



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN “LA MANÁ”

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE DOS
VARIABLES DE PROCESO (CAUDAL Y PRESIÓN), PARA EL ÁREA DE
INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros en
Electromecánica

Autores:

Chimborazo Aguaisa Widinson Alexander

García Paredes Steven Johan

Tutor:

M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán

**LA MANÁ-ECUADOR
AGOSTO-2022**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo: Chimborazo Aguaisa Widinson Alexander y García Paredes Steven Johan declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO (CAUDAL Y PRESIÓN) PARA EL ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL”, siendo el M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Chimborazo Aguaisa Widinson Alexander
C.I: 0504702754



García Paredes Steven Johan
C.I: 0504517053

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO (CAUDAL Y PRESIÓN) PARA EL ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL” de Chimborazo Aguaisa Widinson Alexander y García Paredes Steven Johan, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, agosto del 2022



M.Sc. Paredes Anchatipán Alex Darwin
C.I: 0503614935
TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA por cuanto los postulantes Chimborazo Aguaisa Widinson Alexander y García Paredes Steven Johan con el título de proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO (CAUDAL Y PRESIÓN) PARA EL ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

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

La Maná, agosto del 2022

Para constancia firman:



M. Sc. William Armando Hidalgo Osorio
C.I:0502657885
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



M. Sc. William Paúl Pazuña Naranjo
C.I: 0503338592
LECTOR 2 (MIEMBRO)



M. Sc. Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo
C.I: 1803547320
LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la vida y una familia maravillosa que creyó en nosotros desde el principio, que nos brindaron su apoyo tanto moral como económico.

A nuestros compañeros y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, quienes formaron parte de nuestra formación académica para este logro tan anhelado de ser unos profesionales como ingenieros electromecánicos.

Steven & Widinson

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mi madre Carmita Paredes Llanos, a mi padre Eduardo García Jiménez, por brindarme su apoyo incondicionalmente, moral y económico en el transcurso de mi formación académica para lograr cumplir esta meta de ser todo un profesional. A mis hermanos y demás familiares quienes creyeron en mí y siempre me brindaron su apoyo moral en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

Steven

Dedico este proyecto con todo el amor de mi corazón a mi madre Carmen Yolanda Aguaisa y a mi padre Cesar Chimborazo Yanchaliquin, por haberme apoyado con tanto sacrificio y esfuerzo para darme los estudios y creer en mi capacidad, brindarme siempre comprensión y cariño. A mis queridos hermanos y compañeros con quien tuve la oportunidad de compartir muchas experiencias y alegrías en mi vida estudiantil.

Widinson

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN “LA MANÁ”

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO (CAUDAL Y PRESIÓN) PARA EL ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL”

Autores:

García Paredes Steven Johan

Chimborazo Aguaisa Widinson Alexander

RESUMEN

El control y automatización de los procesos industriales permiten que las industrias mejoren su producción y exista mayor rentabilidad, el módulo didáctico de control de dos variables diseñado e implementado con conocimientos adquiridos en la carrera y conocimientos en base a la investigación , permitirá reforzar los conocimientos teóricos - prácticos en los estudiantes de la carrera de Electromecánica extensión La Maná a través del control y la interacción con las variables caudal y presión, el estudiante podrá realizar prácticas diseñadas para el uso del módulo y de esta forma llegar a ser más competitivos en el sector industrial.

El módulo didáctico implementado cuenta con elementos industriales como: PLC-Variador-Touch Panel-Bomba-Transmisor de Presión. La Touch Panel permite la interacción entre el usuario y las variables para realizar controles Manuales y Automáticos, en modo manual se configura los parámetros de frecuencia en el variador y posición en la válvula de control, en modo automático se realiza el control de las dos variables a través de estrategias de control como son PID y On-Off

Palabras Claves: Automatización, control, presión, caudal.

ABSTRACT

The control and automation of industrial processes allow industries to improve their production and to have greater profitability. The didactic module of control of two variables designed and implemented with acquired knowledge in the career and knowledge based on research will reinforce theoretical – practices knowledge to the students of the Electromechanics career, La Maná extension through the control and interaction with flow and pressure variables. The student will be able to perform analyzed practices for the use of the module and in this way become more competitive in the industrial sector.

The implemented didactic module has industrial elements such as: PLC-Inverter-Touch Panel-Pump-Pressure Transmitter. The Touch Panel allows interaction between the user and the variables to make Manual and Automatic controls. In manual mode, the parameters of frequency in the variator and position in the control valve are configured. In automatic mode, the control of the two variables is conducted through control strategies such as PID and On-Off.

Keywords: Automation, control, pressure, flow.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
3. JUSTIFICACIÓN	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
4.1. Beneficiarios Directos.....	3
4.2. Beneficiarios Indirectos	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
6. OBJETIVOS	4
6.1. Objetivo General.....	4
6.2. Objetivos Específicos	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
8.1. Introducción	6
8.2. Sistema de Control de procesos	6
8.3. Lazos de control.....	7
8.3.1. Lazo abierto	7
8.3.2. Lazo cerrado	8

8.4. Variables utilizadas en control de procesos	8
8.4.1. Variable caudal	8
8.4.2. Variable presión	9
8.5. Sensores	10
8.5.1. Finales de Carrera	10
8.5.2. Sensores Magnéticos.....	11
8.5.3. Sensores Fotoeléctricos.....	11
8.5.4. Sensores Térmicos	12
8.5.5. Sensores de velocidad, aceleración y posición	12
8.5.6. Sensores de nivel y proximidad	13
8.5.7. Sensores de presión.....	14
8.5.8. Sensores de flujo	15
8.6. Transductor	16
8.7. Transmisores Industriales	17
8.8. Elementos de control final	17
8.8.1. Bomba centrífuga.....	17
8.8.2. Válvula de control.....	18
8.8.3. Variador de frecuencia.....	19
8.9. Controlador	19
8.9.1. Controlador lógico programable	20
8.10. Pérdidas en accesorios de tubería	20
8.11. Estrategias de control de procesos	22
8.11.1. Control On-Off	22
8.11.2. Control proporcional.....	23
8.11.3. Control integral	25
8.11.4. Control derivativo	26
8.11.5. Control PID.....	27
8.12. Interface Humano Maquina HMI	28
8.13. PROFINET	29
8.14. Diagramas P&ID.....	30
9. HIPÓTESIS	31
10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31

10.1. Descripción general del sistema	31
10.2. Planos de ensamblaje del módulo	33
10.3. Cálculo del módulo	35
10.4. Diseño del Tablero Eléctrico del módulo	37
10.5. Diagrama de Bloques del Sistema	41
10.6. Diagrama P&ID del módulo	43
10.7. Configuración de Variador de Frecuencia	45
10.8. Programación Tia Portal	46
10.8.1. Diagrama de Flujo de la programación del HMI	48
10.9. Implementación de la Estructura y tubería	49
10.10. Prueba del tablero Eléctrico	50
10.11. Prueba de las señales analógicas de los transmisores de caudal y presión	50
10.12. Prueba de señales digitales en el PLC	53
10.13. Prueba de encendido de la Touch Panel	53
10.14. Prueba de arranque del variador en modo manual	55
10.15. Prueba de apertura y cierre de la válvula de control en modo manual	55
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	57
11.1. Análisis estático de la estructura	57
11.2. Prueba de control Proporcional	59
11.3. Prueba de control Proporcional Integral (PI)	60
11.4. Prueba de control Proporcional Integral (PI) variando Ti	61
11.5. Prueba de control PID	63
11.6. Prueba de control PID con perturbaciones	64
11.7. Prueba de control On-Off	65
11.8. Control PI seleccionado	65
12. IMPACTOS	66
13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	67
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
14.1. Conclusiones	68
14.2. Recomendaciones	69
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
16. ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios directos	3
Tabla 2: Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos	5
Tabla 3: Coeficientes de accesorios.....	21
Tabla 4: Equipos a ensamblar en el módulo.....	35
Tabla 5: Equipos a ensamblar en el tablero.....	37
Tabla 6: Dimensionamiento de protecciones.....	39
Tabla 7: Presupuesto del proyecto.....	67

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula de caudal	9
Ecuación 2: Fórmula presión.....	9
Ecuación 3: Fórmula de pérdidas por acccerios	20
Ecuación 4: Cálculo del área del tanque.....	35
Ecuación 5: Cálculo del volumen del tanque	36
Ecuación 6: Cálculo del caudal	36
Ecuación 7: Cálculo de la altura dinámica total de la bomba.....	36
Ecuación 8: Presión de la Bomba	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Bloques de un proceso de control.....	7
Figura 2. Sistema de control de lazo abierto para el control de nivel de agua.	7
Figura 3. Sistema de control de lazo cerrado.....	8
Figura 4. Finales de Carrera.	10
Figura 5. Sensor Magnético.....	11
Figura 6. Sensor Fotoeléctrico LDR.....	11
Figura 7. Circuitos de aplicación de la RTD	12
Figura 8. Señal de Encoder óptico.....	13
Figura 9. Potenciómetro rotacional como medidor de nivel	14
Figura 10. Sensor de presión basado en el principio de variación de.....	15
Figura 11. Rotámetro.....	16
Figura 12. Tipos de Transductores.	16
Figura 13. Transmisor industrial Rosemount.	17
Figura 14. Bomba centrífuga, disposición, esquema y perspectiva.....	18
Figura 15. Válvula de control	18
Figura 16. Variador de Frecuencia Sinamics G110.....	19
Figura 17. Controlador Lógico Programable S7-1200	20
Figura 18. Diagrama de Bloques y descripción matemática del controlador.....	22
Figura 19. Control On-Off con diferentes histéresis	23
Figura 20. Respuesta de control P	24
Figura 21. Respuesta de Control PI.....	25
Figura 22. Respuesta de control PD	26
Figura 23. Control PID	27
Figura 24. Respuesta de control PID vs PI.....	27
Figura 25. Pantalla HMI	28
Figura 26. Diagrama PROFINET	29
Figura 27. Diagrama P&ID	30

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Diseño de la Estructura.....	32
Imagen 2. Diseño de la Estructura 3D.....	33
Imagen 3. Diseño de Tuberías.....	34
Imagen 4. Tablero Eléctrico.....	38
Imagen 5 Plano Eléctrico Fuerza y alimentaciones.....	40
Imagen 6. Plano Eléctrico Control e Instrumentación.....	40
Imagen 7. Diagrama de bloques del módulo didáctico.....	41
Imagen 8. Diagrama de bloques a lazo cerrado del proceso de Presión.....	42
Imagen 9. Diagrama de bloques a lazo cerrado del proceso de Caudal.....	43
Imagen 10. Diagrama P&ID del módulo didáctico.....	43
Imagen 11. Placa de bomba con los parámetros a configurar.....	45
Imagen 12. Placa de bomba con los parámetros a configurar al Variador.....	46
Imagen 13. Diagrama de flujo de la programación del PLC.....	47
Imagen 14. Diagrama de flujo de la programación del HMI.....	48
Imagen 15. Parte Frontal del módulo didáctico.....	49
Imagen 16. Tablero eléctrico implementado.....	50
Imagen 17. Transmisor de Presión sin montar en la tubería.....	51
Imagen 18. Visualización del Transmisor de Presión montado en la tubería.....	51
Imagen 19. Visualización del Rotámetro de Caudal montado en la tubería.....	52
Imagen 20. Visualización del módulo SM1234.....	52
Imagen 21. Visualización de entradas y salidas digitales del PLC.....	53
Imagen 22. Pantalla de inicio de la Touch Panel.....	53
Imagen 23. Pantallas del HMI.....	54
Imagen 24. Prueba de asignación de Frecuencia al Variador.....	55
Imagen 25. Prueba de la Electroválvula.....	56
Imagen 26. Análisis de Tensiones.....	57
Imagen 27. Análisis de Desplazamientos.....	57
Imagen 28. Análisis del Factor seguridad 1.....	58
Imagen 29. Análisis del Factor seguridad 2.....	58
Imagen 30. Parámetros control P.....	59
Imagen 31. Gráfica de tendencia control P.....	59

Imagen 32. Parámetros control PI	60
Imagen 33. Gráfica de tendencia control PI	60
Imagen 34. Parámetros control PI con Ti inferior	61
Imagen 35. Gráfica de tendencia control PI inestable	61
Imagen 36. Parámetros control PI con Ti inferior	62
Imagen 37. Gráfica de tendencia control PI lento	62
Imagen 38. Ingreso de parámetros al controlador PID	63
Imagen 39. Tendencia del Proceso de control PID de Presión.....	63
Imagen 40. Posición de válvula V4 para perturbación	64
Imagen 41. Tendencia del Proceso frente a una perturbación	64
Imagen 42. Posición de válvula V4 para perturbación	65
Imagen 43. Ingreso de parámetros al controlador	65
Imagen 44. Tendencia del Proceso de control de Presión	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografías del módulo	72
Anexo 2. Guías de Práctica.....	75
Anexo 3. Estructura del módulo	100
Anexo 4. Ensamblaje del módulo y descripción	101
Anexo 5. Datos del tutor del proyecto	102
Anexo 6. Datos del estudiante Steven García.....	104
Anexo 7. Datos del estudiante Widinson Chimborazo	105
Anexo 8. Aval de traducción	106
Anexo 9. Certificación de Antiplagio.....	107

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Implementación de un módulo didáctico de control de dos variables de proceso (caudal y presión) para el área de Instrumentación Industrial.

Tiempo de ejecución**Fecha de inicio:**

Abril del 2022

Fecha de finalización:

Agosto del 2022

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná,
Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
CIYA

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Equipo de trabajo:**Tutor del proyecto**

Ing. M.Sc Alex Darwin Paredes Anchatipán

Autores

Sr. Chimborazo Aguaisa Widinson Alexander

Sr. García Paredes Steven Johan

Área de conocimiento:

Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación:

Procesos industriales

**Sub líneas de investigación
de la carrera:**

Automatización, control y protecciones de sistemas
electromecánicos

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los costos elevados para adquirir módulos didácticos para control de procesos en el área de Instrumentación Industrial, limitan el complemento entre aprendizaje teórico práctico para reforzar conocimientos en materias como: Instrumentación, PLC, Control de Procesos, Controladores PID y sus variantes, lo que conlleva a una desventaja profesional y laboral tanto como para el docente al momento de impartir la cátedra, como para el estudiante que adquiere los conocimientos teóricos pero muchas veces no puede llevarlos a la práctica. Con la implementación de este módulo se reforzarán los conocimientos prácticos y se tendrá una mejor competitividad en el mercado laboral.

3 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad implementar un módulo didáctico de control de dos variables de proceso (caudal y presión) para el área de Instrumentación Industrial, dos de las variables más utilizadas a nivel industrial en procesos como: caudal de petróleo, caudal lácteo, caudal gases, caudal de vapores, presión en tanques, presión en separadores trifásicos, presión en separadores bifásicos, presión en tuberías, presiones diferenciales, entre otras aplicaciones, además se podrá implementar controles PID sobre estas dos variables lo cual es muy importante a nivel industrial ya que la mayoría de procesos son controlados con este tipo de control PID por su gran aceptación y vital importancia para que los procesos trabajen en óptimas condiciones.

La implementación de este módulo didáctico de caudal y presión en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, permitirá a través de la guía de práctica los estudiantes de la Carrera de Electromecánica puedan familiarizarse de mejor forma con los procesos que se encuentran inmersos en la industria, además el módulo contará con equipos industriales los cuales pueden ser configurados o programados por los estudiantes y de la misma forma será una ayuda a los docentes que impartan las materias en el área de Instrumentación y Control, con ello se tendrá Ingenieros con conocimientos prácticos más competitivos en el mercado laboral.

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios del presente proyecto se identifican como beneficiarios directos e indirectos los cuales son detallados a continuación.

4.1 Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del proyecto son los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

Tabla 1: Beneficiarios directos

Hombres	Mujeres	Total
231	10	241

Fuente: Oficina del director de Carrera de Electromecánica

4.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos del proyecto son las empresas en donde se pueda poner en práctica los conocimientos adquiridos en el área de automatización y control de procesos, ya que se puede implementar controles que optimicen los procesos, otros beneficiarios indirectos son los docentes de la Carrera de Electromecánica ya que puede reforzar los conocimientos teóricos con los prácticos a través del uso del módulo didáctico.

5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el sector industrial los conocimientos sobre Instrumentación y Control de Procesos son parte fundamental ya que mediante la correcta selección de la instrumentación y sintonización de controladores se busca reducir costos de producción, esto es un complemento en la formación de los estudiantes de la Carrera de Electromecánica ya que cuando se desempeñen en las diferentes industrias podrán emplear todos estos conocimientos adquiridos para el beneficio profesional y de la empresa.

Módulos didácticos de las diferentes variables de procesos ya existen en el mercado, como son los módulos de Lab-Volt pero sus costos son elevados para adquirir, existen módulos individuales para cada variable, el módulo a implementarse busca unir dos procesos para las variables de caudal y presión en la tubería, el módulo propuesto pretende controlar la variable caudal y la variable de presión en la tubería y controlarla con una válvula proporcional, además se combinan equipos de uso industrial con equipos que prestan las mismas funcionalidades de

equipos industriales pero no tienen una marca reconocida por lo que también se puede reducir los costos de fabricación del módulo.

La necesidad de contar en el área de Instrumentación Industrial de un módulo didáctico con las características de control de las variables de presión y caudal, viene dificultando el complemento entre aprendizaje teórico práctico para reforzar conocimientos en materias como: Instrumentación, PLC, Control de Procesos, Controladores PID y sus variantes, lo que conlleva a una desventaja profesional y laboral tanto como para el docente al momento de impartir la cátedra, como para el estudiante que adquiere los conocimientos teóricos pero en ocasiones no puede llevarlos a la práctica.

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Implementar un módulo didáctico de control de dos variables de proceso (caudal y presión) para el área de Instrumentación Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná en la carrera de Electromecánica

6.2 Objetivos Específicos

- Investigar sobre las estrategias de control en variables de caudal y presión, para la identificación de sus componentes y requerimientos técnicos.
- Diseñar el módulo didáctico de control de dos variables de proceso (caudal y presión), para la selección adecuada de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.
- Construir el módulo didáctico de control de dos variables de proceso con equipos industriales, para el área de Instrumentación Industrial.
- Verificar el funcionamiento del proceso y el control de las variables de caudal y presión mediante guías de práctica para el uso del módulo didáctico.

7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS

Tabla 2: Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos

ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:			
OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Investigar sobre las estrategias de control en variables de caudal y presión, para la identificación de sus componentes y requerimientos técnicos.	Consultar en libros, artículos científicos y páginas de internet con contenido técnico.	Conocer sobre las variables que intervienen en el módulo didáctico y saber que dispositivos se requieren para implementarlos en el módulo. Saber qué tipo de controlador utilizar.	Documento escrito en el presente archivo sobre variables del proceso y todos los equipos a implementarse en el módulo.
Diseñar el módulo didáctico de control de dos variables de proceso (caudal y presión), para la selección adecuada de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.	Realizar el diseño mecánico, eléctrico y electrónico acorde a los componentes seleccionados.	Obtener planos mecánicos, eléctricos y P&ID del módulo didáctico	Archivos adjuntos de planos mecánicos, eléctricos y P&ID del módulo didáctico.
Construir el módulo didáctico de control de dos variables de proceso con equipos industriales, para el área de Instrumentación Industrial.	Acorde a los diseños obtenidos, construir el módulo didáctico.	Contar físicamente con un módulo didáctico de dos variables.	Fotografías de la construcción del módulo didáctico y en módulo didáctico entregarlo al laboratorio de la Universidad.
Verificar el funcionamiento del proceso y el control de las variables de caudal y presión mediante guías de práctica para el uso del módulo didáctico.	Realizar prueba de controladores en el módulo. Verificar señales de entrada en el PLC tanto de sensores como pulsadores y contactos. Diseñar guías de prácticas para los	Módulo didáctico en correcto funcionamiento y controlando las dos variables. Guía de prácticas correctamente realizadas para el uso de docentes y estudiantes.	Gráficas de tendencias del HMI indicando el funcionamiento y lectura de variables del módulo didáctico. Entregar las guías de prácticas y planos al encargado del laboratorio, con las

	estudiantes de la carrera.		programaciones del PLC y Touch Panel.
--	----------------------------	--	---------------------------------------

Fuente: Chimborazo W. y García S. (2022)

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Introducción

Para poder diseñar el módulo didáctico se tiene una fundamentación científico técnica, para lo cual se hará mención a todos los dispositivos que conforman parte del lazo de control del módulo didáctico como son: sensor de presión, sensor de caudal, PLC, variador de frecuencia, electroválvula, Touch Panel, bomba centrífuga, diseño mecánico, estrategias de control.

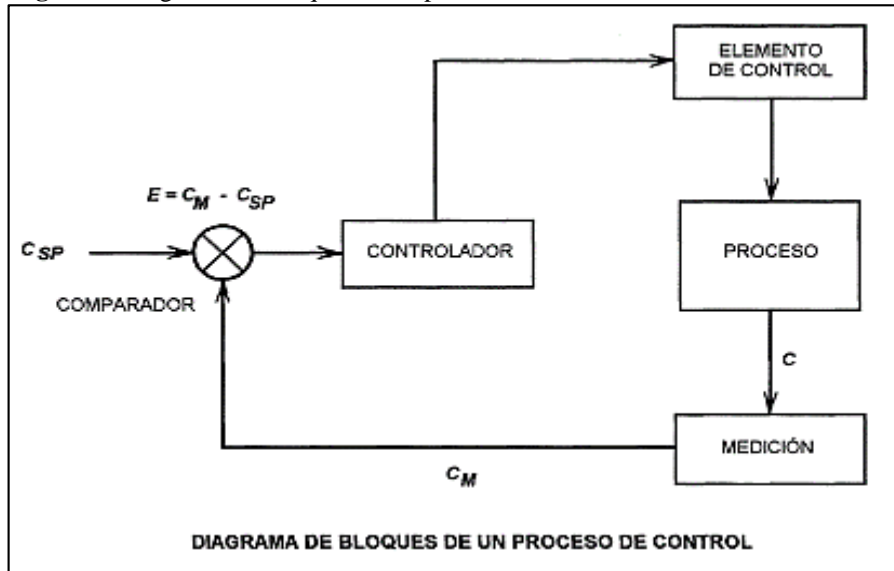
La fundamentación generada es el pilar fundamental de la investigación y conocer los principios de funcionamiento de cada equipo a utilizar en el diseño del módulo y la correcta selección de los equipos.

