración

7. MANTENIMIENTO

Para realizar mantenimiento en el Transmisor debemos retirarlo de donde esté ubicado para su respectiva función, esto conlleva que debemos desenergizar el circuito donde esté instalado el Transmisor y trabajar en un lugar específico y con las herramientas adecuadas para no dañar el equipo, todas las actividades de mantenimiento que se va a realizar deben ser supervisado por un técnico que tenga los conocimientos necesarios para proceder con el mantenimiento del equipo.

ANEXO N	MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL TRANSMISOR SUMERGIBLE DE NIVEL MODELO: LEVEL TRANSMITTER	1 DE 1
------------	---	--------



1.INSTRUCCIONES

Acatar las instrucciones que se mencionara a continuación en el manual para no ocasionar daños en el equipo:

- Guiarse en el manual siempre que se vaya a utilizar el equipo.
- En el caso de presentarse una avería se debe revisar el manual o si se desea hacer un mantenimiento.
- Por este motivo es imprescindible que el técnico de instalación y personal responsable lo lean antes de realizar trabajos de instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

2.PRECAUCIÓN

- El equipo está acompañado de manuales de instrucciones y certificados de conformidad, incluidos los parámetros técnicos, verifique cuidadosamente para evitar un uso indebido.
- Durante el proceso de instalación, verifique si la interfaz en el sitio es consistente con la interfaz del producto de acuerdo con el método de conexión y tipo de hilo del producto. La conexión debe apretar lentamente y el par no se puede aplicar directamente a la carcasa del transmisor, sino sólo en los seis lados del puerto de presión.
- Cuando suministre energía, conéctelo de acuerdo con las instrucciones de cableado de nuestra empresa.
- Este producto es un instrumento de precisión. Está prohibido desmontar a voluntad para evitar colisiones y caídas. Está estrictamente prohibido tocar el diafragma del sensor con objetos afilados; de lo contrario, el núcleo magnético puede sufrir una deformación.
- Después de encender el transmisor, la salida será más estable después de 30 minutos de calentamiento. Si se encuentra una anomalía durante el uso, debe apagar la alimentación, dejar de usarla y comprobar o ponerse en contacto con nuestro departamento técnico.
- Los daños causados por factores humanos, como sobrecarga de presión, cableado incorrecto, daños en el diafragma del sensor, etc., no están cubiertos por la garantía.

3.DESCRIBCIÓN DEL EQUIPO

El transmisor de nivel de entrada/nivel de agua utiliza un chip de silicona de difusión para encapsular el núcleo relleno de aceite de silicona de difusión en una carcasa de acero inoxidable. La tapa protectora del extremo frontal funciona como un diafragma del sensor protector y también permite que el líquido entre en contacto suave con el diafragma. El cable y la carcasa están sellados y conectados. El tubo de ventilación está conectado al exterior en el cable. La estructura interna está diseñada para evitar la condensación. El circuito integrado de procesamiento de micro señales se puede utilizar para la transmisión remota. Tiene buena estabilidad y fiabilidad.

3.1. APLICACIÓN DEL EQUIPO

Ampliamente utilizado en plantas de agua, plantas de tratamiento de aguas residuales, suministro de agua urbana, piscinas de gran altura, pozos, minas, piscinas industriales, tanques de agua, piscinas de aceite, hidrogeología, embalses, ríos, los océanos y otros lugares.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSMISOR SUMERGIBLE DE NIVEL

- Circuito completamente cerrado, con humedad, condensación, función anti fugas el transmisor hidrostático de nivel consiste en un sensor piezoeléctrico con cuerpo de acero inoxidable, que contiene la electrónica que permite convertir la señal del sensor en una señal normalizada de 4-20mA.
- La medida de nivel está basada en la medición de la presión diferencial entre la presión hidrostática del líquido, medida desde la cabeza del transmisor, y la presión atmosférica de ese momento. Todos los componentes de la sonda de nivel que están en contacto con el fluido están fabricados en acero inoxidable AISI 316.

3.2.1. Parámetros técnicos

Forma y rango de medición	0 ~ 1 ~ 200 m (h ₂ o)
Permita una sobrecarga	De 2 veces la presión a escala completa
Temperatura de trabajo	-20 ~ 60 °C
Compensación de temperatura	-10 ~ 60 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 ~ 80 °C
Señal de salida	4-20mA

Fuente de alimentación	10 ~ 30 VDC (voltaje estándar 24VDC)
Material	La carcasa acero inoxidable 304
Cable	Impermeable y transpirable cable
Clase de protección	IP68

4.MONTAJE DEL TRANSMISOR SUMERGIBLE DE NIVEL

Para realizar el montaje del transmisor debemos mantener despejada el área donde se ubicará el Transmisor y verificar las siguientes características:

- El cable debe ir sin interrupciones hasta tocar el fondo con el sensor respetando los parámetros como se muestra en la Figura N.1.
- El transmisor debe estar colocado de manera vertical a la superficie que se desee medir el nivel.

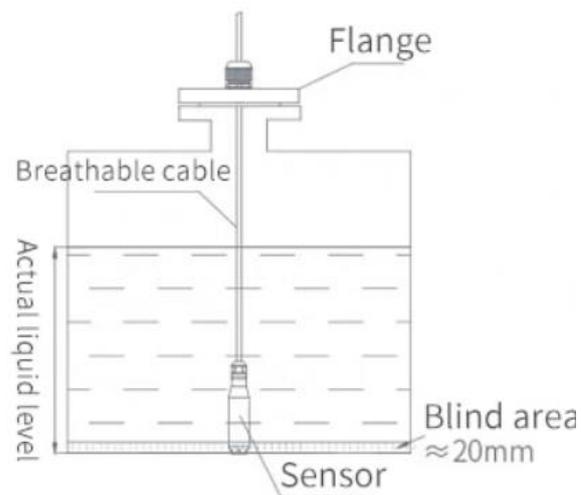


Figura N.1. Montaje del sensor de nivel [1]

5.INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para su correcta instalación se debe acatar las siguientes instrucciones respetando los parámetros del manual del equipo:

La alimentación del Transmisor Sumergible de Nivel con relación a su tensión:

- No debe sobrepasar la alimentación de 10 ~ 30 VDC (voltaje estándar 24VDC)

- Respetar la polaridad eléctrica ya que no se puede invertir el sentido.
- La señal de salida debe estar entre el rango de 4-20mA o sobrepasar.

La configuración del sensor es a 2 hilos que está en la entrada integrada del transmisor de nivel de cable blindado y con puesta a tierra como se puede observar en la Figura M.3.

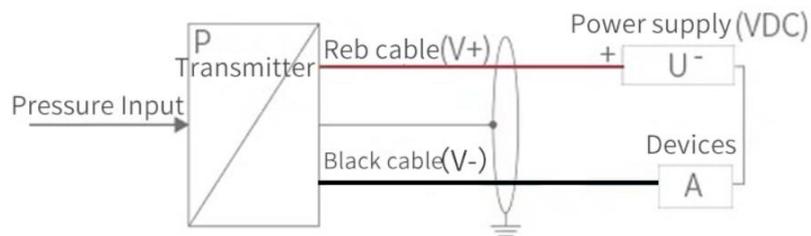


Figura N.2. Conexión del Transmisor [1]

6. DIAGRAMA DE CONECTIVIDAD

La comunicación del Transmisor Sumergible de Nivel a dos hilos para adquirir señal se la puede observar en la **Figura M.4.**

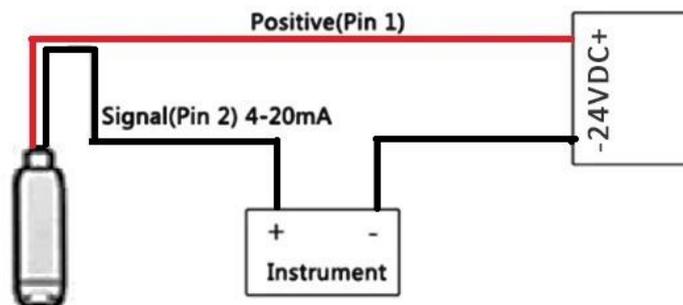


Figura N.3. Comunicación de señal

7. MANTENIMIENTO

Retirar la tapa del tanque aflojando la universal para poder acceder al sensor y realizar el mantenimiento adecuado si necesitara de alguno.