8.2 Sistema de Control de procesos

Según (Enríquez, 2013), los procesos industriales varían su naturaleza, pero tienen algo en común, que se requiere de control de algunas magnitudes físicas como son temperatura, presión, flujo entre otras. El sistema de control compara el valor de una variable a controlar con un valor deseado y cuando existe desviación del proceso existe una acción controladora sin que exista una intervención de una persona.

El sistema de control elemental consta de la unidad de medida, indicador, registrador, elemento final de control y el proceso a controlar como se indica en la Figura 1, todos estos elementos conforman el lazo de control el cuál puede ser abierto o cerrado.

Figura 1. Diagrama de Bloques de un proceso de control



Fuente: (Enríquez, 2013)

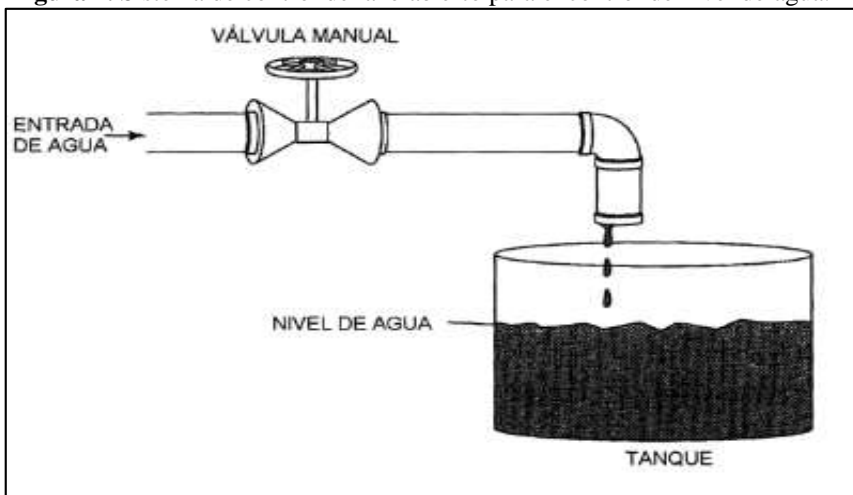
8.3 Lazos de control

En su forma básica un lazo o bucle de control se lo puede tomar como un sistema compuesto por el elemento de medición, controlador, elemento de control final y el propio proceso, el propósito es mantener el proceso estable, independientemente de desajustes y perturbaciones que puedan existir (Kuphaldt, 2016).

8.3.1 Lazo abierto

El sistema de control a lazo abierto no dispone de una retroalimentación dada por un sensor, la salida se ajusta de forma manual con ayuda de un operador, este lazo de control se lo denomina también modo manual (Enríquez, 2013). Como se indica en la Figura 2.

Figura 2. Sistema de control de lazo abierto para el control de nivel de agua.

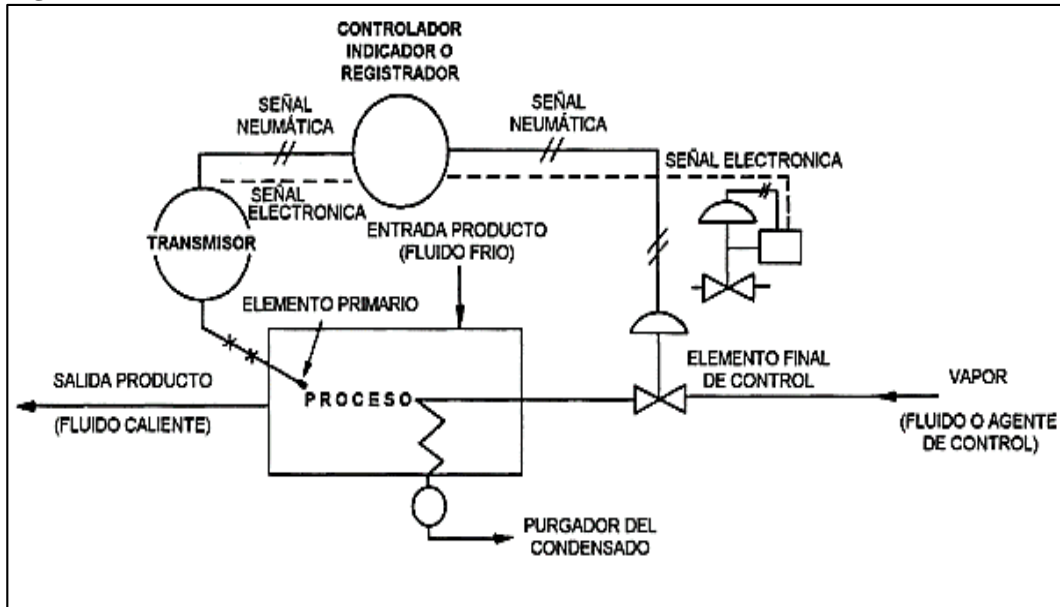


Fuente: (Enríquez, 2013)

8.3.2 Lazo cerrado

El sistema de control a lazo cerrado usa un sensor para tomar muestra de la variable y se envían los valores de la variable del proceso al comparador el cual compara la señal de ajuste y toma una acción para controlar el sistema a la señal deseada, a este lazo de control se lo denomina también modo automático (Enríquez, 2013). Como se indica en la figura 3.

Figura 3. Sistema de control de lazo cerrado.



Fuente: (Enríquez, 2013)

8.4 Variables utilizadas en control de procesos

Según (PAControl, 2016), indica la importancia del comportamiento dinámico de los procesos que influye mediante una variable física o química, la cual debe ser medida o controlada, las variables más usadas en control de procesos son: temperatura, presiones, caudales, velocidad, nivel, peso, humedad, conductividad, densidad, concentración de un reactivo entre otras, las cuales son de naturaleza dinámica, por lo que siempre ocurren variaciones y si no se toman acciones oportunas, la calidad del producto y los índices de producción, no cumplirán con las condiciones de diseño (CursosInstrumentación, 2020).

8.4.1 Variable caudal

Uno de los parámetros más importantes en la mecánica de fluidos es, lógicamente, el caudal. Se puede definir el caudal como la cantidad de fluido que circula a través de una sección por unidad de tiempo. Esta definición es válida para cualquier tipo de fluido. Normalmente se

identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo (S&P, 2017).

La medida de caudal en conductos cerrados, radica en encontrar la cantidad de masa o volumen que circula por la conducción por unidad de tiempo.

$$Q = A \cdot v \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

Q= Valor de caudal

A= Área por donde sale el fluido

v= Velocidad

Unidades de Caudal:

- Litros por segundo
- Litros por minuto
- Litros por hora
- Metros cúbicos por hora

8.4.2 Variable presión

Según (Bello & Pino, 2000), “se entiende por presión a la aplicación de una fuerza ejercida en una superficie, así una misma fuerza puede producir más o menos presión, si la superficie sobre la que se aplica es menor o mayor”

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

P= Valor de presión

A= Área

F= Fuerza

Unidades de Presión:

- Atmósfera
- Bar
- Psi
- Kg/cm²

8.5 Sensores

Los sensores se encargan de realizar las mediciones de las variables físicas en un sistema de control, en el sensor se producen fenómenos como mecánico o eléctrico el cuál se asocia con la variable del proceso que se mide (PAControl, 2016).

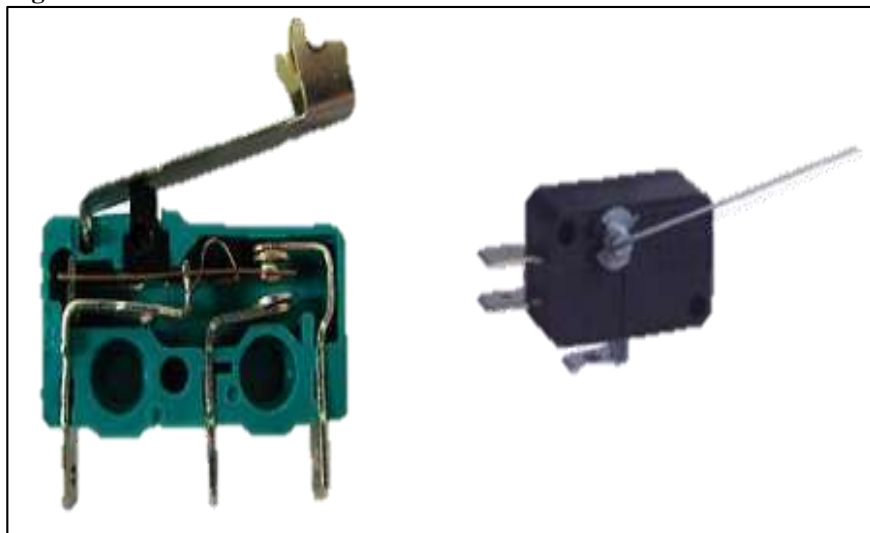
“El sensor es parte de un lazo o un instrumento que primero sensa el valor de la variable de un proceso y que asume el valor correspondiente predeterminado para el estado de la salida. El sensor puede estar separado o integrado a cualquier elemento funcional del lazo. Se le conoce también como detector o elemento primario” (Carballo Sierra & Romero Lara, 2011).

Existen varios tipos de sensores acorde a su funcionamiento mecánico, eléctrico, físico o químico, estos pueden ser de tipo analógico y los otros de tipo Digital, algunos de los cuales se menciona a continuación.

8.5.1 Finales de Carrera

Según (Wendling, 2010) los sensores mecánicos conocidos también como interruptores, estos sensores entran a funcionar cuando existe una presión sobre ellos y permiten o no dejar pasar el paso de la corriente sobre sus contactos, su forma se indica en la figura 4.

Figura 4. Finales de Carrera.

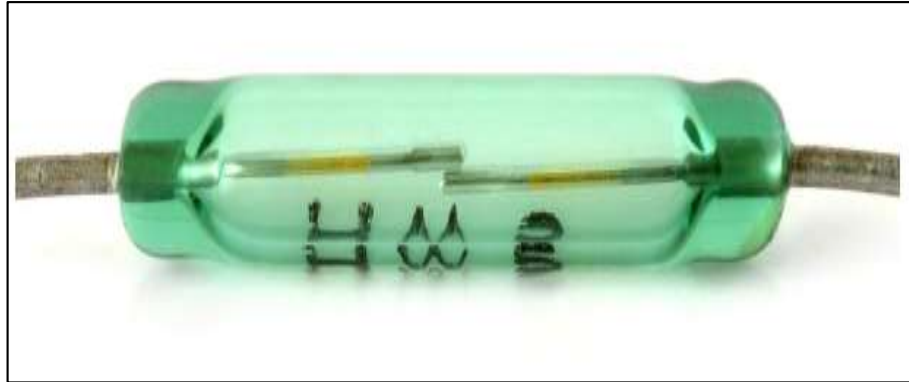


Fuente: (Wendling, 2010)

8.5.2 Sensores Magnéticos

Los sensores magnéticos tienen la forma de la figura 5, constan de un bulbo de vidrio con dos contactos separados a cierta distancia y una vez que se genera un campo magnético los contactos se cierran y permiten el flujo de corriente sobre ellos (Wendling, 2010).

Figura 5. Sensor Magnético



Fuente: (Wendling, 2010)

8.5.3 Sensores Fotoeléctricos

Los sensores fotoeléctricos trabajan con luz y son más rápidos que los sensores mecánicos. Los sensores fotoeléctricos pueden ser de diferentes tipos siendo utilizados en una infinidad de aplicaciones en la industria y otros campos (Wendling, 2010).

Existen algunos tipos de sensores fotoeléctricos como son:

- Fotodiodo
- Fototransistor

Figura 6. Sensor Fotoeléctrico LDR



Fuente: (Wendling, 2010)

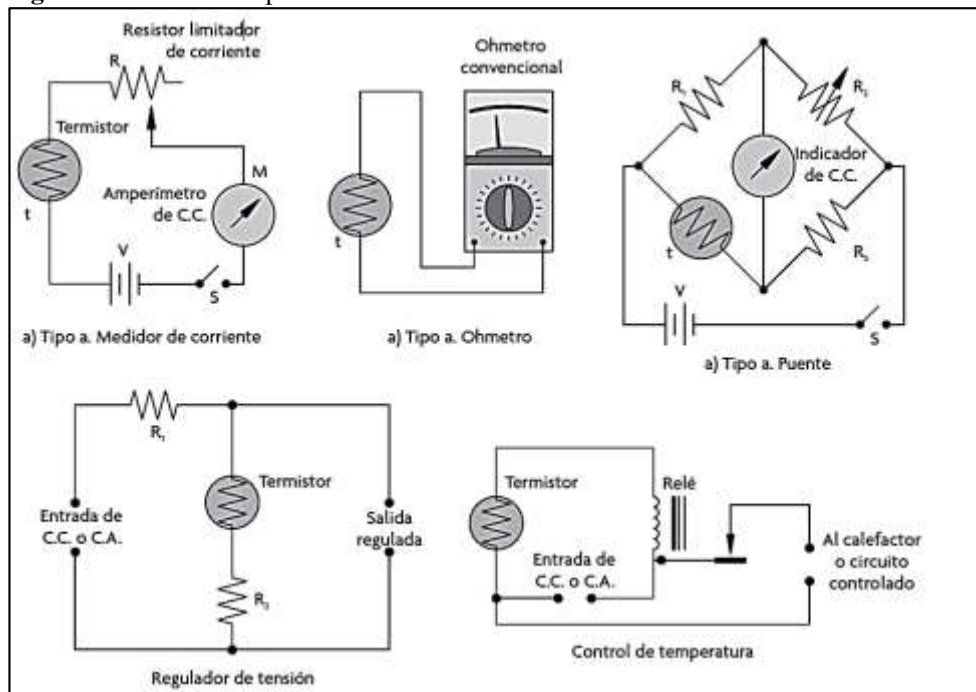
8.5.4 Sensores Térmicos

Según (Corona, Abarca, & Mares, 2014) indican que “la temperatura es la intensidad de calor de un objeto. Este tipo de energía calorífica es una medida promedio de la energía cinética de las partículas de la materia; es decir, es la energía asociada a los movimientos de las moléculas del sistema. Esto ocasiona que cuanto mayor sea esta energía, mayor es la temperatura. Existen varios procedimientos utilizados para determinar esta magnitud física, los cuales pueden variar de manera significativa de acuerdo con las condiciones de detección, tipo de elemento u objeto a medir y la precisión requerida”, una de sus tipos de sensor se indica en la figura 7.

Existen algunos tipos de sensores de temperatura como son:

- Termómetros
- Termistor
- Termopar
- Bulbo de resistencia eléctrica
- Pirómetro

Figura 7. Circuitos de aplicación de la RTD



Fuente: (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

8.5.5 Sensores de velocidad, aceleración y posición

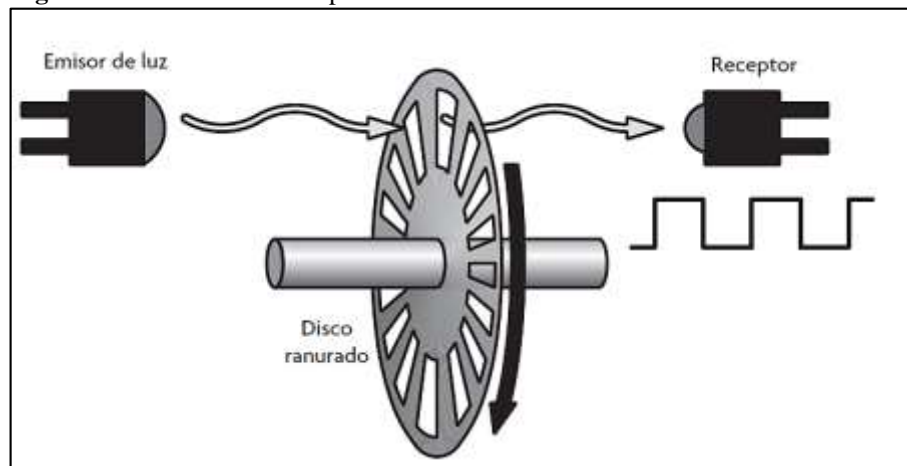
“Para la medición de variables físicas, como velocidad, posición o aceleración, siempre se debe tener en cuenta si el comportamiento de dicha variable es rotacional o traslacional. Se dice que

una variable física tiene un comportamiento rotacional cuando esta se puede describir en términos de un ángulo, mientras que una variable física traslacional se caracteriza por presentar solo movimiento rectilíneo” (Corona, Abarca, & Mares, 2014). Uno de sus tipos de sensor se indica en la figura 8.

Existen algunos tipos de sensores de velocidad, aceleración y posición como son:

- Potenciómetros de movimiento lineal
- Encoders óptico, magnéticos
- Tacogeneradores
- LVDT
- GPS
- Acelerómetros
- Giroscopios
- Magnetómetros

Figura 8. Señal de Encoder óptico



Fuente: (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

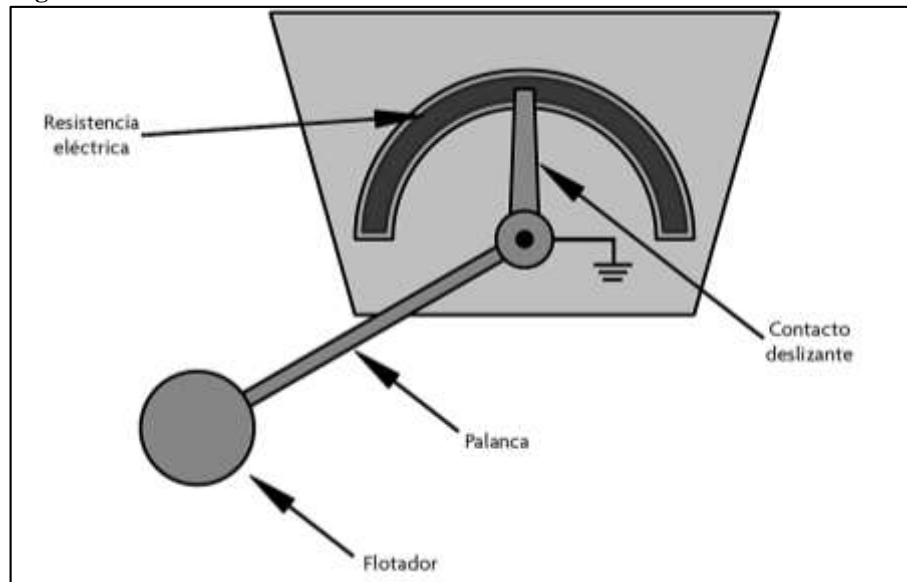
8.5.6 Sensores de nivel y proximidad

Los sensores de nivel y proximidad son empleados en aplicaciones como: sistemas de control para monitoreo de llenado, envasado, detección de obstáculos en sistemas inteligentes y en algunas configuraciones específicas en sistemas táctiles. No obstante, este tipo de sensores se limita a medir la proximidad de un objeto con respecto al sensor, sin importar su orientación o determinar si el objeto está cerca del sensor para ser detectado, además de determinar el nivel de un contenedor en determinado porcentaje (Corona, Abarca, & Mares, 2014). Uno de sus tipos de sensor se indica en la figura 9.

Existen algunos tipos de sensores de nivel y proximidad como son:

- Ultrasónico
- Resistivos
- Ópticos
- Capacitivo
- Reed switch (interruptor de lengüeta)
- Sensor de Efecto Hall

Figura 9. Potenciómetro rotacional como medidor de nivel



Fuente: (Corona, Abarca, & Mares, 2014)

8.5.7 Sensores de presión

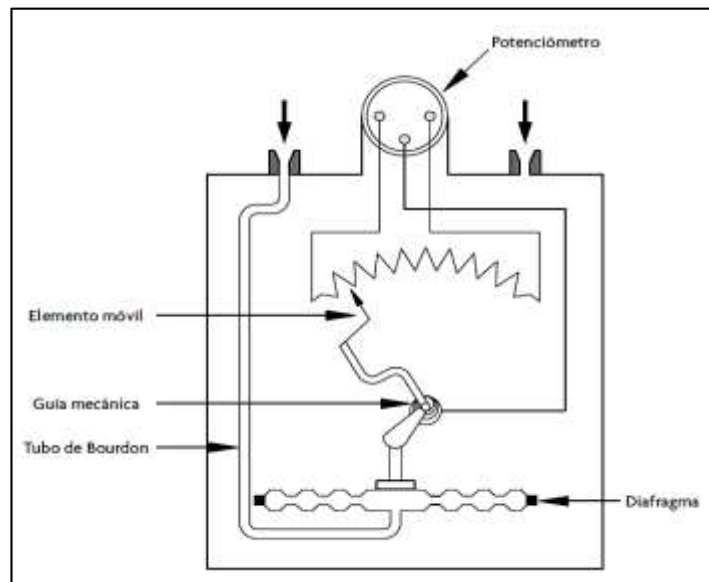
Según (Corona, Abarca, & Mares, 2014) un sensor de presión es un transductor, entre la fuerza aplicada en un área determinada y una señal eléctrica, es importante especificar que un sensor de presión es una aplicación específica de sensores de fuerza, los sensores de presión, en general, cuentan con diafragma, el cual es el área efectiva en la que se mide la fuerza ejercida y de esta forma determinan la fuerza por unidad de área.