ANEXO Ñ	MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL TRANSMISOR DE FLUJO DE TURBINA MODELO: LWGY-N	1 DE 1
------------	--	--------



1.INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN DEL TRANSMISOR DE FLUJO

Para un adecuado funcionamiento del transmisor de flujo se debe visualizar el manual y acatar las disposiciones alargando la vida útil de este evitando así daños.

Tomando en cuenta que se debe leer siempre las instrucciones del manual antes de manipularlo.

Para su instalación se debe proceder siempre con su manual tomando en cuenta todas sus indicaciones ya que contiene información relevante para un correcto funcionamiento.

2.SEGURIDAD

Precauciones Preventivas

- Para un óptimo funcionamiento del transmisor de flujo no se debe sobrepasar su capacidad máxima de medición.
- Utilizar el sensor en un ambiente adecuado a cierta temperatura media con su adecuada alimentación.
- Evitar zonas de peligro (explosión) para el montaje del transmisor de Flujo.
- Debe encontrarse siempre desconectado para realizar alguna instalación eléctrica acatando las normas de seguridad pertinentes.
- Respetar los parámetros de alimentación del mismo para no ocasionar daños.
- Para la puesta en marcha del transmisor de flujo se debe asegurar que no sobrepasen los límites admisibles del mismo.

3.EXPLICACIÓN DEL EQUIPO

El transmisor de flujo es un tubo que en sus extremos tienen conexiones o se lo conoce como caudalímetro de turbina axial siendo éste conciso y fiable al momento de medir gases, líquidos su creador fue Reinhard Woltman. El rotor magnético de hélice libre tiene soportes internos donde está montado con el mismo sentido del flujo.

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSMISOR DE FLUJO

- Precisión $\pm 5\%$
- Puede soportar un nivel de presión de hasta 6.3 MPa su acoplamiento es de tipo macho BSPT rosca.
- La señal que entrega a su salida es a través de pulsos sin interferencia, con un rango de medición de (1-10 m³/h) compuesto del material SS304.
- Permite la colocación de display (LCD), su estructura es ligera y compacta de fácil mantenimiento y acceso.

3.2. ESTRUCTURA

A continuación, se muestran las partes que conforman el transmisor de Flujo detalladas como se muestran en la **Figura Ñ.1** a continuación.



Figura Ñ.1. Transmisor de Flujo [2]

4.Datos técnicos

Parámetros del Transmisor de Flujo

Diámetro	DN25
Modo de conexión	Conexión roscada
Material del instrumento	Normal SS304, personalizado para (SS316L)
Relación de rango de medición	1:10
Condición de uso	Temperatura ambiente: -30°C- 60°C Temperatura media: -100°C- 100°C / 120°C / 150°C
Nivel de presión	Rango de flujo no individual (Rango extendido)6.3 MPA
Fuente de alimentación	12-24V CC
Consumo de energía	$\leq 1W$
Salida de señal	Pulso, 4-20 mA, pulso equivalente (NPN/TTL $\leq 0.8V$, $\geq 0.8V$)
Salida de comunicación	Comunicación RS485 (Modbus-RTU)
Nivel de protección	IP65 o IP68
Nivel de pruebas de explosiones	Ex dICT6 Gb
Nivel de precisión	Desde el $\pm 0.5\%$ / $\pm 1.0\%$
Display	No

5.MONTAJE

5.1. INSTALACIÓN MECÁNICA DEL TRANSMISOR DE FLUJO

Para la instalación es necesario mantener los extremos rectos cumpliendo con los siguientes caracteres:

- Al momento de circulación del fluido debe estar en una posición estable y con poca turbulencia garantizando así un buen giro de la hélice.

- Los parámetros de instalación deben estar en una condición necesariamente rectos en sus extremos acoplada a la tubería para funcionar adecuadamente.
- Asegurarse de montar bien las partes del transmisor asegurándose con la tuerca antirretorno.

5.1.1. Tipos de instalación del Transmisor de Flujo

Para acoplar la tubería se lo puede realizar de dos maneras de forma horizontal y vertical dependiendo del uso de donde se lo desee instalar considerando que siempre debe estar en la zona de concurrencia de fluido constante libremente sin válvulas Check con la misma dirección del fluido.

Maneras de conexión del transmisor de flujo.