La cantidad de presión en un fluido, ya sea un líquido o un gas, se define como la fuerza por unidad de área y en el sistema internacional de unidades, la unidad para la medición de la presión son los pascuales (Corona, Abarca, & Mares, 2014). Uno de sus tipos de sensor se indica en la figura 10.

Existen algunos tipos de sensores de presión como son:

- Manómetros
- Sensor de presión diferencial
- Sensor de presión absoluta
- Sensor de presión manométrica
- Sensor de Variación de resistencia

Figura 10. Sensor de presión basado en el principio de variación de resistencia



Fuente: (Corona, Abarca, & Mares, 2014)

8.5.8 Sensores de flujo

La medición del flujo de líquidos o gases tiene un amplio campo en diversos procesos industriales, donde además juega un papel en extremo relevante, ya que la medición de flujos sirve como base para controlar el desarrollo del proceso de manera adecuada.

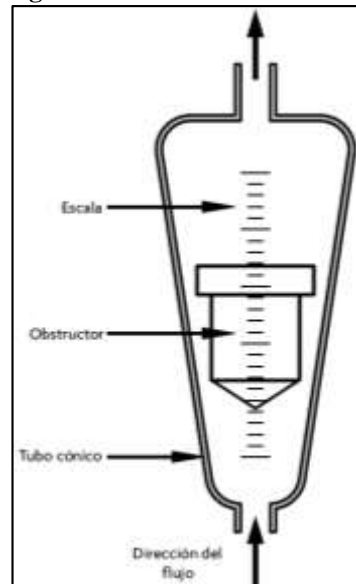
Un flujo se define como la cantidad de sustancia que pasa por una sección determinada durante un instante dado. Por su parte, la unidad de medida utilizada en el Sistema Internacional para cuantificar el flujo es m^3/s (Corona, Abarca, & Mares, 2014). Uno de sus tipos de sensor se indica en la figura 11.

Existen algunos tipos de sensores de flujo como son:

- Sensores de presión diferencial
- Placa Orificio

- Tubo Venturi, Tubo Dall, Tubo de Prabdtl
- Tobera
- Rotámetro

Figura 11. Rotámetro

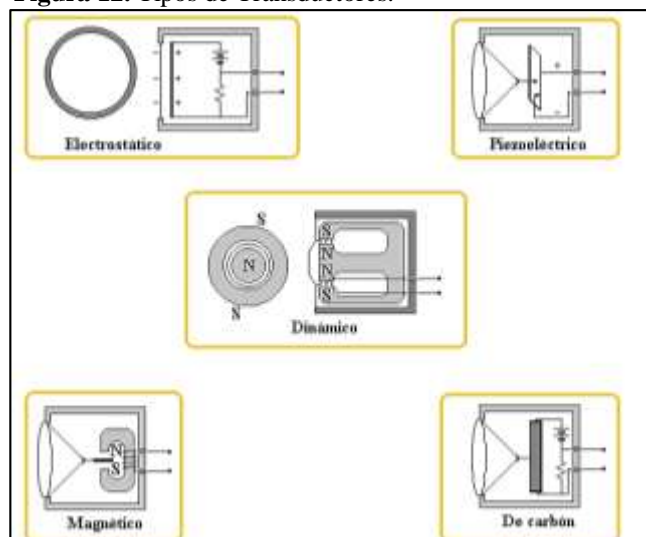


Fuente: (Corona, Abarca, & Mares, 2014)

8.6 Transductor

Un transductor se define como un dispositivo que puede recibir un tipo de energía y convertirlo a otro tipo de energía, por lo que un transductor también puede incluir un sensor para medir la magnitud física, un circuito que convierta esta señal a una señal eléctrica y transmitirla a un sistema, por lo que se dice que todos los sensores son transductores pero no todos los transductores son sensores (Enríquez, 2013).

Figura 12. Tipos de Transductores.



Fuente: (GA., 2003)

8.7 Transmisores Industriales

Un transmisor es un dispositivo robusto que puede convertir señales muy pequeñas a una señal estándar o usable como se lo puede observar en la Figura 13, los transmisores para los sensores usados en señales de retroalimentación industrial deben típicamente convertir las señales eléctricas pequeñas a señales estándar de voltaje 0-10 V o corriente 4 a 20 mA. El transmisor usa generalmente dispositivos como amplificadores operacionales para amplificar y linealizar la señal de salida (Enríquez, 2013).

Figura 13. Transmisor industrial Rosemount.



Fuente: (Emerson, 2022)

8.8 Elementos de control final

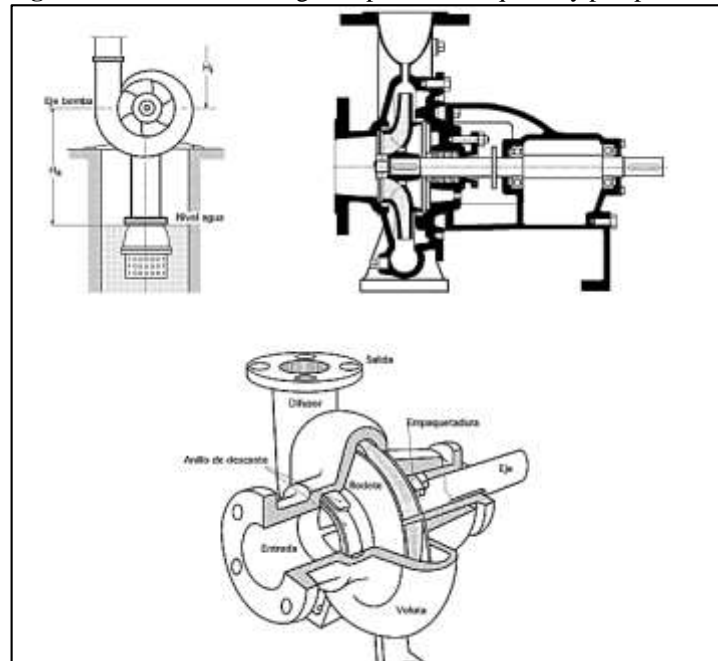
(Enríquez, 2013) menciona que el elemento final en la operación del control de proceso y el que experimenta la influencia directa sobre el proceso alterando a la variable manipulada, es la que proporciona los cambios requeridos. Existen varios elementos de control final como son: válvulas, bombas, motores, ventiladores, variadores de velocidad entre otros.

8.8.1 Bomba centrífuga

Según (Díez, 2007) indica que “las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles son pues, máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico”, como se indica en la Figura 14. Los elementos constructivos de que constan son:

- Una tubería de aspiración, que concluye prácticamente en la brida de aspiración.
- El impulsor o rodete, formado por una serie de flexiones de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular.
- Una tubería de impulsión, La finalidad de la espiral es la de recoger el líquido a gran velocidad, cambiar la dirección de su movimiento y encaminarle hacia la brida de impulsión de la bomba.

Figura 14. Bomba centrífuga, disposición, esquema y perspectiva

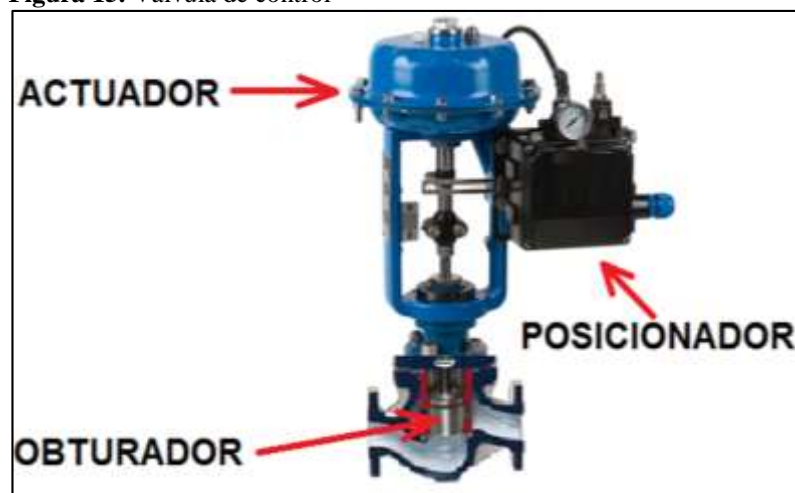


Fuente: (Díez, 2007)

8.8.2 Válvula de control

Según (PAControl, 2016), las válvulas de control son los elementos de control final más usados a nivel industrial son como la figura 15, donde se manejan flujos para mantener en los puntos de control las variables a controlar, haciendo una relación a una resistencia variable en la línea de proceso y mediante el cambio de apertura de la misma se modifica la resistencia al flujo.

Figura 15. Válvula de control



Fuente: (Fernández, 2016)

8.8.3 Variador de frecuencia

“El variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%, un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor” (ABB, 2022). La energía de la red llega al variador de frecuencia y este regula la energía antes de que ésta llegue al motor, su forma varía por marcas pero se lo puede observar en la figura 16.

Los variadores tienen como finalidad reducir la potencia de salida de una aplicación, como un motor o una bomba, mediante el control de la velocidad del motor, evitando que no funcione a una velocidad superior a la requerida.

Figura 16. Variador de Frecuencia Sinamics G110



Fuente: (Watford, 2022)

8.9 Controlador

Según (Enríquez, 2013) el controlador en un proceso es el que usará una ganancia, ajuste o capacidad para ajustar una salida en respuesta a cierta cantidad de error. La ganancia viene dada muchas veces de las constantes PID, una representación se muestra en la figura 17.

“Este dispositivo tiene una salida que varía para regular una variable que se desea controlar de una manera específica. Puede tener instrumentos análogos o digitales o puede ser equivalente

a un instrumento en un DSC (Sistema de Control Distribuido). Un controlador puede estar integrado con otros instrumentos en un lazo de control” (Carballo Sierra & Romero Lara, 2011).

8.9.1 Controlador lógico programable

Conocido como PLC, son autómatas adaptados para operar como sistemas de control en ambientes de producción industrial. Se encuentran constituidos por varios periféricos de entradas-salidas de tipo analógico y digital que contiene un programa modificable programado para ejecutar una o varias acciones en un proceso (Carballo Sierra & Romero Lara, 2011).

Figura 17. Controlador Lógico Programable S7-1200



Fuente: (SIEMENS, 2022)

8.10 Pérdidas en accesorios de tubería

“En el análisis y diseño de redes a presión el método para transportar los fluidos de un punto a otro es a través de la unión de un sistema de tuberías, es importante conocer todos los elementos que producen disminución de la energía hidráulica o la disipación de la energía generada en los elementos instalados” (Benavidez & Silveiro, 2020).

Según (CONAGUA, 2002) la magnitud de la pérdida de carga local se expresa como una fracción de la carga de velocidad, inmediatamente aguas abajo del sitio donde se produjo la pérdida. La velocidad del flujo dentro del accesorio se estima en base al caudal y diámetro interno del accesorio.

$$h_i = K_i \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

h_i = es la pérdida local de carga hidráulica por accesorio (m)

K_i = es un factor que depende del accidente u obstrucción en el flujo (adimensional)

v : es la velocidad media en el tramo de tubería aguas abajo de la obstrucción (m/s)

g : es la aceleración de la gravedad (m/s^2).

“El coeficiente K_i es adimensional y depende de parámetros adicionales, tales como el número de Reynolds, rugosidad relativa, relaciones geométricas y del tipo de singularidad o accesorio hidráulico que se esté analizando. Mucho de los valores de coeficiente de accesorios K_i se pueden obtener de la tabla 3” (CONAGUA, 2002).

Tabla 3: Coeficientes de accesorios

Pieza de conexión o dispositivo	K_i
Rejilla de entrada	0,8
Válvula de pie	3
Entrada cuadrada	0,5
Entrada abocinada	0,1
Entrada de borda o reentrada	1
Ampliación gradual	0,3
Ampliación brusca	0,2
Reducción gradual	0,25
Reducción Brusca	0,35
Codo corto 90°	0,9
Codo corto 45°	0,4
Codo largo 90°	0,4
Codo largo 45°	0,2
Codo largo 22° 30'	0,1
Tee con flujo en línea recta	0,1
Tee con flujo en ángulo	1,5
Tee con salida bilateral	1,8
Válvula de compuerta abierta	5
Válvula de ángulo abierta	5
Válvula de globo abierta	10
Válvula alfallera	2
Válvula de retención	2,5
Boquillas	2,75
Control de gasto	2,5
Medidor Venturí	2,5
Confluencia	0,4
Bifurcación	0,1
Pequeña derivación	0,03
Válvula Mariposa	0,24

Fuente: (CONAGUA, 2002)

8.11 Estrategias de control de procesos

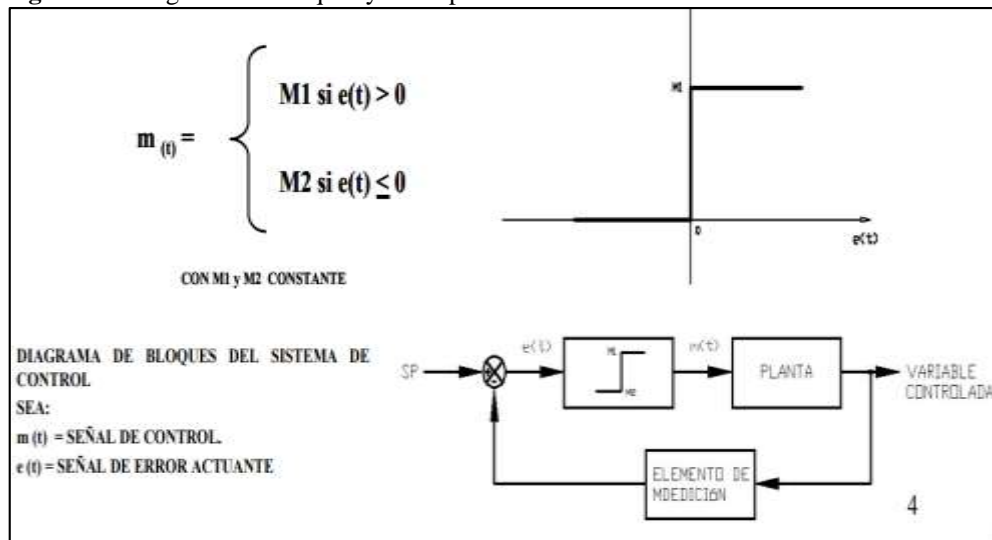
Las estrategias de control y los algoritmos son aquellos que tienen como función conservar una variable controlada dentro de unos rangos aceptables, además de cumplir con las funciones deseadas. La operación automática de un sistema de control permite el encendido, apagado, modulación, arranque secuencial de equipos mecánicos y eléctricos para cumplir con el enfriamiento, calefacción, ventilación del espacio, flujo de líquidos, niveles de tanques entre otros, que a través de los controladores cumplen con los requerimientos del usuario final en los procesos industriales. (Reza, 2014).

8.11.1 Control On-Off

Los controladores On-Off conocidos como no progresivos, son los controles que sólo puede tomar dos posiciones: un encendido o un apagado por ellos también se los denomina controladores de todo o nada. Una desventaja del modo de encendido-apagado es el Start y Stop habituales o repetitivas alrededor del valor del punto de Setpoint (Peralta & Vargas, 2020). Como se indica en la figura 18.

Este controlador es de los más elementales y su principio de funcionamiento consiste en activar la señal de mando cuando la variable controlada está por debajo del set point deseado y luego que pase este valor desactiva la señal de mando.

Figura 18. Diagrama de Bloques y descripción matemática del controlador



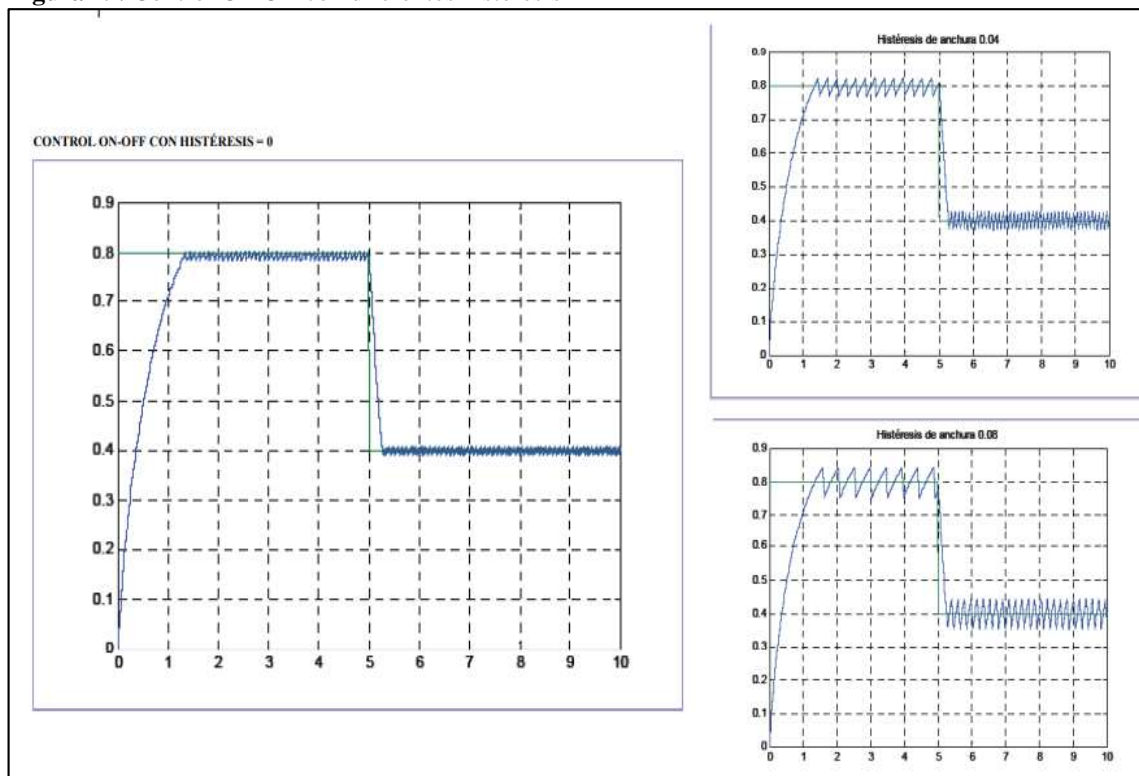
Fuente: (Golato, 2016)

El uso de la zona muerta es un rango que se crea alrededor del valor de ajuste también se lo conoce como control On-Off con histéresis. Teniendo en cuenta que el equipo está diseñado

para un valor constante, esta zona inicia cuando se llega a un valor detrás del punto de referencia y se contiene cuando lo supera acorde a lo diseñado. Con este método se impiden los arranques y los paros sean repetitivos. (Peralta & Vargas, 2020).

El control On-Off con histéresis, incorpora un retardo en el cambio de la señal para disminuir la cantidad de conmutaciones, prolongando la vida útil de los componentes, pero se tendrá una menor precisión en torno a la referencia, como se indica en la figura 19.

Figura 19. Control On-Off con diferentes histéresis



Fuente: (Golato, 2016)

Ventajas: Tipo de control sencillo, económico con fácil instalación y poco mantenimiento.

Desventajas: Actuadores con mucho deterioro y no tienen mucha fidelidad.

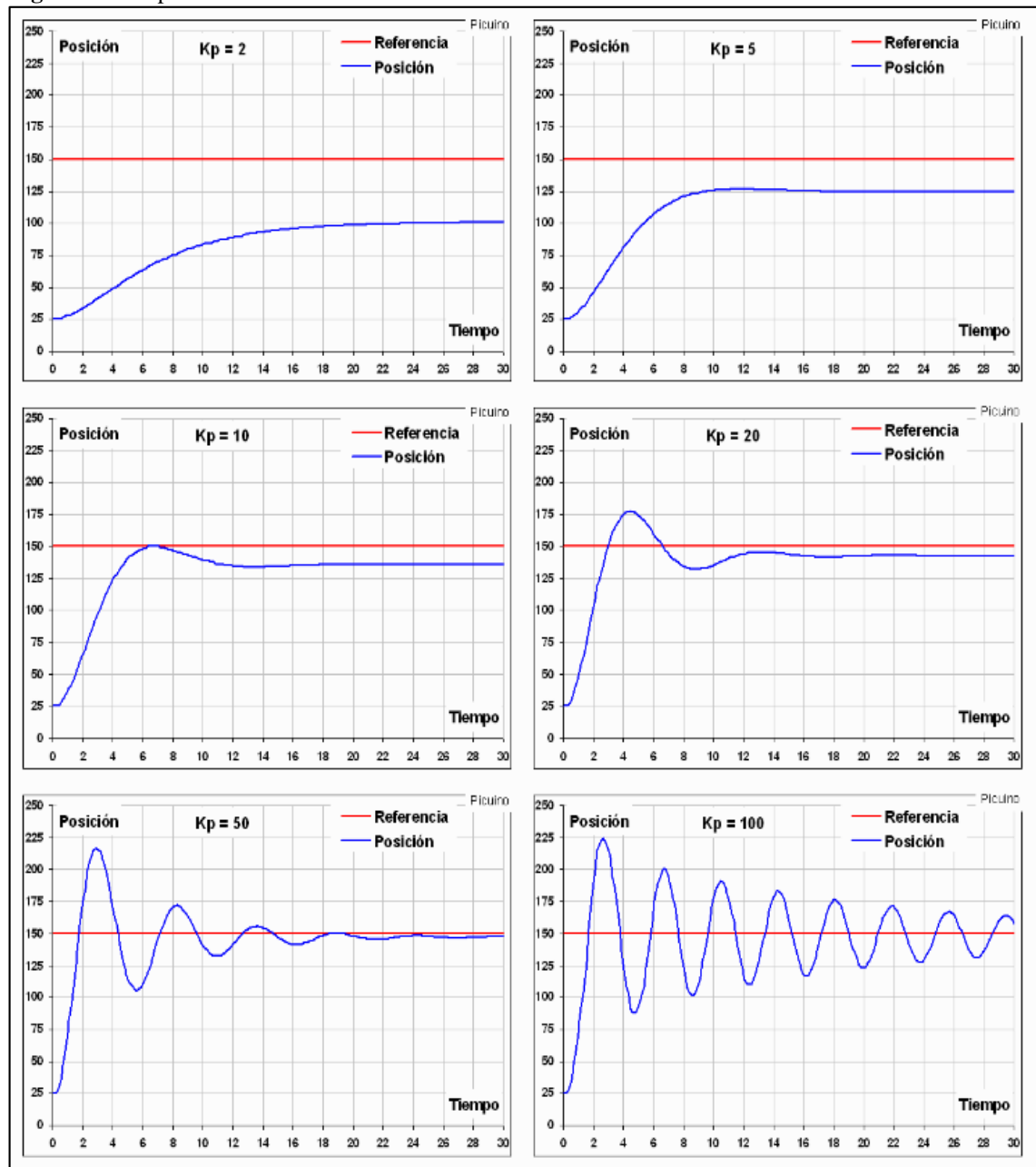
8.11.2 Control proporcional

El control proporcional tiene como finalidad amplificar la señal del error antes de ejecutarla al proceso. El aumento de la ganancia proporcional aumenta su velocidad y hace que disminuya el error (Peralta & Vargas, 2020). Como se indica en la figura 20.

Efectos que causa aumentar la ganancia proporcional K_p :

- Aumentar la velocidad de respuesta del sistema.
- Disminuir el error del sistema en régimen permanente.
- Aumentar la inestabilidad del sistema.

Figura 20. Respuesta de control P



Fuente: (Pardo, 2022)

Ventajas: Responde rápido y proporciona una buena estabilidad.

Desventajas: Controlador sensible al ruido y puede generar oscilaciones en la salida.

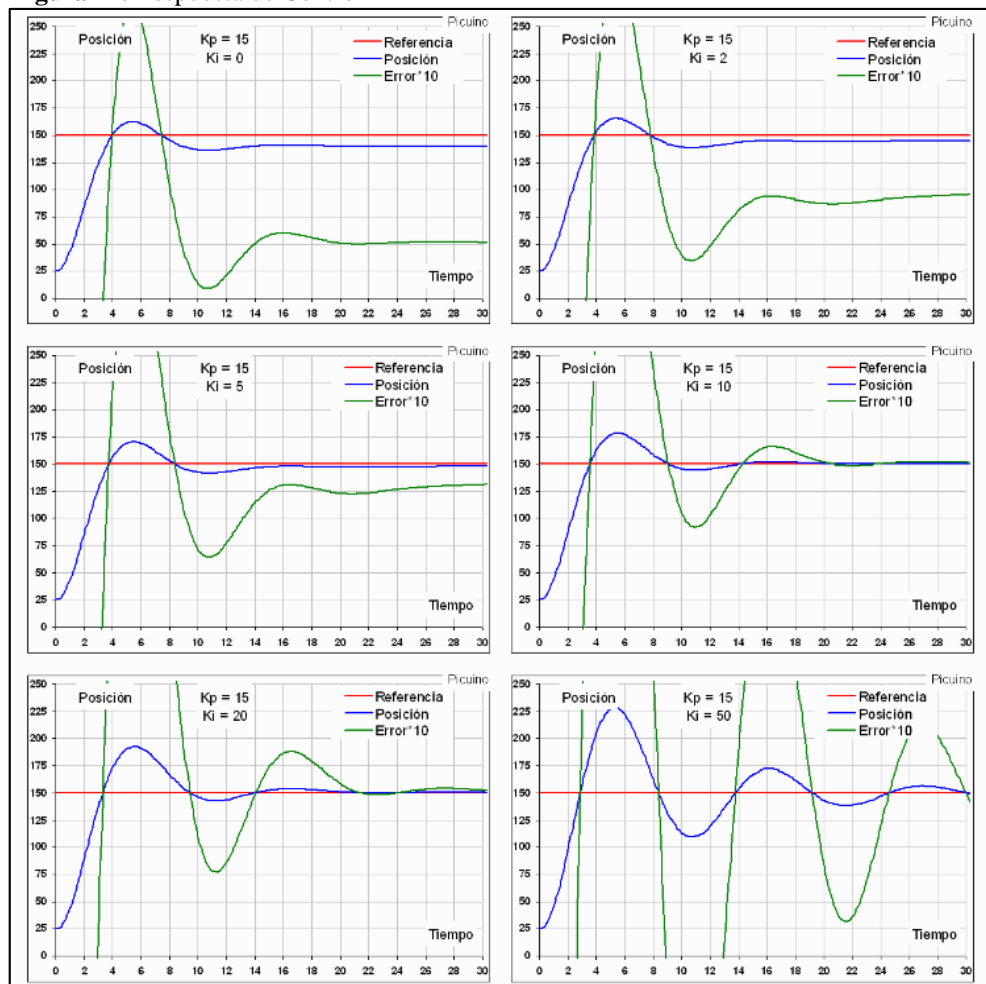
8.11.3 Control integral

El control integral tiene como función principal disminuir y tender a eliminar el error en estado estable generado debido al modo proporcional, pero se generan oscilaciones en el sistema que provocan que el sistema se ralentice (Peralta & Vargas, 2020). Como se indica en la figura 21.

Efectos que causa aumentar la acción integral K_i :

- Disminuir el error del sistema en régimen permanente.
- Aumentar la inestabilidad del sistema.
- Aumentar un poco la velocidad del sistema.

Figura 21. Respuesta de Control PI



Fuente: (Pardo, 2022)

Ventaja: Eliminar el error en estado estable.

Desventaja: Muestra una respuesta en ocasiones lenta y oscilatoria

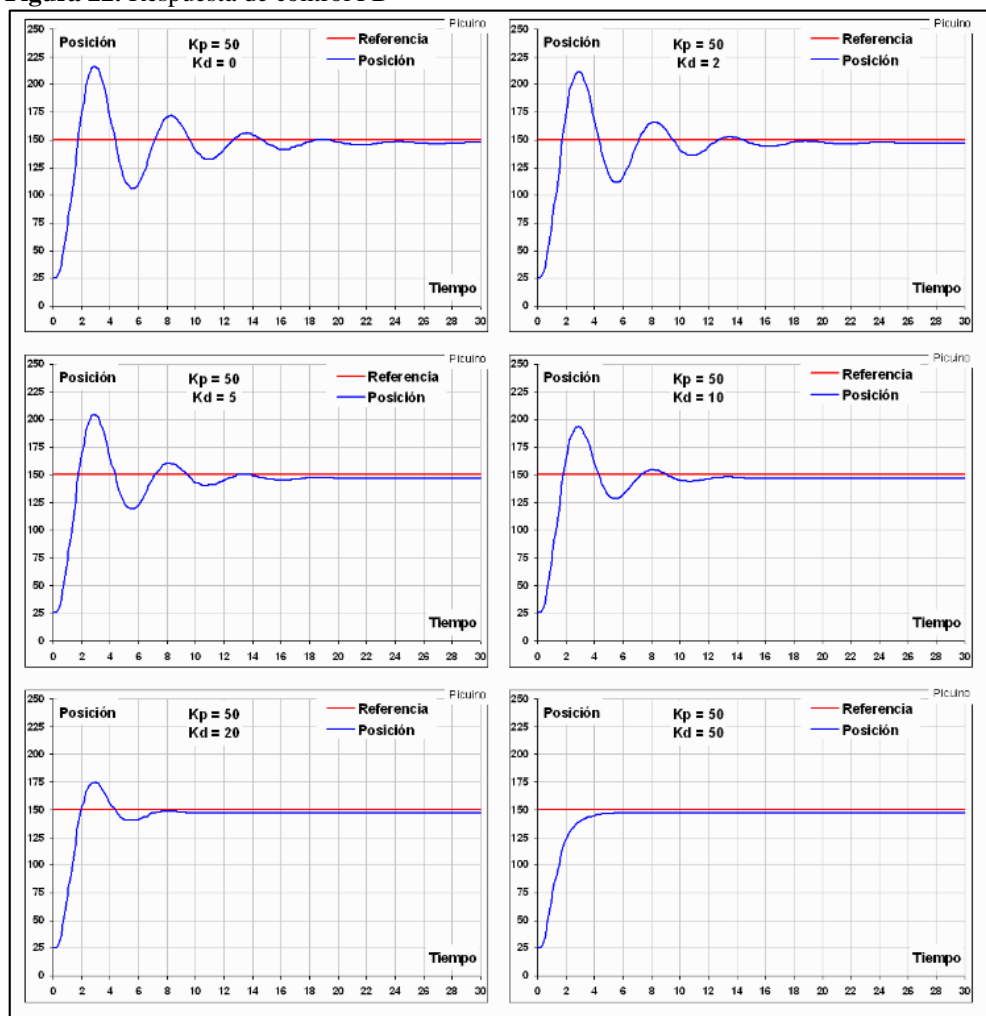
8.11.4 Control derivativo

“El control derivativo lleva al error lo más cercano a cero, corrigiéndolo a la velocidad semejante con la que se produce este error agregándole un amortiguamiento al sistema” (Peralta & Vargas, 2020). Como se indica en la figura 22.

Efectos que causa aumentar la constante K_d :

- Aumenta la estabilidad del sistema controlado.
- Disminuye un poco la velocidad del sistema.
- El error en régimen permanente permanecerá igual.

Figura 22. Respuesta de control PD



Fuente: (Pardo, 2022)

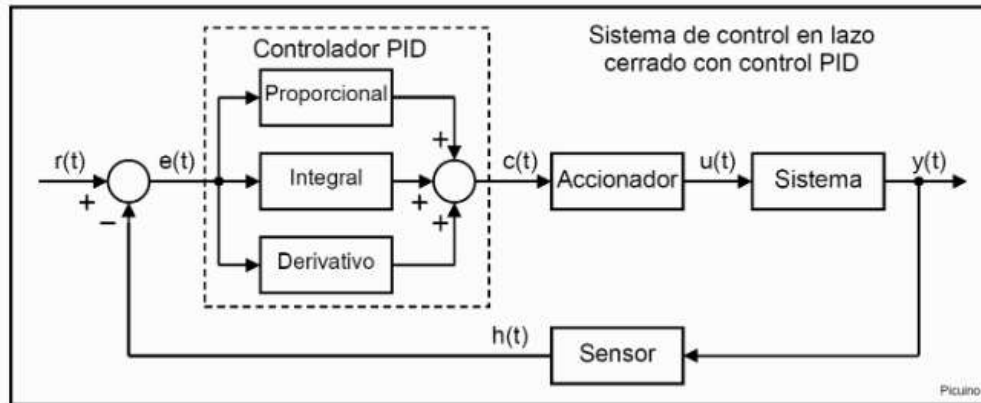
Ventaja: Pronostica el valor del error del estado.

Desventaja: En presencia del ruido es poco útil implementarlo.

8.11.5 Control PID

El control combina las ventajas de los controles P, I y D como se indica en la figura 23; “aumentando la velocidad de respuesta, su precisión y la estabilidad y de esta forma llegando a ser un sistema de control de ajuste y predicción automático” (Peralta & Vargas, 2020). Como se indica en la figura 24 y se compara con un control PI.

Figura 23. Control PID

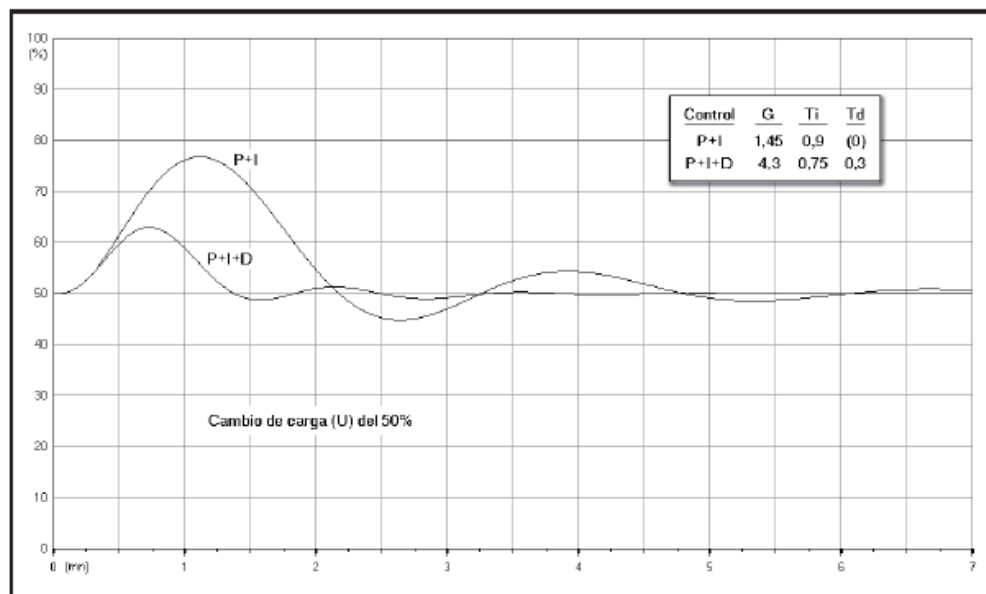


Fuente: (Pardo, 2022)

Ventaja: Los controles PID tienen incorporadas todas las ventajas de cada una de las tres acciones de control que la conforman.

Desventaja: En algunos casos pueden llevar al sistema a oscilar.

Figura 24. Respuesta de control PID vs PI



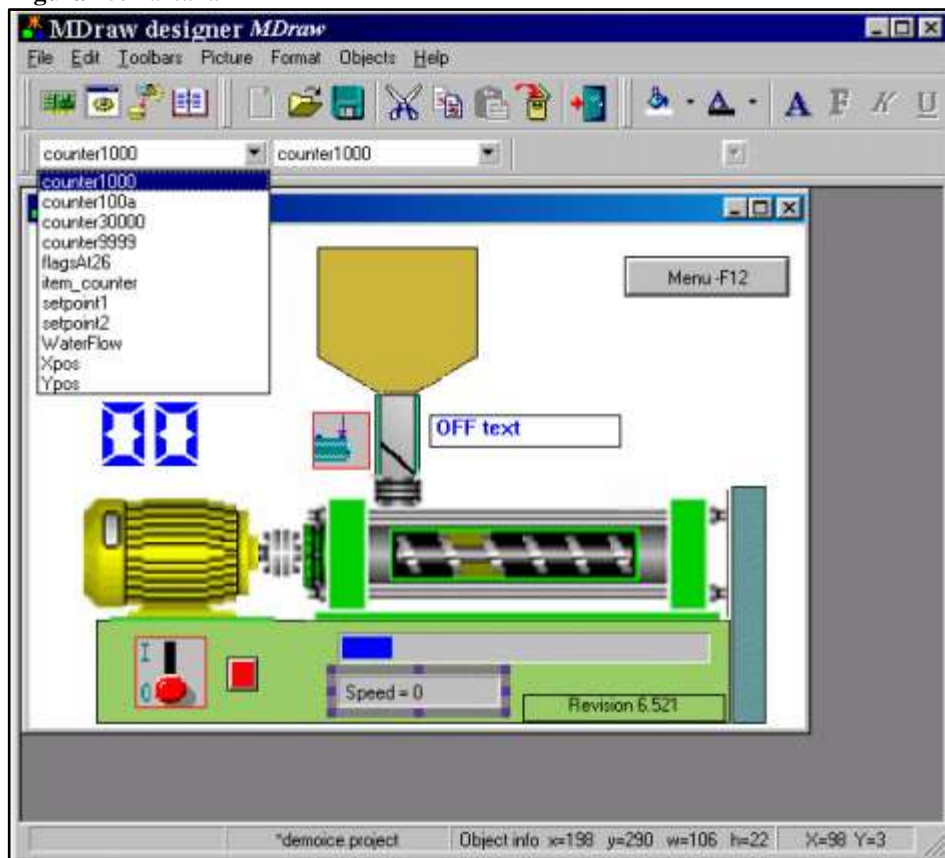
Fuente: (Roca, 2014)

8.12 Interface Humano Maquina HMI

El ser humano interactúa con los objetos que le rodean, y crea expectativas sobre cómo éstos deben comportarse, basadas en pasadas experiencias con estos objetos u otros similares, cuando los seres humanos y los computadores interactúan lo pueden realizar a través de un medio o interfaz hombre – máquina, que se la define como HMI y un diseño del mismo se lo puede observar en la figura 25.

Por ello es que la HMI es donde las personas y computadores se ponen en contacto, compartiendo mutuamente información, órdenes y datos como sensaciones, intuiciones y nuevas formas de ver las cosas, la interfaz es también un límite a la comunicación en muchos casos, ya que aquello que no sea posible expresar a través de ella permanecerá fuera de la relación mutua (Rodríguez, 2006).

Figura 25. Pantalla HMI



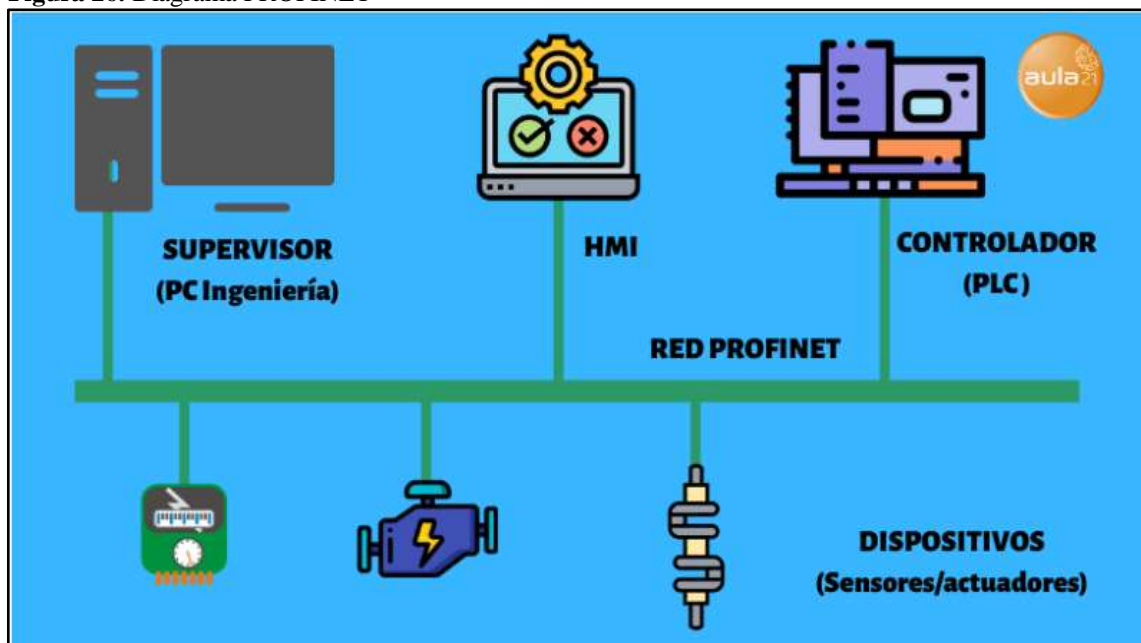
Fuente: (Rodríguez, 2006)

8.13 PROFINET

PROFINET (Process Field Network) “es un protocolo de comunicación Ethernet industrial basado en estándares abiertos TCP/IP e IT y desarrollado con un enfoque en la semejanza a PROFIBUS DP. Así mismo, es un mecanismo para intercambiar datos entre controladores y dispositivos” (Aula21, 2020). Como se indica en la figura 26.

“PROFINET, el estándar líder de Industrial Ethernet para automatización, lo ayuda a crear procesos integrados de extremo a extremo y a configurar interfaces en red. El objetivo es automatizar aún más la producción en todos los niveles y hacer el mejor uso posible de los recursos. Gracias a la apertura del estándar, se beneficiará de todas las innovaciones futuras. La máxima flexibilidad le brinda mayor libertad para conceptos personalizados de máquinas y plantas. Su eficiencia sin igual le permite utilizar los recursos de manera óptima Y su rendimiento único garantiza una alta precisión y calidad del producto” (SIEMENS1, 2022).

Figura 26. Diagrama PROFINET



Fuente: (Aula21, 2020)

“Con su comunicación integrada basada en Ethernet (todo en un solo cable), satisface una amplia gama de requisitos, desde la asignación de parámetros de datos intensivos hasta la transmisión extremadamente rápida de datos de E/S. De este modo, PROFINET permite la automatización en tiempo real. Además, proporciona una interfaz directa con el nivel de TI” (Aula21, 2020).

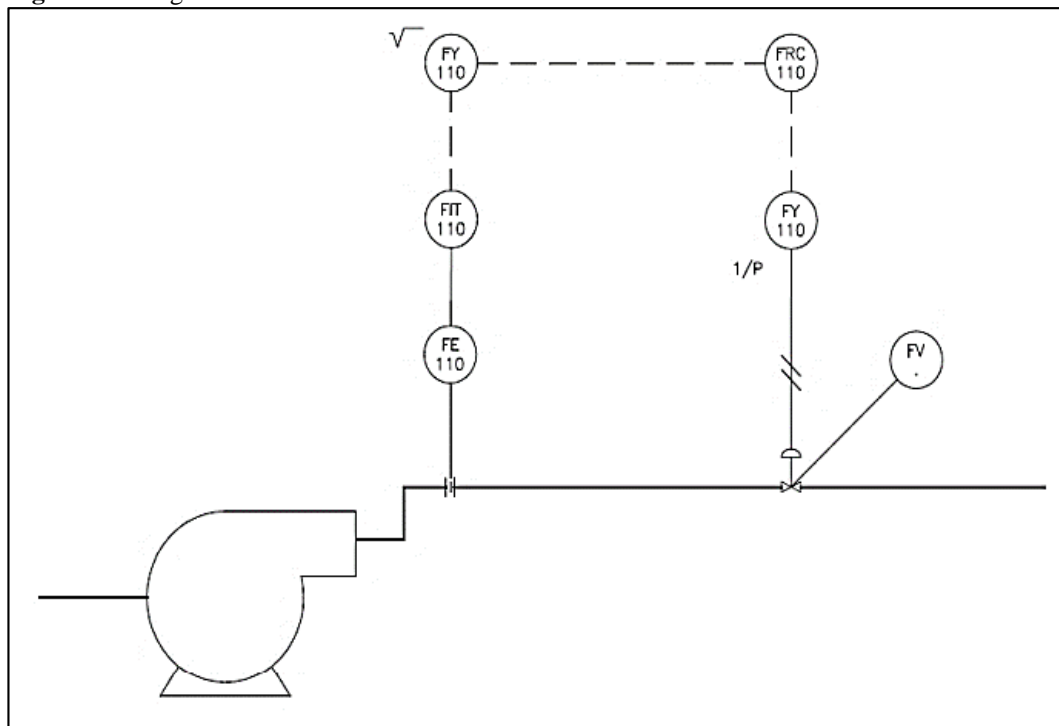
8.14 Diagramas P&ID

Según (Carballo Sierra & Romero Lara, 2011) denomina al diagrama P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) o Diagrama de instrumentación y canalizaciones de la planta, a los esquemas donde se encuentra la instrumentación sobre un diagrama de flujo de proceso además asocia cada elemento de medición y/o control con un código al que se lo denomina como “tag” del instrumento.