- Forma vertical

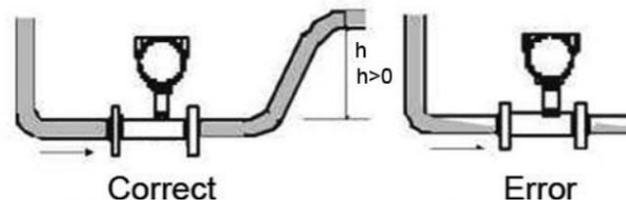


Figura Ñ.2. Montaje de forma correcta e incorrecta Transmisor de Flujo [2]

- Forma horizontal

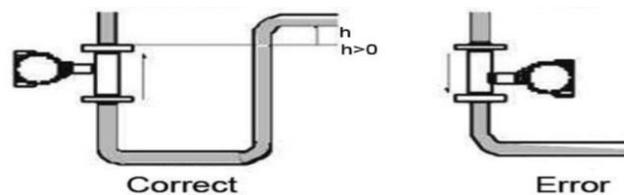


Figura Ñ.3. Montaje de forma correcta e incorrecta Transmisor de Flujo [2]

5.1.2. Disposición del espacio correcto del Transmisor de Flujo

El transmisor se debe ubicar antes de un elemento que perturbe el flujo como un codo, una T, una bomba si no se coloca la turbina antes esta puede causar perturbaciones al momento de realizar lecturas inestables con errores.

Para evitar complicaciones el fabricante proporciona el manual especifica la manera en la que se lo debe instalar proporcionando medidas antes y después del transmisor acoplados en la tubería como se verá a continuación:

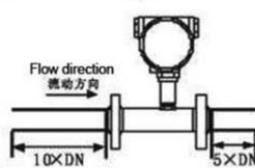
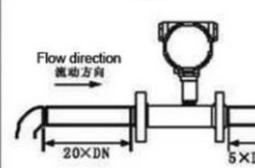
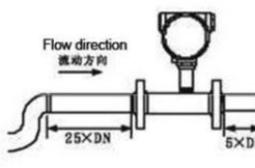
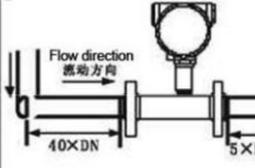
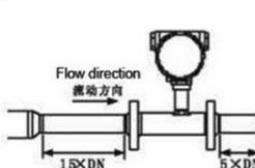
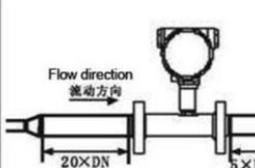
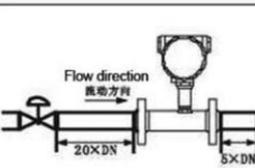
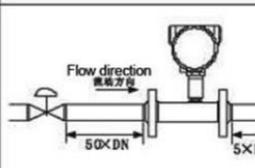
Inlet section choke type	Installation conditions			Installation conditions	
	Entrance section	Exit segment		Entrance section	Exit segment
General situation			Two 90° elbows in the same plane		
Two 90° elbows in the same plane			Two 90° elbows in different planes		
Shrink tube			Expansion		
Full open valve			Half open valve		

Figura Ñ.4. Ubicación correcta del tramo de tubería recto antes y después del Transmisor de Flujo [2]

Donde DN viene siendo el diámetro nominal con una medida de (25mm) donde se procede a multiplicarlo por los parámetros según el tipo de instalación como se muestra en la Fig. C.5. obteniendo de esta manera la distancia de ubicación del transmisor en el montaje recto

5.2. Instalación eléctrica del Transmisor de Flujo

Ya montado el transmisor se procede con la instalación eléctrica acatando las siguientes disposiciones:

- La fuente de alimentación debe ser de 12-24 VCC respetando la polaridad.
- Su alimentación no es apta para cargas inductivas.
- Se debe respetar el rango de la salida de pulsos (4-20 mA)
- Los cables de Fuerza (Mayores de 110 Vca) y Datos (Pulsos, analógica, etc.) deben ir por canalizaciones separadas.
- Siempre ubicar un neutro de referencia para estabilizar el circuito electrónico.

La conexión del transmisor es a 3 hilos mediante un cable correspondiendo 2 para la alimentación y 1 para la señal de pulsos como se muestra a continuación.