La nomenclatura y símbolos que se usan en los diagramas de instrumentación son desarrollados en diversos estándares. Una norma muy utilizada son las publicadas por ISA (Instrument Society of América), en particular la S5.1, un ejemplo de diagrama se muestra en la figura 27.

“Los sistemas de control de procesos se representan en diagramas de tuberías e instrumentos (P&ID) utilizando símbolos normalizados. Se representan: instrumentación, tuberías, bombas, motores y otros elementos auxiliares. Los instrumentos del lazo de control se representan por un círculo con las letras de designación del instrumento, así como el numero identificativo del lazo de control al que pertenecen (Norma ISA-S5.1)” (Carballo Sierra & Romero Lara, 2011).

Figura 27. Diagrama P&ID



Fuente: (Carballo Sierra & Romero Lara, 2011)

9 HIPÓTESIS

Es posible controlar variables como caudal y presión en un módulo didáctico mediante diferentes estrategias de control, que será llevado a la práctica mediante la integración de equipos industriales.

10 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un tipo de investigación experimental, se inicia con la investigación de información sobre todos los puntos que intervienen para el desarrollo del módulo didáctico previo a su implementación, se parte del método deductivo con el cual se analiza la información obtenida.

En cuanto a las técnicas fueron necesarias la observación, el análisis documental y la experimentación, para poder implementar el proyecto, consecutivamente efectuar pruebas y verificar el funcionamiento.

Se emplea la metodología cuantitativa ya que se aplica investigación todo sobre los equipos se pueden utilizar en el diseño del módulo llegando a tener una máxima objetividad en ello y también se obtuvo una metodología cualitativa ya que se requirió ver cuál fue la problemática entorno al laboratorio de electromecánica, observando sus necesidades e identificando que el módulo a implementarse ayudará a mejorar los conocimientos teórico-prácticos.

10.1 Descripción general del sistema

El módulo didáctico de control de procesos de las dos variables manual y automático todo controlado desde un HMI programado en la Touch Panel y vinculado por Ethernet al PLC, el módulo controla la variable presión mediante un control PID y un control On/Off y el actuador que entra a funcionamiento es la válvula de control con un flujo de caudal constante al máximo de la bomba, para el control de la variable caudal se lo realiza mediante un control PID sintonizado y el actuador que entra a funcionamiento es el variador de frecuencia y la válvula de control debe estar abierta al máximo, todo esto es controlado desde la pantalla Touch Panel.

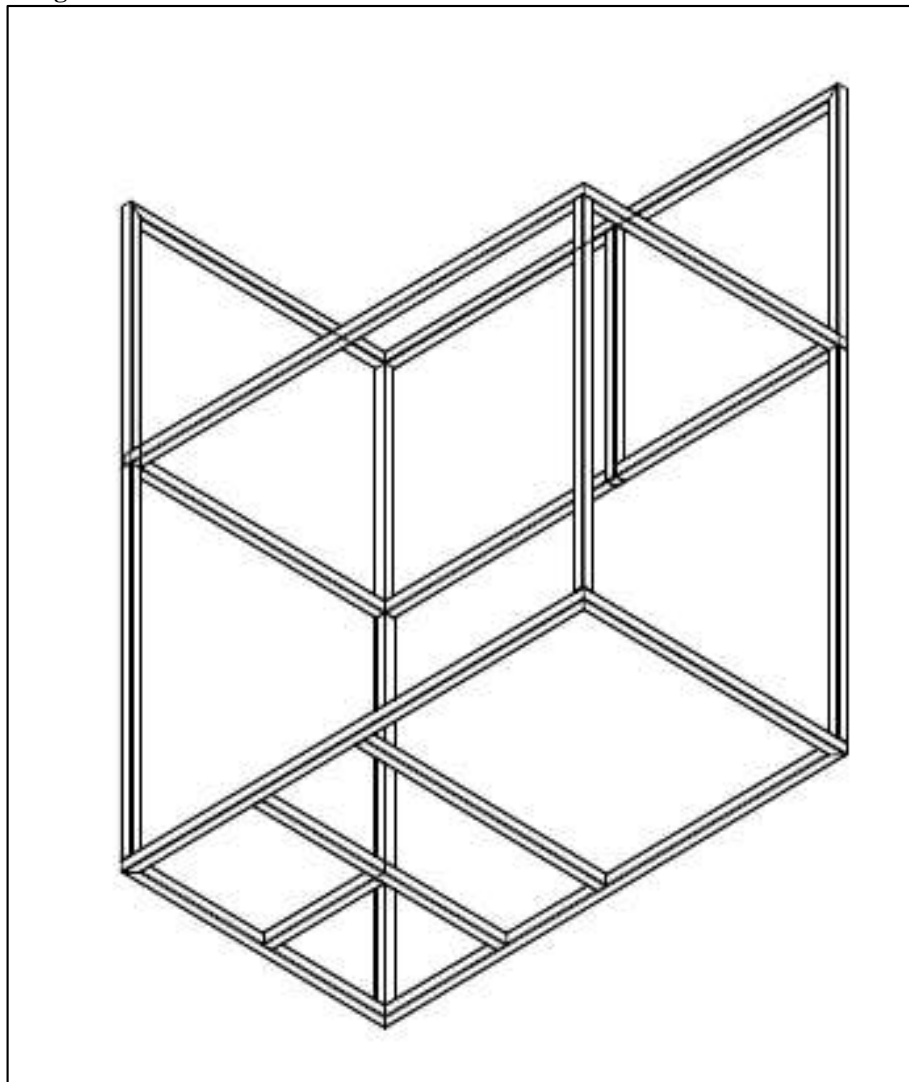
Mecánicamente fue diseñado sobre una estructura metálica para sujeción del tanque, bomba y demás elementos de la tubería, consta con la instrumentación adecuada para las variables de proceso de presión y caudal como es un transmisor de Presión de 4 a 20mA y un sensor de pulsos para el paso del caudal. Los actuadores son una bomba centrífuga controlada por un

variador de frecuencia y una válvula proporcional para dejar o no pasar el flujo de agua por la tubería.

Diseño de la estructura

La estructura fue diseñada en un software CAP/CAM con las dimensiones y espesores acordes a todos los elementos que va a soportar, teniendo como dimensiones las que se indican en la Imagen 1. El diseño ayuda a una buena presentación del módulo y una ubicación visible para los equipos que intervienen en las dos variables de proceso.

Imagen 1. Diseño de la Estructura



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

En la Imagen 2 se observa a la estructura en 3D y con algunos de los equipos que se montan en el módulo didáctico.

Imagen 2. Diseño de la Estructura 3D



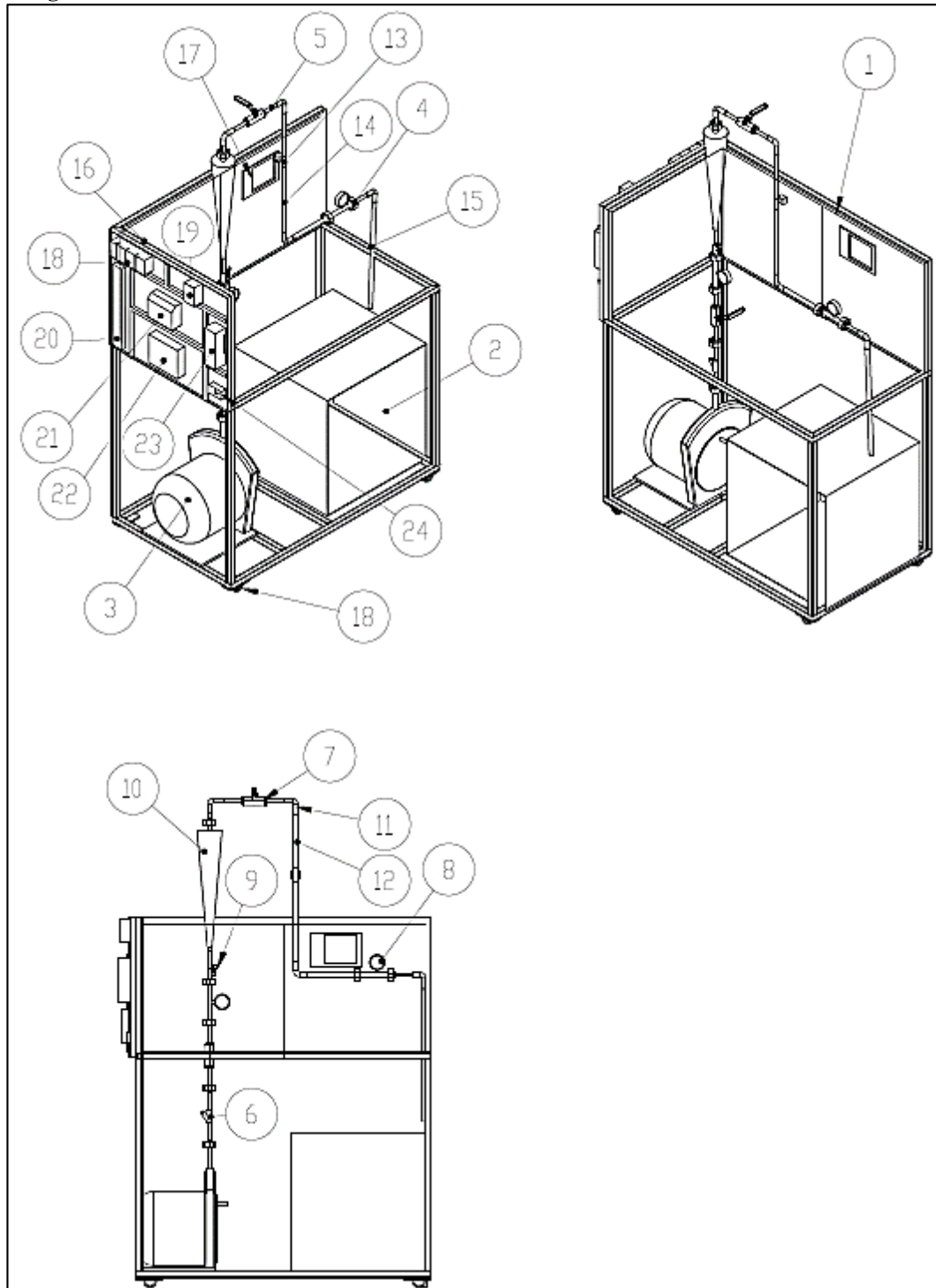
Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

10.2 Planos de ensamblaje del módulo

Para el diseño y ubicación de accesorios en las tuberías se utilizó un Software CAP/CAM, con ayuda de estos planos se procede al ensamblaje de todos los equipos que intervienen en el módulo didáctico.

En la Imagen 3 se pueden ver todos los equipos y partes con la que consta el módulo, cada parte consta de una numeración la cual indica que parte del módulo corresponde y se lo detalla en la Tabla 4.

Imagen 3. Diseño de Tuberías



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Tabla 4: Equipos a ensamblar en el módulo

N° de elementos	Nombres	Descripción	Cantidad
1	Botoneras	Encendido/Apagado/Luz piloto	1
2	Tanque	Almacenamiento de 0,125m ³	1
3	Bomba	Bomba trifásica de 1 hp	1
4	Acople universal	Espiga/campana de 1/2	7
5	Neplo 70 mm	Neplo de PVC de 1/2	10
6	Válvula check	Una vía de 1/2	1
7	Llave de paso	Llave de 1/2	2
8	Manómetro	Manómetro diferencial de 10 bar	2
9	Sensor de presión	Digital de 15 Bar	1
10	Flujómetro	Flujómetro de acrílico	1
11	Codo 90°	Codo de PVC	4
12	Neplo 200mmx0,5in	PVC roscado	2
13	Electroválvula	24 V proporcional	1
14	Neplo 500mmx0,5in	PVC roscado	1
15	Neplo 500mmx0,5in	PVC roscado	1
16	Tablero de control	MDF madera	1
17	Panel Touch Panel	Siemens KTP 600	1
18	Breakers	220 V/10A/6 A	4
19	Switch Siemens	Csm 1277 /simatic NET	1
20	Borneras	220V/24V	5
21	PLC+Módulo	Siemens S7-1200	1
22	fuentes Ac/Dc	110V/220V-24V	1
23	Variador de frecuencia	Simatic G110 CPM110 AZN	1
24	Toma corriente	220V	1

Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

10.3 Cálculo del módulo

En el módulo didáctico intervienen algunos cálculos para la obtención del caudal.

Área del tanque

(Ecuación 4)

$$A = b * h$$

$$A = 0.5m * 0.5m$$

$$A = 0.25m^2$$

Volumen del tanque

$$V = A * L$$

(Ecuación 5)

$$V = 0.25m^2 * 0.5m$$

$$V = 0.125m^3$$

Calculo del caudal

Datos:

Área del recipiente = 0.25 m²

Velocidad del Fluido= 0.5 m/s

$$Q = A * v$$

(Ecuación 6)

$$Q = 0.25m^2 * 0.5 m/s$$

$$Q = 0.125m^3/s$$

Altura dinámica total de la bomba

Datos:

Altura estática $H_{st} = 0.20 m$

Perdidas = 3.50 m

$$Altura Dinámica Total = H_{st} + Pérdidas$$

(Ecuación 7)

$$Altura Dinámica Total = 0.20m + 3.50m$$

$$Altura Dinámica Total = 3.70 m$$

Presión de la bomba

Datos:

Altura Dinámica = 3.70 m

Peso específico del agua = 9800 N/m³

(Ecuación 8)

$$Presión = \text{Altura dinámica} \times \text{Peso específico del agua}$$

$$Presión = 3.70 \times 9800$$

$$Presión = 462600 \text{ Pa} \approx 4.6 \text{ bar}$$

Para la selección se toma en cuenta el cauda, para obtener la potencia de la bomba según la curva de la bomba es $P=0.50 \text{ kW}$, por la cual se opta por una bomba trifásica de un 1hp ya que la presión que se va a controlar la presión manométrica inicial es de 4 bar.

10.4 Diseño del Tablero Eléctrico del módulo

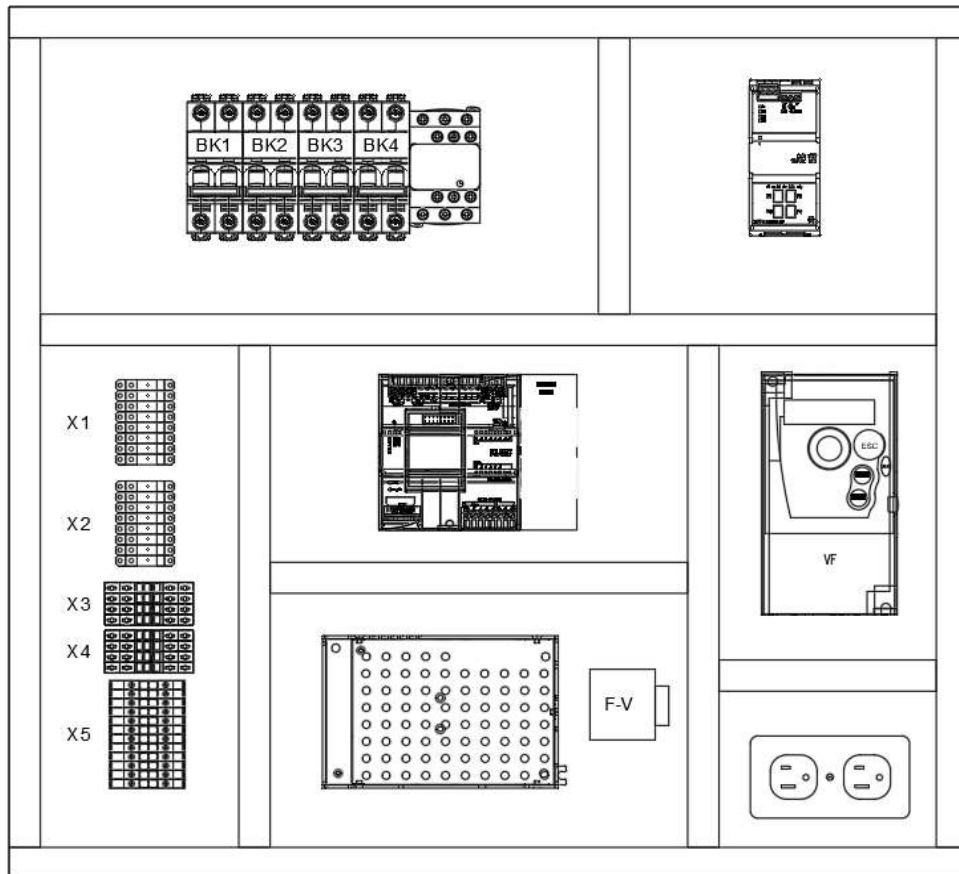
El módulo didáctico consta de un tablero eléctrico como se indica en la figura 4 en donde se realizaron todas las conexiones eléctricas y de instrumentación para que le módulo funcione.

El tablero eléctrico consta de algunos equipos como se muestra en la tabla 5:

Tabla 5: Equipos a ensamblar en el tablero

4	Breakers de protección
1	Contactora
1	PLC Siemens S7 1200 CPU 1214C
1	Módulo de señales analógicas SM 1231
1	Módulo Ethernet Siemens
1	Variador de Frecuencia Siemens Sinamics G110
1	Panel BOP
1	Fuente de Alimentación 24 VDC
1	PLC Siemens S7 1200 CPU 1214C
1	Tomacorrientes 220 VAC
5	Borneras (Alimentación 220VAC, 24 VDC, Instrumentación, botoneras)
1	Panel de Madera
2	Canaletas con tapas
4	Cables de conexión (12 AWG, 16 AWG, UTP, concéntrico control)
2	Cables Ethernet

Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Imagen 4. Tablero Eléctrico

Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

El plano Eléctrico del sistema se lo muestra en la Imagen 5 e Imagen 6, y se describe a continuación la función de cada parte que tiene el tablero:

- Breaker BK1: recibe la alimentación bifásica 220V de las tomas del laboratorio y permite energizar todo el tablero.
- Breaker BK2: recibe alimentación 220V bifásica del tablero y a su salida alimenta a las líneas de fuerza del contactor.
- Breaker BK3: recibe alimentación 220V bifásica de las borneras tablero y a su salida alimenta a la fuente de alimentación de 24VDC.
- Breaker BK4: recibe alimentación de 24 VDC de la Fuente de Alimentación y su salida va a las borneras de 24 VDC del tablero.
- Fuente 24V: Suministra alimentación de voltaje continuo al PLC, sensores, electroválvula, Touch Panel, Conversor de frecuencia a Voltaje.

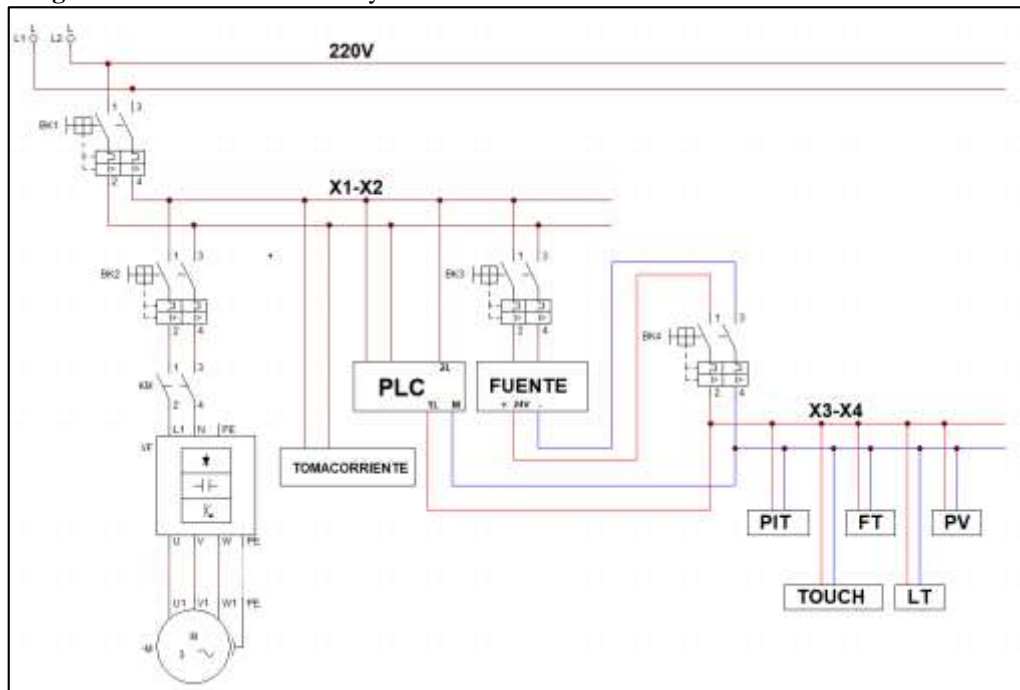
- Contactor KM: una vez que recibe la señal de control alimentan con 220V al variador de frecuencia.
- PLC y módulos: encargado de recepción de señales analógicas y digitales, mediante la programación controla el módulo. Comunicación a través de Ethernet con Touch Panel y PC.
- Variador de Frecuencia: recibe alimentación 220V bifásica del contactor y a su salida alimenta a la bomba, consta de un parte de control que se lo realiza desde el PLC.
- Tomacorriente: recibe alimentación de las borneras de 220V bifásica del tablero y a su salida permite alimentar equipos que soporten esta alimentación como son los cargadores de las computadoras.
- Conversor F-V: Convierte la señal de pulsos del medidor de caudal a una señal de voltaje de 0 a 10V la cuál ingresa al PLC.
- Borneras X1 y X2: Borneras de alimentación 220VAC
- Borneras X3 y X4: Borneras de alimentación 24VDC
- Borneras X5: Borneras de Instrumentación y botoneras

En la tabla 6 se describe las protecciones utilizadas en el tablero eléctrico con sus respectivos valores de corriente y potencia.

Tabla 6: Dimensionamiento de protecciones

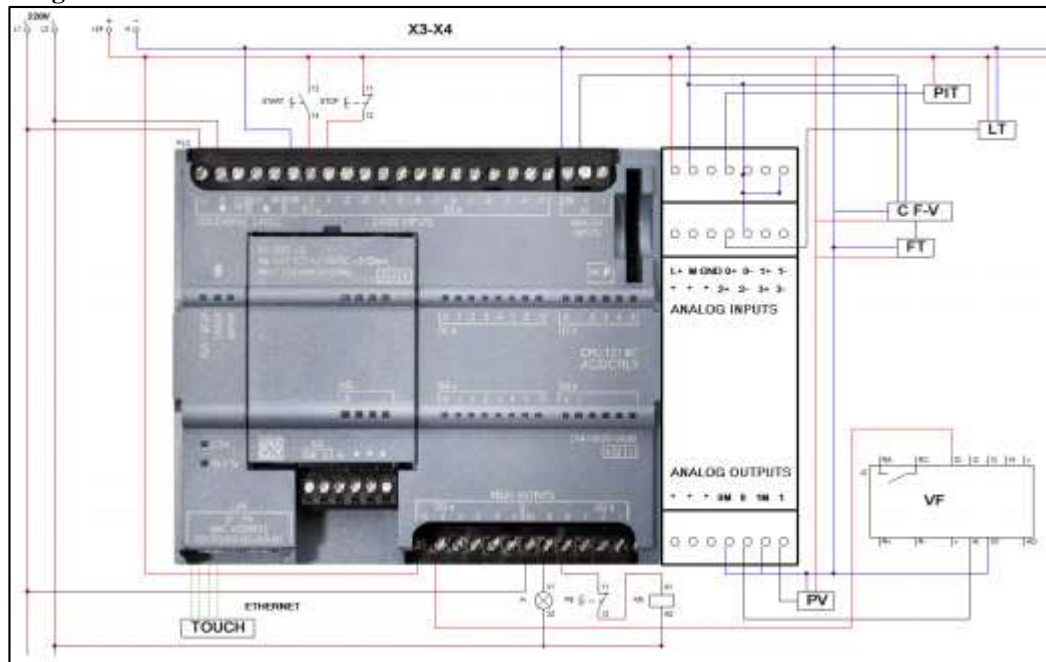
Equipos de protección	Marca	Datos	Amperaje a utilizar
BK1	Schneider Electric	P= V= 220 V I= 20A	32 A
BK2	Maviju EL010041	P= 2200 W V=220 V I= 10 A	10 A
BK3	Maviju EL010040	P= 1100W V= 220 V I= 5 A	6 A
BK4	EBASSE Modelo EBS6BN	P= 120 W V= 24 V I= 5 A	6A

Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Imagen 5 Plano Eléctrico Fuerza y alimentaciones

Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Para la instrumentación se toma en cuenta mucho si los transmisores son a dos hilos o tres hilos y su señal de eléctrica es de corriente o voltaje para poder configurar el módulo de entradas y salidas analógicas. Las señales de salida analógica controlan al variador y a la electroválvula.

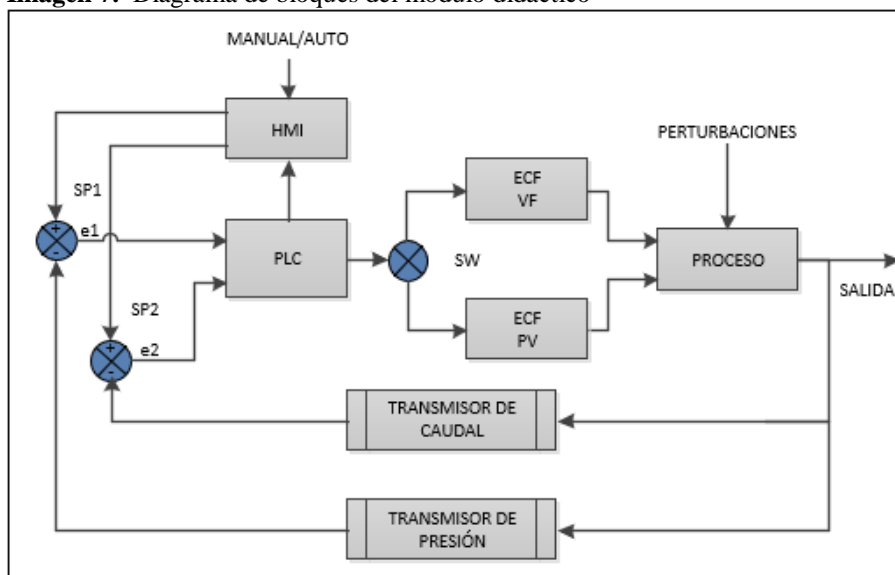
Imagen 6. Plano Eléctrico Control e Instrumentación

Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

10.5 Diagrama de Bloques del Sistema

El módulo didáctico viene representado en el diagrama de bloques de la imagen 7 en donde se indica las dos variables que se encuentran inmersa en el mismo y los modos de control manual y automático.

Imagen 7. Diagrama de bloques del módulo didáctico



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

En donde la nomenclatura del diagrama es la siguiente:

PROCESO. - Proceso de caudal y presión en la tubería representado por la bomba centrífuga, el tanque de almacenamiento, válvulas, accesorios y la conexión de la tubería (1/2) que va desde el tanque a la bomba y desde la bomba hacia el tanque.

PLC. - Representa la Unidad de Control Lógica Programable (Siemens S7-1200 CPU 1214C y módulo SM 1234 AI/AQ), dispositivo que se encarga de adquisición de datos, control de las variables, gestionar las comunicaciones con el HMI y la PC.

HMI. - Representa la Interfaz Humano Máquina (KTP600 Basic), mediante la cual el operador puede interactuar con los procesos, seleccionar el tipo de control e ingresar el valor de Set Point que se desea en modo automático.

ECF VF. - Elemento de control final (Variador de Frecuencia), dispositivo que regula la velocidad de la bomba de acuerdo a una señal de control, tiene como función variar el caudal de agua que circula por la tubería.

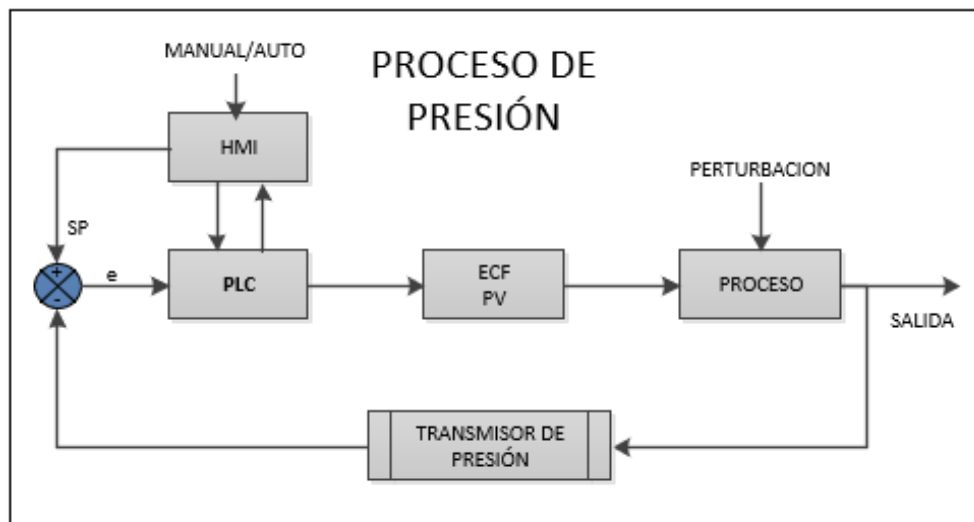
ECF PV. - Elemento de control final (Válvula de control electroválvula), dispositivo que regula el caudal de la tubería acuerdo a una señal de control, tiene como función variar la presión que circula por la tubería.

Transmisor de Presión. – Transmisor encargado de sensar la variable presión (Pressure Transmitter), transmite mediante una señal estándar de corriente de 4 a 20 mA al PLC.

Transmisor de Caudal. – Representado por un caudalímetro que entrega un tren de pulsos y esta frecuencia es transformada por un conversor F-V, transmite mediante una señal estándar de corriente de 0 a 10V al PLC.

Para el proceso de presión se tiene el siguiente diagrama de bloque a lazo cerrado como se indica en la figura 8:

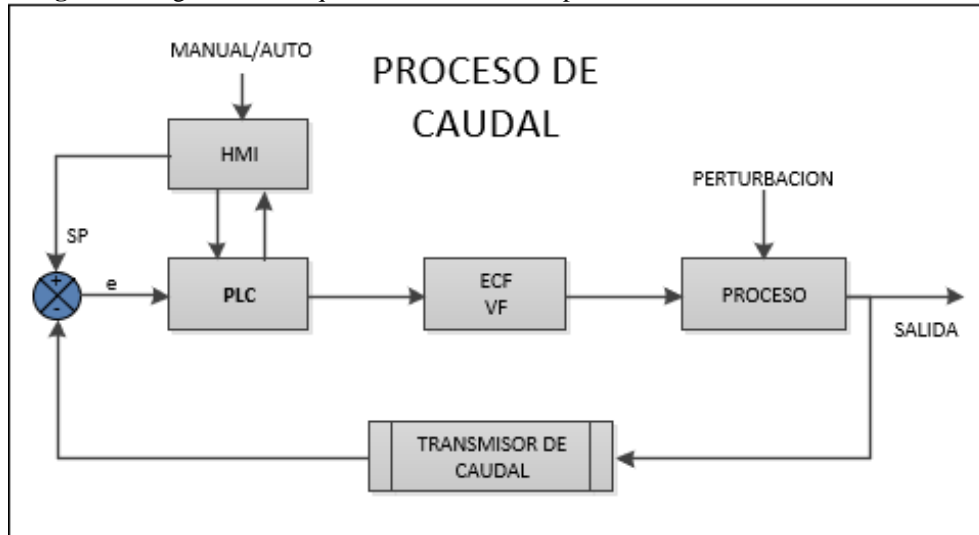
Imagen 8. Diagrama de bloques a lazo cerrado del proceso de Presión



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Para el proceso de caudal se tiene el siguiente diagrama de bloque a lazo cerrado, como se indica en la figura 9:

Imagen 9. Diagrama de bloques a lazo cerrado del proceso de Caudal

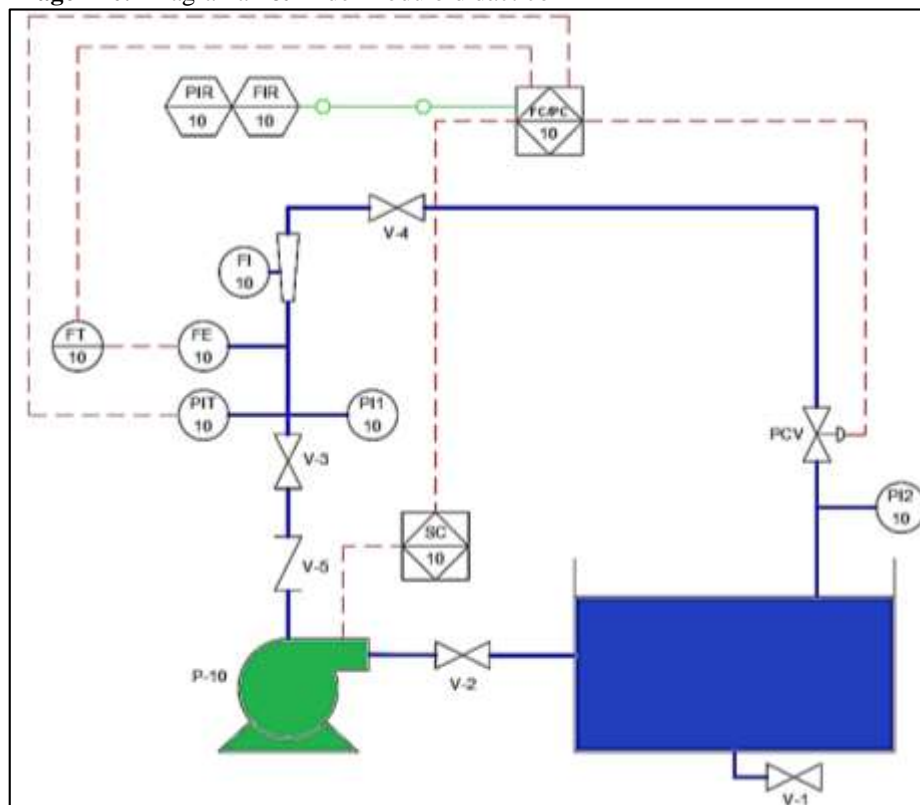


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

10.6 Diagrama P&ID del módulo

El diagrama P&ID del sistema se lo muestra en la imagen 10.

Imagen 10. Diagrama P&ID del módulo didáctico



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

La nomenclatura utilizada en el diagrama P&ID del módulo didáctico es la siguiente y se toma como lazo del proceso al valor de 10 para seguir la nomenclatura del diagrama:

Bomba (P-10). - Bomba trifásica de 1HP, con la cual se da el proceso de impulsión y succión del agua que circula por la tubería desde y hacia el tanque.

Válvulas de paso (V-1, V-2, V-3, V-4). - Son válvulas de bola que se encuentran instaladas en la tubería, V-1 ayuda a desfogar el agua dentro del tanque de almacenamiento cuando se desea vaciarlo, V-2 impide el paso del agua a la bomba y puede ayudar en un mantenimiento de la bomba conjuntamente con la válvula V3 y V-4 puede ser utilizada como una perturbación del sistema.

Válvulas check (V-5). – Válvula check instalada para protección y que el flujo no retorne a la bomba

Elemento primario de flujo (FE-10). - Caudalímetro utilizado como sensor de flujo de rueda de paletas, ubicado en campo.

Transmisor de flujo (FT-10). - Transmisor de flujo montado en el panel, instrumento que convierte la señal dada por el sensor de flujo en frecuencia a una señal estándar de 0 a 10V.

Indicador de flujo (FI-10). – Rotámetro instalado en la tubería para indicación del caudal que está pasando por la tubería.

Indicador de presión (PI1-10 / PI2-10). – Indicador de presión manométrica ubicado en campo para la medición de la variable física de presión.

Transmisor indicador de presión (PIT 10). - Transmisor de presión ubicado en el campo, instrumento que envía una señal estándar de 4 a 20 mA.

Controlador de velocidad (SC-10). - Variador de frecuencia Sinamics G110 ubicado en el panel, su función es controlar la velocidad de la bomba acorde a una señal de control variando de esta forma el caudal de agua que transita por la tubería.

Válvula de Control de Presión (PCV-10). – Válvula de control de presión que recibe una señal del control de 0V a 10V para apertura proporcional de la misma.

Controlador de flujo y presión (FC/PC-10). - PLC SIEMENS S7-1200 ubicado en el panel, encargado de controlar los procesos de presión y caudal, el cual debe comunicarse con la Touch Panel.

Registrador indicador de presión (PIR-10). - Touch Panel.KTP600 ubicado en el panel, es un interfaz humano máquina con la finalidad de indicar los parámetros de presión y selección del tipo de control manual-automático.

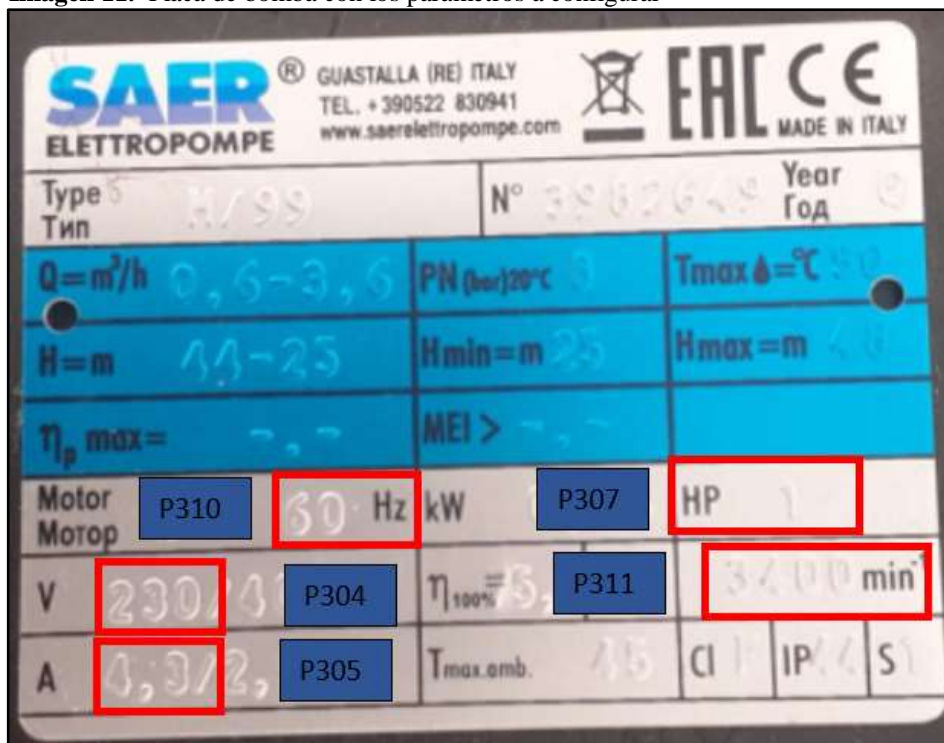
Registrador indicador de flujo (FIR-10). - Touch Panel KTP600 ubicado en el panel, es un interfaz humano máquina con la finalidad de indicar los parámetros de flujo y selección del tipo de control manual-automático.

10.7 Configuración de Variador de Frecuencia

Para poder configurar el variador de frecuencia hay que tomar en cuenta los datos de la placa de la bomba como son: voltaje, corriente, frecuencia, revoluciones y potencia, para poder ingresar estos datos en los parámetros del variador a través del Panel BOP y tener una puesta en servicio rápida.

Para poder configurar se tiene que seguir los pasos del diagrama de Flujo de la imagen 11, acorde a los parámetros de la bomba que se encuentra en la imagen 12:

Imagen 11. Placa de bomba con los parámetros a configurar



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Imagen 12. Placa de bomba con los parámetros a configurar al Variador



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

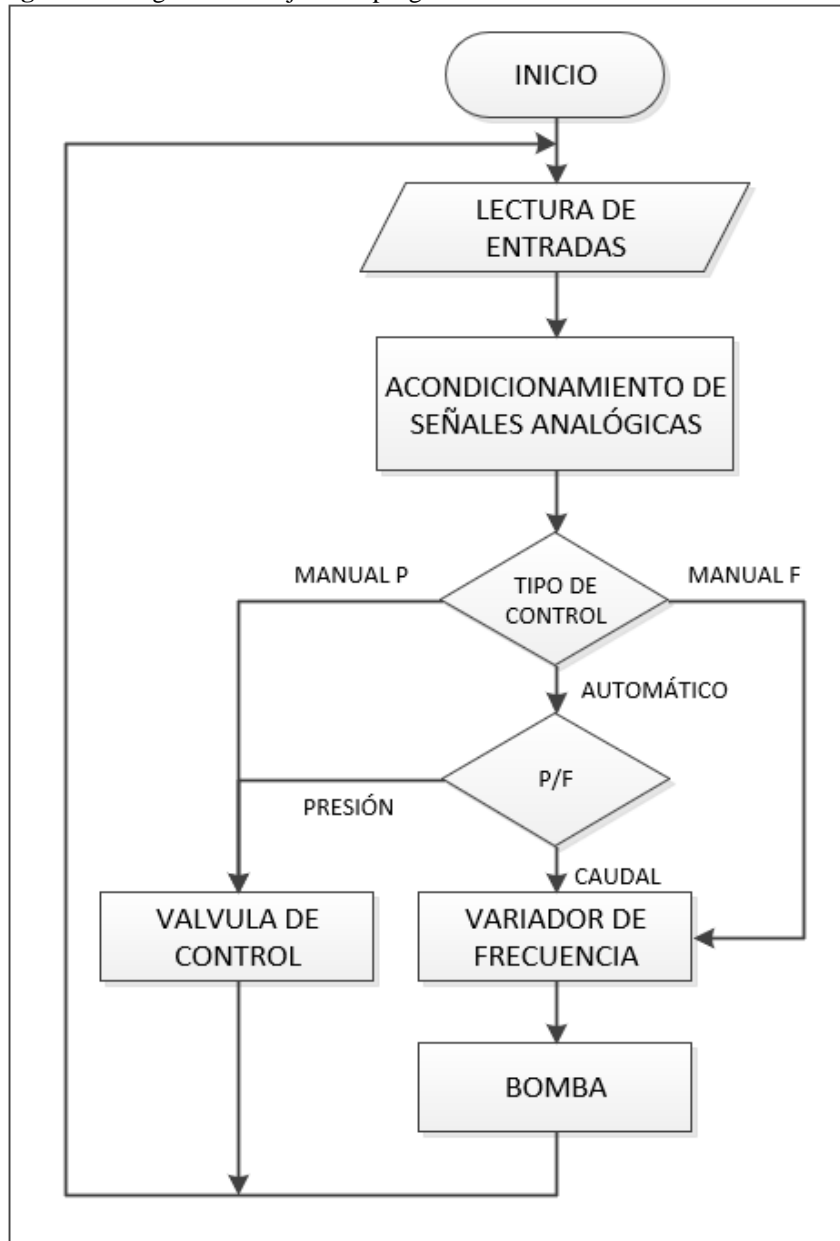
10.8 Programación Tia Portal

La programación que se realiza en los equipos Siemens como son el PLC y la Pantalla Touch Panel es sobre el software de Tia Portal V15, este software permite programar individualmente los equipos, mientras se programa se va vinculando las TAG de las variables necesarias para interactuar entre ellos, se envía y reciben datos mediante una comunicación Profinet (Ethernet).