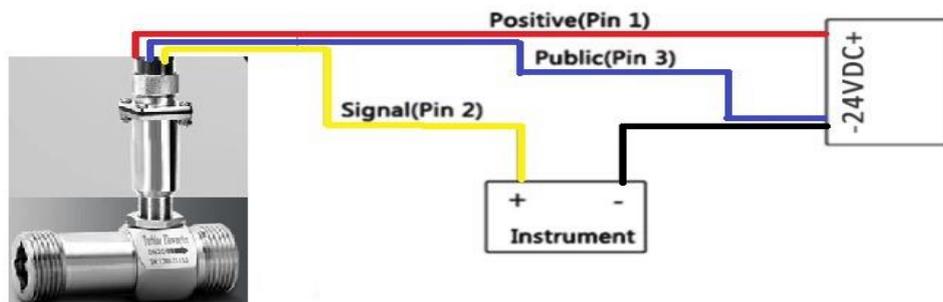


Figura Ñ.5. Conexión a tres Hilos

6.MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento correspondiente se procede a cerrar las llaves y aflojar las universales y se procede a retirar el Transmisor de Flujo de la tubería para ello se realizó una instalación de baipás no interrumpiendo la circulación del fluido cuando esté en mantenimiento.



Figura Ñ.6. Instalación Baipás [3]

ANEXO O	MANUAL DE USUARIO TÉCNICO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA SINAMICS SV-IG5A MARCA: LS	1 DE 1
------------	--	--------



1.PARÁMETROS A SEGUIR

Los parámetros a seguir que se verán a continuación están dados para garantizar un óptimo servicio en el equipo evitando así daños.

Para el equipo es importante conocer el manual para su uso.

En la manipulación de otra persona del equipo, tendrá las instrucciones de este manual.

Ya sea para la instalación, mantenimiento y funcionamiento del equipo el manual dispone de información básica.

Previo a la utilización del equipo se debe conocer a fondo este manual tanto el técnico que instala como los operarios y dar mantenimiento al equipo.

2.SEGURIDAD

Para la prevención de daños en el equipo o sus componentes de control puestos en el módulo se detalla a continuación el instructivo para la seguridad del equipo.

ADVERTENCIA

En el caso de manipulación de personal no calificado la operación incorrecta en el equipo lo puede dañar ocasionando pérdidas materiales, lesiones y la muerte se recomienda no utilizarlo.

La conexión del equipo es a través de una red cableada de forma permanente con su puesta a tierra (AE280, INEN-IEC 61400-24, NEC y como otras normas aplicables)

Las borneras, aunque no esté funcionando en el variador pueden estar bajo tensión peligrosa tales como:

- Las borneras de alimentación de corriente L1, L2, L3 a 220V a tres hilos.
- Y posteriormente las borneras que saldrán al motor U, V, W.

El rango de seguridad en que está el equipo es:

¡Identifica la posibilidad de peligro!

¡Identifica peligros de descarga eléctrica!

Dando una advertencia de precaución del equipo cuando se maneja evitando así daños materiales y precautelando la seguridad del usuario.

Medidas preventivas:

- Acatar las medidas de seguridad correspondientes al momento de realizar la instalación eléctrica.
- Para su mantenimiento es recomendable realizarlo con el equipo apagado.
- En la parte de los componentes electrónicos o eléctricos es mejor dejarlos a personal altamente calificado.

3.DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El variador de frecuencia SV iG5A convierten la frecuencia que regulan mediante convertidores la velocidad de motores trifásicos cubriendo un margen de potencia nominal de 220 W a 22 KW de redes trifásicas y con una tensión de entrada monofásica y trifásico de 200-230V, trifásica de 380- 480V dependiendo de los distintos modelos. Empleando microcontroladores para controlar los convertidores utilizando tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de reciente generación haciéndolos confiables y versátiles. Para el control de la frecuencia se emplea el método de modulación de ancho de impulsos permitiendo el funcionamiento del motor por medio de la frecuencia de pulsación. Con aplicaciones que vienen por defecto de fábrica, para el control de motores V/f. Conteniendo en sus parámetros de ajuste un gran número para utilizarlos de acuerdo a las aplicaciones de control de accionamientos dependiendo de la aplicación.