Diagrama de Flujo de la programación del PLC

La Programación del PLC se realizó en base al diagrama de flujo de la imagen 13:

Imagen 13. Diagrama de flujo de la programación del PLC



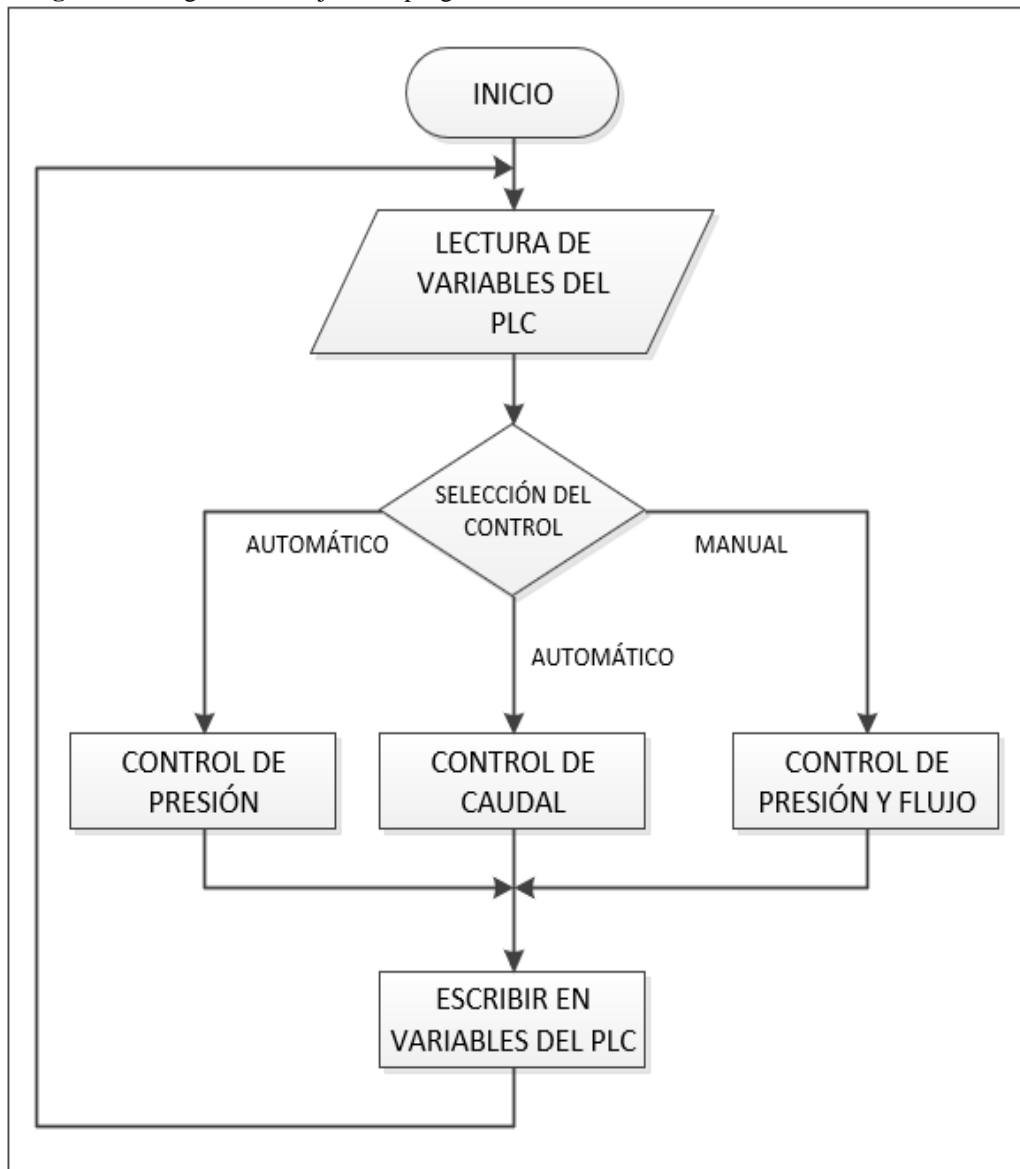
Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Como se observa en el diagrama el PLC coge las lecturas de entrada tanto digitales como analógicas y acorde a la programación toma las decisiones del tipo de control manual o automático, si es manual se actúa directamente sobre los elementos de control final y si es automático se obedece a la señal de controlador PID o del control On-Off.

10.8.1 Diagrama de Flujo de la programación del HMI

Para la Programación del HMI se realizó en base al diagrama de flujo de la imagen 14:

Imagen 14. Diagrama de flujo de la programación del HMI



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Como se observa en el diagrama el HMI interactúa directamente con las variables del PLC, leyendo las variables y escribiendo las variables, el HMI es en donde el operador puede seleccionar el tipo de control para que el PLC pueda tomar las acciones de control correspondientes.

10.9 Implementación de la Estructura y tubería

La implementación de la Estructura y armado de la tubería se muestra en la figura 15, en base a los planos diseñados se encuentra en correcto estado y perfectas condiciones para garantizar el funcionamiento del módulo didáctico.

El módulo didáctico tiene dos partes:

- Una frontal en donde se observa toda la tubería (accesorios), instrumentación, pantalla Touch Panel, bomba, tanque y botoneras
- Una parte lateral en donde se encuentra el tablero eléctrico, la bomba y una parte de la tubería

Imagen 15. Parte Frontal del módulo didáctico

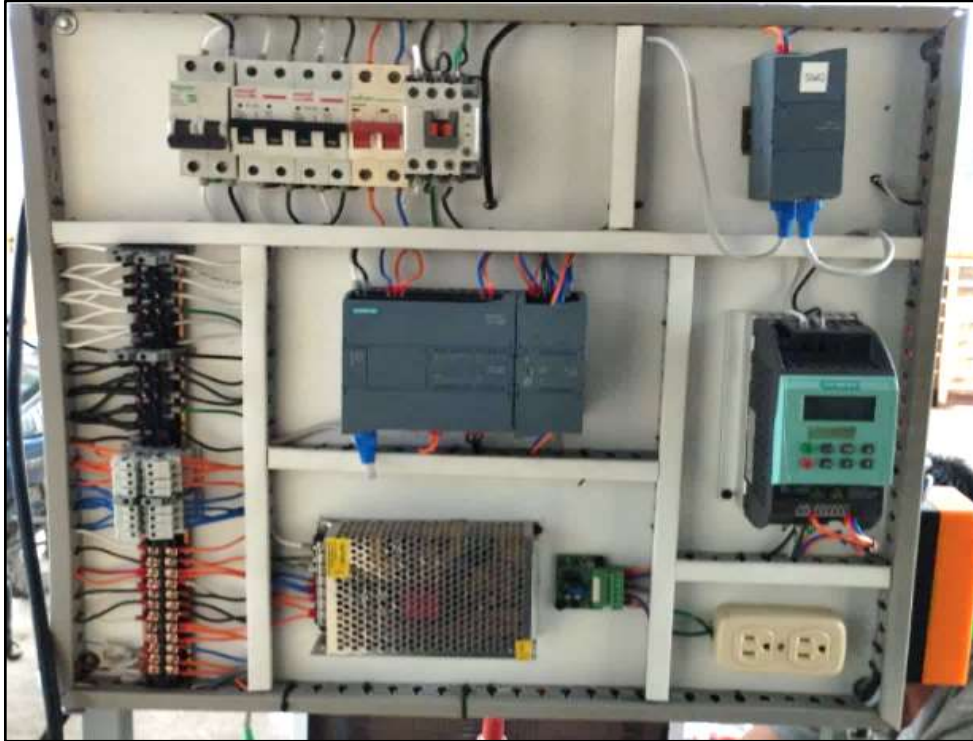


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

10.10 Prueba del tablero Eléctrico

Una vez ensamblado el tablero eléctrico acorde a los planos diseñados se tiene el resultado del mismo en la imagen 16.

Imagen 16. Tablero eléctrico implementado



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Se procede a realizar pruebas de continuidad en los cables acorde a planos y todo mide continuidad, lo que nos indica que se encuentra bien realizado el cableado, después se procede a encender breaker por breaker y se mide voltajes y se observan los equipos que se van encendiendo.

El PLC y la Pantalla Touch Panel también se encienden y los indicadores del módulo de entradas y salidas analógicas se encuentran en verde e indican que todos los transmisores se encuentran bien conectados.

10.11 Prueba de las señales analógicas de los transmisores de caudal y presión

Los transmisores de Presión y caudal fueron probados antes de instalarlos, el transmisor de presión marco 0 bar ya que no tenía presión ejercida sobre él, de la misma forma el transmisor de caudal no marco voltaje en la tarjeta su medida fue 0V como se indica en la figura 17.

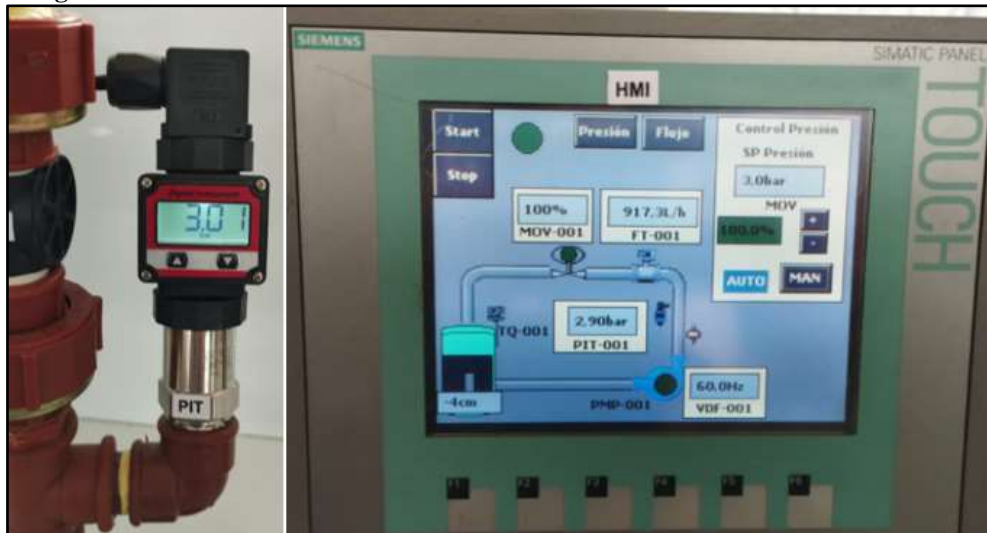
Imagen 17. Transmisor de Presión sin montar en la tubería



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Una vez realizada las pruebas sin funcionamiento se procede a realizar las pruebas con los instrumentos montados, una vez encendido el módulo didáctico el transmisor de presión marca presión acorde a la variación del caudal en la tubería y se lo refleja también en la pantalla Touch Panel, como se indica en la figura 18.

Imagen 18. Visualización del Transmisor de Presión montado en la tubería



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

El transmisor de caudal empieza a variar el valor del voltaje acorde al cambio de caudal eso se lo mide con la ayuda del multímetro y se la variación de caudal se lo puede observar en el rotámetro y en la variable de la pantalla Touch Panel correspondiente al caudal, como se indica en la figura 19.

Imagen 19. Visualización del Rotámetro de Caudal montado en la tubería



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

En el módulo SM 1234 de señales analógicas del PLC también se observa que los sensores están correctamente conectados ya que los indicadores se encuentran en color verde como se indica en la imagen 20.

Imagen 20. Visualización del módulo SM1234



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

10.12 Prueba de señales digitales en el PLC

El PLC recibe señales de las botoneras, estas señales son de tipo digital y se las verifica al presionar los pulsadores y las entradas digitales del PLC encienden su indicador visual como se indica en la imagen 21, además son señales que ejecutan acciones encendido del módulo, arranque del contactor, paro del módulo y para de emergencia que deshabilita directamente al contactor.

Imagen 21. Visualización de entradas y salidas digitales del PLC

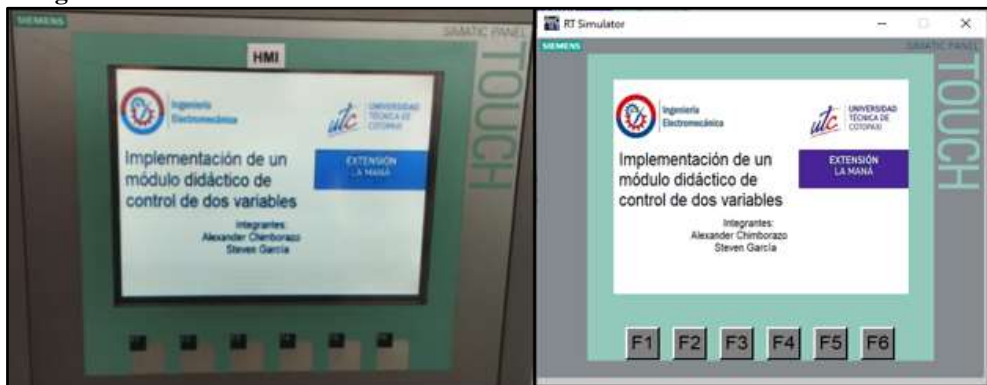


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

10.13 Prueba de encendido de la Touch Panel

Al encender el breaker de 24 VDC la Pantalla Touch Panel se enciende y arranca en la ventana de la imagen 22:

Imagen 22. Pantalla de inicio de la Touch Panel



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

La pantalla Touch Panel tiene varias ventanas para navegar y con ayuda de las funciones F1, F2, F3 y F4 se puede intercambiar entre ellas.

Con la tecla de F1 se va a la pantalla inicial en donde se indican el tema de tesis y los integrantes, con la tecla F2 se ve el proceso en un esquema P&ID del mismo y se observan las variables del proceso aquí se puede seleccionar el modo de control y la variable a controlar, con la tecla F3 se ve las tendencias del PID de Presión y con la tecla de F4 se ve las tendencias del PID de Caudal, como se indican en la imagen 23.

Imagen 23. Pantallas del HMI



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

10.14 Prueba de arranque del variador en modo manual

Para poder realizar las pruebas de arranque del variador se procede a encender el módulo con el pulsador verde, después de un tiempo el PLC da señal para que el variador arranque y a la Pantalla Touch Panel se le pone en modo manual y se le coloca una frecuencia la misma que se carga en el variador también se puede mandar a controlar el módulo y observar en la imagen 24 cómo cambian los valores de la Touch Panel y del variador de la misma forma.

Imagen 24. Prueba de asignación de Frecuencia al Variador



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

10.15 Prueba de apertura y cierre de la válvula de control en modo manual

Para poder realizar la prueba en la válvula de control se puede realizar con caudal en la tubería o simplemente sin caudal, en la Touch Panel se ingresan las posiciones de 0 al 100% y la electroválvula se abre o cierra proporcionalmente al valor que se ingresa se puede escuchar y observar el desplazamiento de la electroválvula ya que posee un indicador de posición.

También se puede verificar el funcionamiento de la electroválvula cuando existe caudal constante y se procede a cerrar la electroválvula como se indica en la imagen 25, el valor de la presión incrementa acorde al cierre de la electroválvula y la variación se lo observa en el transmisor de presión y en la pantalla Touch Panel en la variable de presión.

Imagen 25. Prueba de la Electroválvula



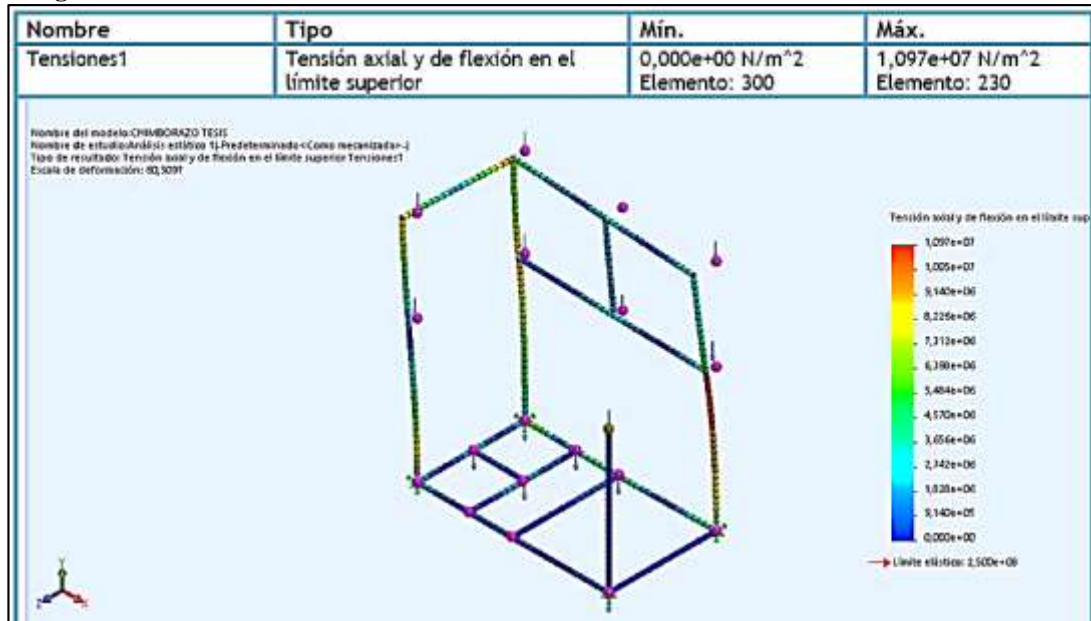
Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1 Análisis estático de la estructura

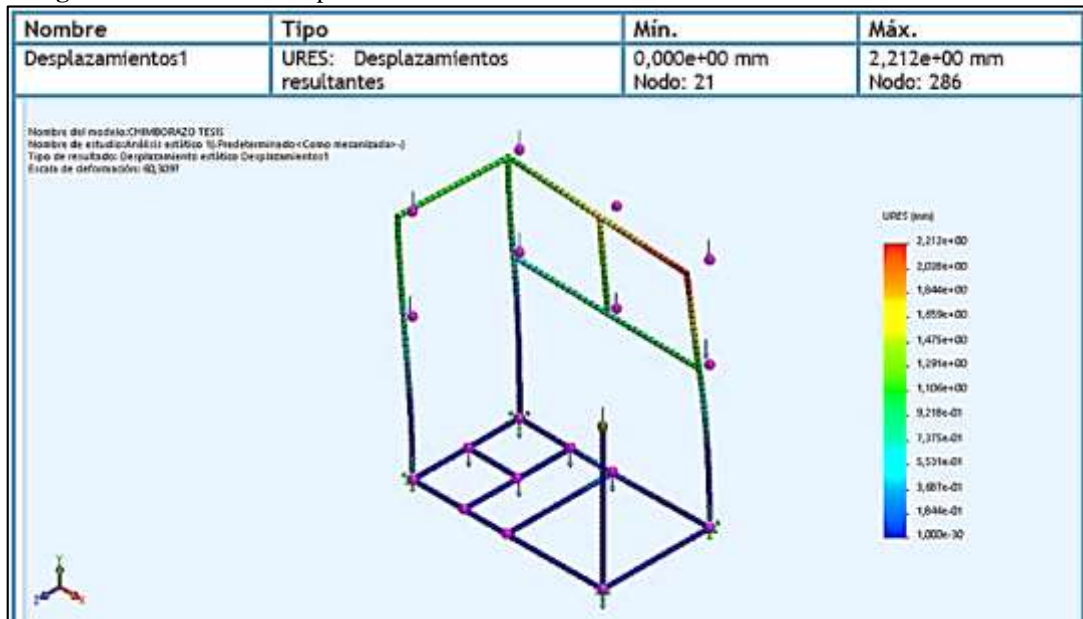
Las tensiones se definen a toda la sumatoria de esfuerzos que tienen esa estructura a partir de bornes, como se indican en las imágenes 26 y 27.