Características del Variador de Frecuencia SV iG5A

- Control V/f, Seleccionable vectorial de sensores
- Señales de entrada seleccionable PNP/NPN
- Protección IP20, UL Tipo 1(Opcional)
- Refuerzo de par (Boost) Manual/Automático
- Control de procesos PID avanzado
- Para elevado en todo el rango de velocidad
- 0.1-400 Hz Salida de frecuencia
- 1-15 Hz Frecuencia portadora
- Ajuste de parámetros y control de un segundo motor
- Entrada de tensión a un margen de: -15% a 10%

- Historial de fallos: Últimos 5 fallos
- Entradas analógicas de: 0 a +10 VCC/ -10 a +10VCC
- Rango de velocidad en todo par elevado
- Como estándar integrado el módulo de freno dinámico
- Sintonización automática: Auto-ajuste de parámetros del motor
- Integrada la comunicación RS485(LS Bus/Modbus RTU)
- Con enfriamiento del ventilador de fácil recambio con control On/Off
- Teclado externo de control remoto usado con cable RJ 5 (Opcional)
- Actualización de funciones: Ahorro de energía, Protección KEB (Kinetic Energy Buffering: Energía cinética acumulada), Función de Sleep & Wake-up (Dormir y despertar)
- Herramientas de software de memorización y parametrización mediante PC (Driver View)

4.DATOS TÉCNICOS

Parámetros principales del variador de frecuencia SV iG5A

Modelo	Sv015iG5A-2
Tensión de red y rango de salida	200 V a 230 (+10%,-15%) 12 A, 4.5 KVA a 2.2 KW
Frecuencia de la red	50 a 60 Hz ($\pm 5\%$)
Frecuencia de salida	0.1 a 400Hz
Cos Phi	≥ 0.95
Convertidor grado de rendimiento	Para equipos < 750W 90%-94% $\geq 95\%$ para equipos $\geq 750W$
Capacidad de sobrecarga	Corriente de salida nominal para sobre corriente :1,5 x (siendo 150 % sobrecarga) durante 60 s

Tensiones de salida para el usuario	Asignados en los bornes 6 y 7 a 24V (50 mA sin regular): 10V en los bornes 8 y 10 (5 mA)
Entradas digitales	Tipo NPN, sin separación galvánica, tensión de entrada 30V máxima, compatible con SIMATIC (3, parametrizable)
Entradas analógicas	De 0V a 10V, escalable (1, para consigna)
Salida digital	Separación galvánica de 1, salida de opto acoplador (DC 24V, 50mA Carga óhmica), NPN el transmisor
Grado de protección	IP20
Serie de interface	RS485

5.MONTAJE

5.1 VAREADOR DE FRECUENCIA SV015iG5A INSTALACIÓN

Para la instalación del variador de manera adecuada se emplea el manual de operación teniendo en consideración los factores ambientales y físicos que afectan al equipo como también los parámetros técnicos y eléctricos.

5.1.1. Características del teclado

TECLAS	
RUN	Permite dar orden de puesta en marcha
STOP/RESET	STOP: comando para detener el funcionamiento RESET: comando para reposición cuando se produce un fallo
▲ Subir	Permite desplazarse por los códigos o aumentar el valor de un parámetro
▼ Bajar	Permite desplazarse por los códigos o reducir el valor de un parámetro
◀ Izquierda	Permite saltar a otros grupos de parámetros mover el cursor a la izquierda para cambiar el valor de un parámetro

▶	Derecha	Permite saltar a otros grupos de parámetros mover el cursor a la derecha para cambiar el valor de un parámetro
	Tecla Ent	Introduce el valor de los parámetros o guarda los valores de los parámetros modificados

5.1.2 Cómo desplazarse a los otros grupos desde el primer código de cada grupo

1		-Se visualiza el primer código en el grupo de accionamiento "0.00" cuando se conecte la alimentación de CA. -Pulse la tecla con la flecha la derecha (▶) una vez para ir al grupo de funciones 1.
2		-Se visualiza el primer código en el grupo de funciones 1 "F 0" -Pulse la tecla con la flecha la derecha (▶) una vez para ir al grupo de funciones 2.
3		-Se visualiza el primer código en el grupo de funciones 2 "H 0" -Pulse la tecla con la flecha a la derecha (▶) una vez para ir al grupo de funciones.
4		-Se visualiza el primer código en el grupo E/S "1 0" -Pulse la tecla con la flecha la derecha (▶) una vez más para volver al grupo de accionamiento.
5		-Se vuelve al primer código del grupo de accionamiento "0,00"
-Si usa la tecla con la flecha a la izquierda (◀), los pasos anteriores se ejecutarán en el orden inverso		

5.1.3 Grupo de accionamiento para la comunicación

Grupo	Código	Nombre del Parámetro	Definición	Rango	Inicial
Grupo de accionamiento	0.00	[Comando frecuencia]	-	0-400	0.00
	Frq	[Modo de frecuencia]	3	0-8	0
Grupo E/S	111	[Constante temporal de filtro para la entrada 1]	10	0-99	10
	112	[Corriente mínima de entrada 1]	-	0.20	4
	113	[Frecuencia correspondiente a 112]	-	0.400	0.00
	114	Corriente máxima de entrada 1	-	0-20	20
	115	Frecuencia correspondiente a 114	-	0-400	60.00

5.1.4 Conexionado de bornes de control

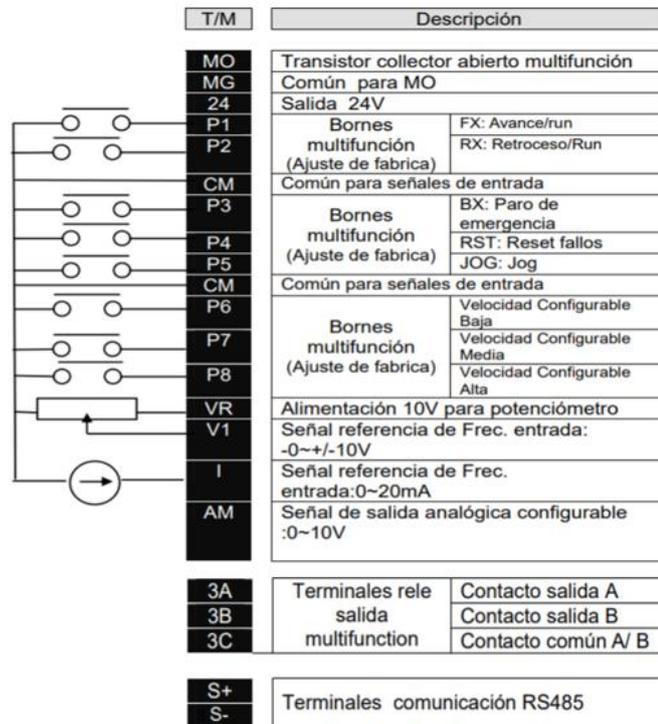


Figura O.1. Conexionado de bornes de control

6.INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONEXIÓN

Se seguirá para una adecuada instalación los parámetros de las características del variador como se muestra a continuación:

- Para la configuración de los parámetros en cuanto a las RPM del motor se procede con los siguientes parámetros: Cuando H49 está definido en 0 {control V/f} o 1 {control PID}, la frecuencia de salida del variador (f) se visualiza en RPM usando la siguiente fórmula. No se considera el deslizamiento del motor.
- Si el código H49 está en 1, el valor de la realimentación se convierte a frecuencia H31: Entre el número de polos del motor indicado en la placa de identificación H74: Este parámetro se usa para cambiar la visualización de la velocidad del motor a la velocidad de giro (r/min) o a la velocidad mecánica (m/min). Como se muestra en la fórmula (1).

$$RPM = \left(\frac{120 \cdot f}{H31} \right) \cdot \frac{H74}{100} \quad (1)$$

- Se procede con el tiempo de aceleración y de desaceleración de 2 segundos.
- Sesteando el valor del modo de frecuencia para la programación desde el bornero V12: 0 a10V.
- Conectar la tierra del motor de forma directa a la conexión de tierra (PE) del Variador.
- Comprobar que los cables que estén enlazados se encuentren correctamente enlazados, fuera de todo problema de conexión de cables que pueda accionar un corto circuito.
- Los cables de control deben estar separados posible de los cables de potencia usando canales separados, los cruces entre los dos cables deben formar un ángulo de 90° los unos con los otros.
- Comprobar que los contactos del Variador se encuentren en un buen estado del contacto del conductor para que no se presenten problemas de contacto con el Variador con los equipos que vayan a estar presentes en la unión con ello en una conexión general o individual.