Imagen 26. Análisis de Tensiones



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Imagen 27. Análisis de Desplazamientos

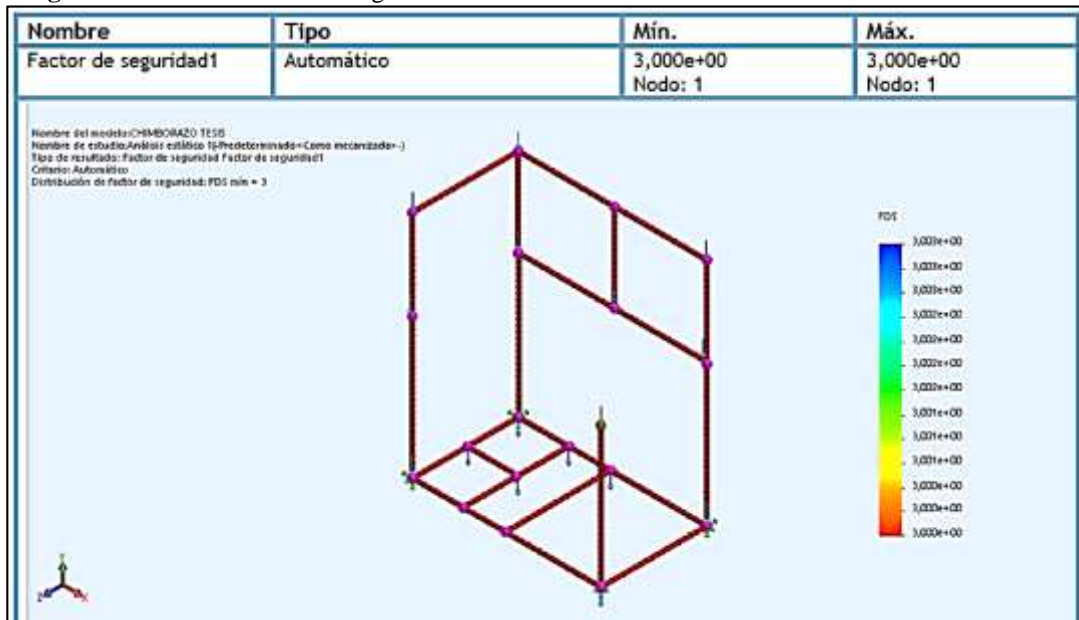


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Esta estructura es estática y tiene una concentración de esfuerzos, esas son las tensiones máximas y las tensiones mínimas, en el caso de las deformaciones o desplazamientos son mínimas no alcanza a 1 milímetro.

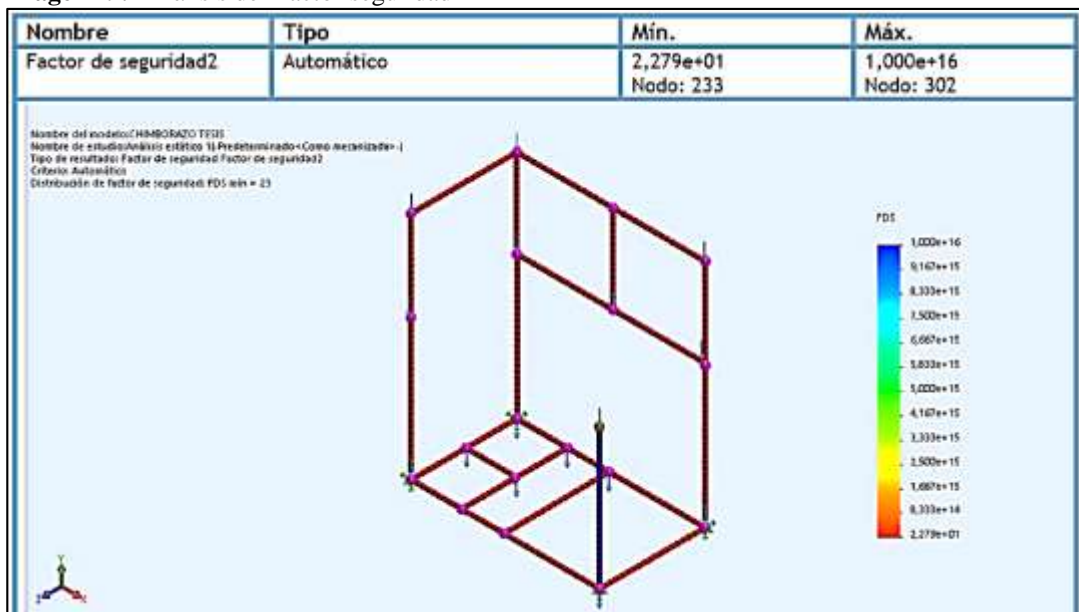
El factor de seguridad es bastante alto con una cantidad de 23 % viable debido que está construido con acero negro A36 que es un material apropiado para soportar grandes cargas y esfuerzos como se indican en las imágenes 28 y 29.

Imagen 28. Análisis del Factor seguridad 1



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Imagen 29. Análisis del Factor seguridad 2

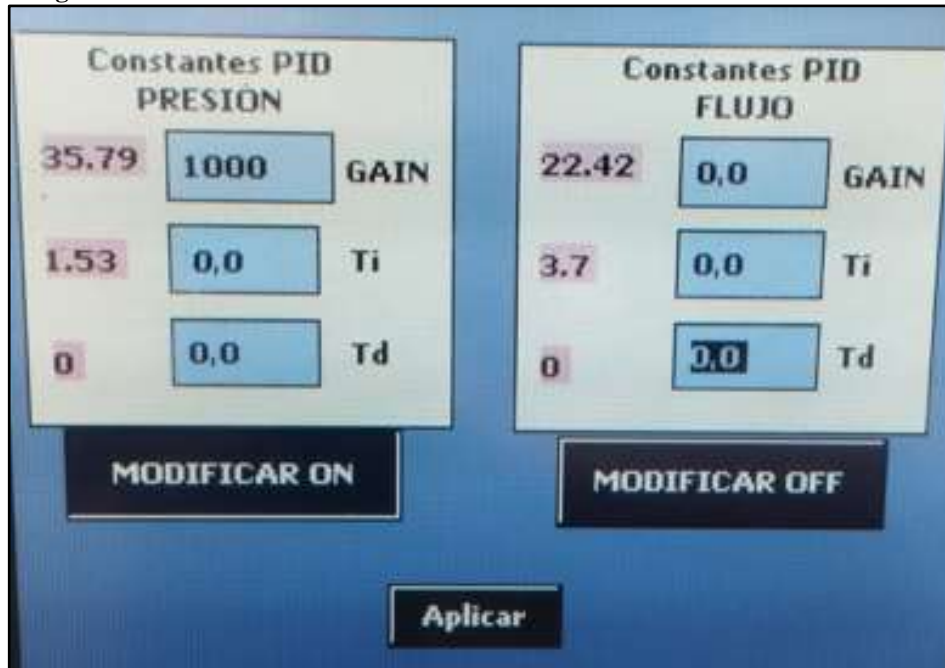


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

11.2 Prueba de control Proporcional

En el control proporcional se obtubieron los siguientes resultados ingresando los datos $K_p=1000$, $T_i=0$ y $T_d=0$, como se indica en la imagen 30.

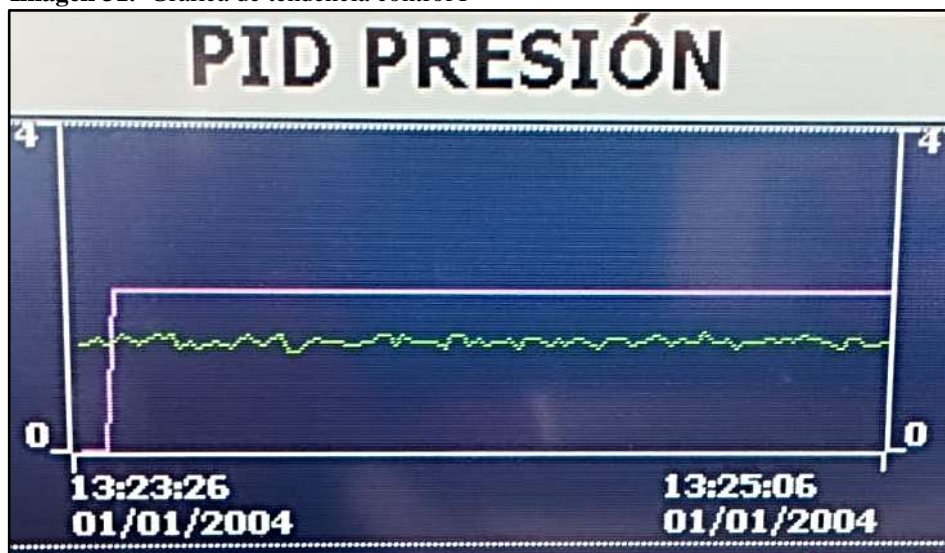
Imagen 30. Parámetros control P



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

El set point ingresado es de 2 bar, el valor proceso que se estabilizo fue de 1,85 bar teniendo un error de estado estable de 0.15 bar como se puede observar en la imagen 31.

Imagen 31. Gráfica de tendencia control P

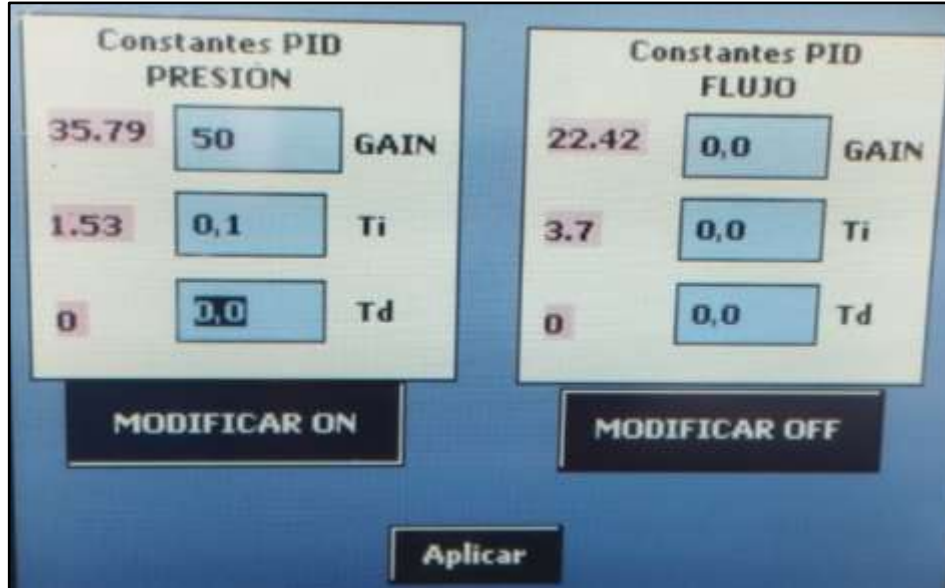


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

11.3 Prueba de control Proporcional Integral (PI)

En el control proporcional integral se obtubieron los siguientes resultados ingresando los datos $K_p=500$, $T_i=0,1$ y $T_d=0$, como se indica en la imagen 32.

Imagen 32. Parámetros control PI



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

La integral funciona mientras mas alto menos accion integral y mientras mas bajo actua de una manera rapido por que es tiempo mientras mas pequeño sea K_P mas rapido actua y cuando el tiempo es mas largo actua lento lo cual se puso en K_p de 50 con un T_i de 0,1 obteniendo como resultado la siguiente imagen 33 donde el control PI tiene a eliminar el error permanente estable

Imagen 33. Gráfica de tendencia control PI

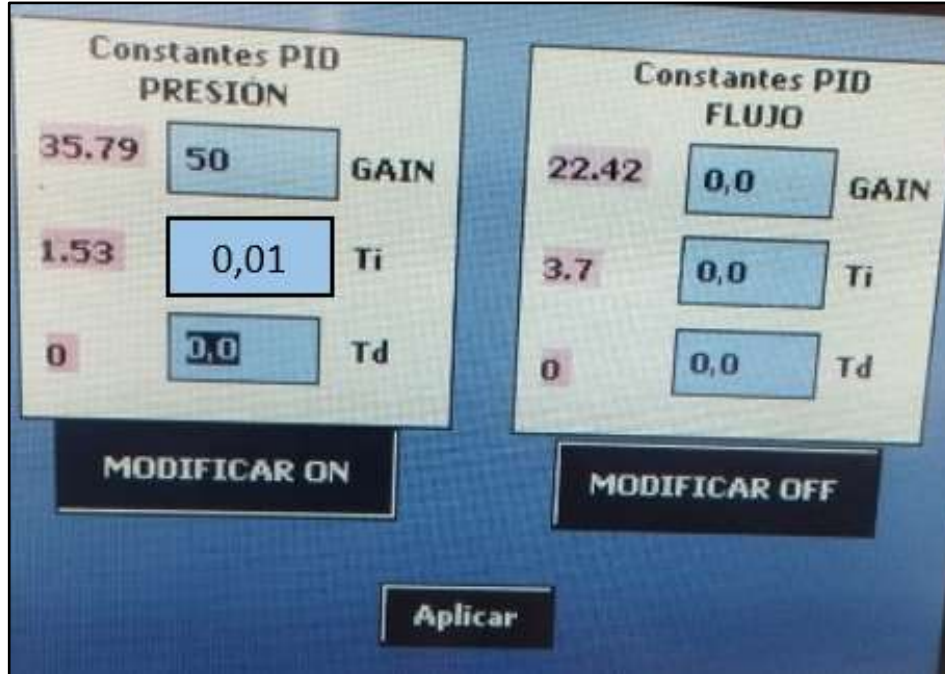


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

11.4 Prueba de control Proporcional Integral (PI) variando T_i

En el control proporcional integral se obtuvieron los siguientes resultados ingresando los datos $K_p=50$, $T_i=0,01$ y $T_d=0$, como se indica en la imagen 34.

Imagen 34. Parámetros control PI con T_i inferior



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Con los parámetros ingresados se obtiene como resultado la curva de la imagen 35 donde el control PI tiene a oscilar y se dispara la acción de control porque si se le pone mucho T_i puede llegar a la inestabilidad y no se va a llegar a estabilizar

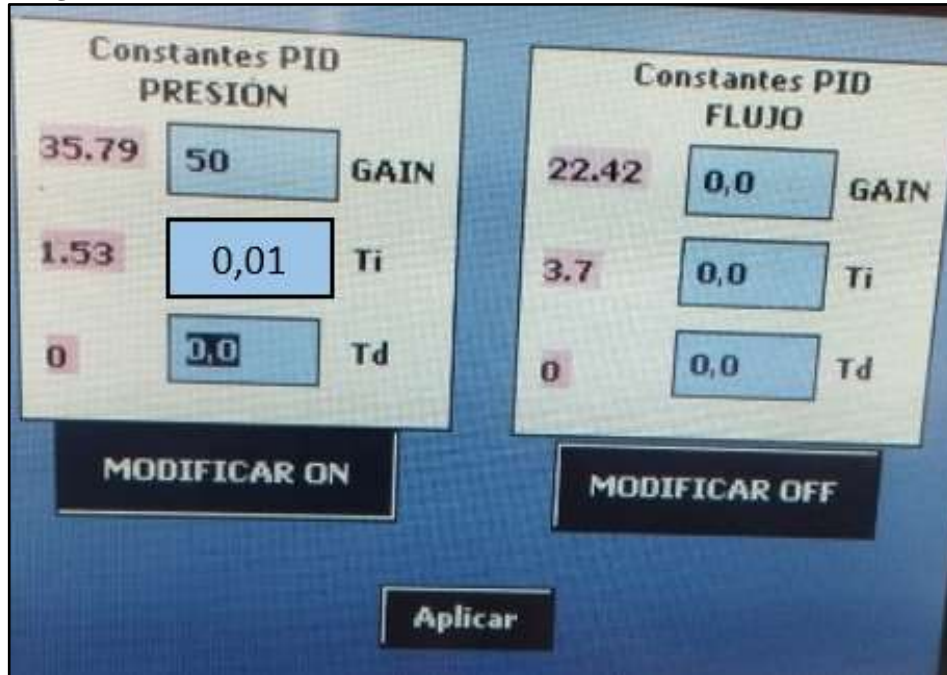
Imagen 35. Gráfica de tendencia control PI inestable



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

En el control proporcional integral se obtubieron los siguientes resultados ingresando los datos $K_p=50$, $T_i=0,7$ y $T_d=0$, como se indica en la imagen 36.

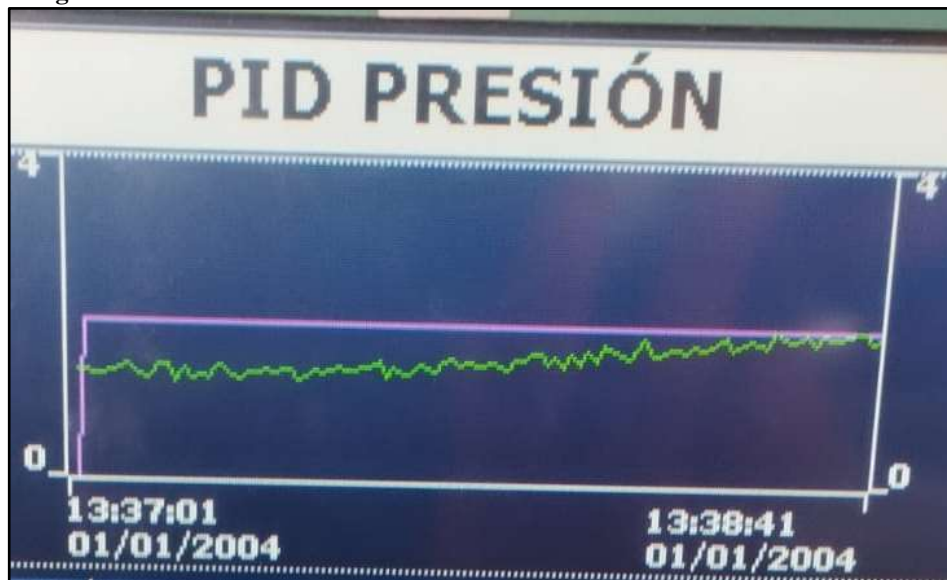
Imagen 36. Parámetros control PI con T_i inferior



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Con los parámetros ingresados se obtiene como resultado la curva de la imagen 37, donde el control PI se estabiliza de una manera lenta y tiende a eliminar el error en estado estable en un tiempo aproximado de 1 minuto.

Imagen 37. Gráfica de tendencia control PI lento

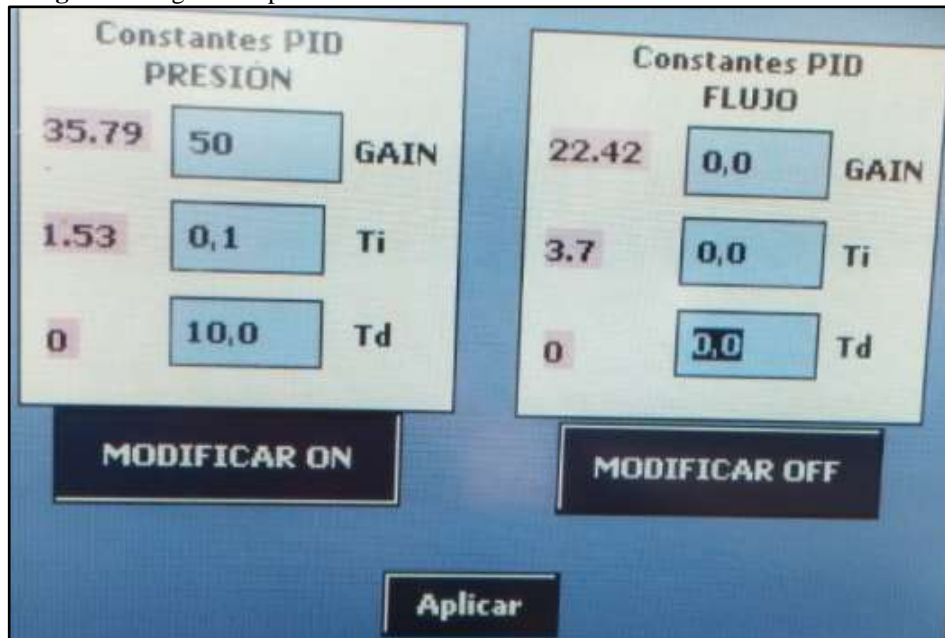


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

11.5 Prueba de control PID

Para poder realizar el control PID primero se ingresan los parámetros de ganancia proporcional, tiempo integral y tiempo derivativo, para que le controlador comienza a interactuar con el proceso, como se indica en la imagen 38.

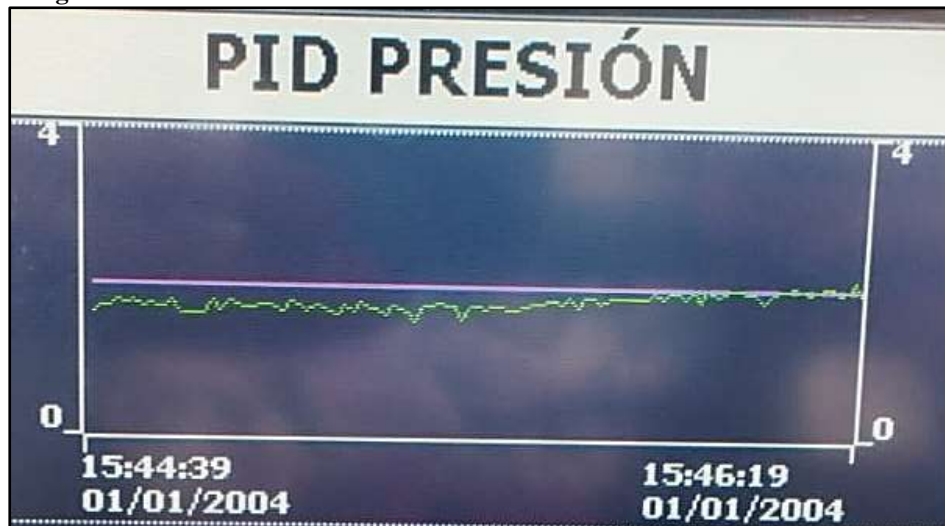
Imagen 38. Ingreso de parámetros al controlador PID



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Con los parámetros ingresados el controlador llega al set point un poco más lento que el control PI como se indica en la imagen 39.

Imagen 39. Tendencia del Proceso de control PID de Presión



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

11.6 Prueba de control PID con perturbaciones

Para poder realizar una perturbación en el módulo se procede a cerrar la válvula V4 unos 45 grados aproximadamente como se indica en la imagen 40

Imagen 40. Posición de válvula V4 para perturbación



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Con la perturbación generada se obtendrá la gráfica de la imagen 41 en donde se puede apreciar que el valor del process value se altera por el cierre del que detecta una perturbación y el control PID tiende a corregir y estabilizarse después de un determinado tiempo al valor del set point.

Imagen 41. Tendencia del Proceso frente a una perturbación

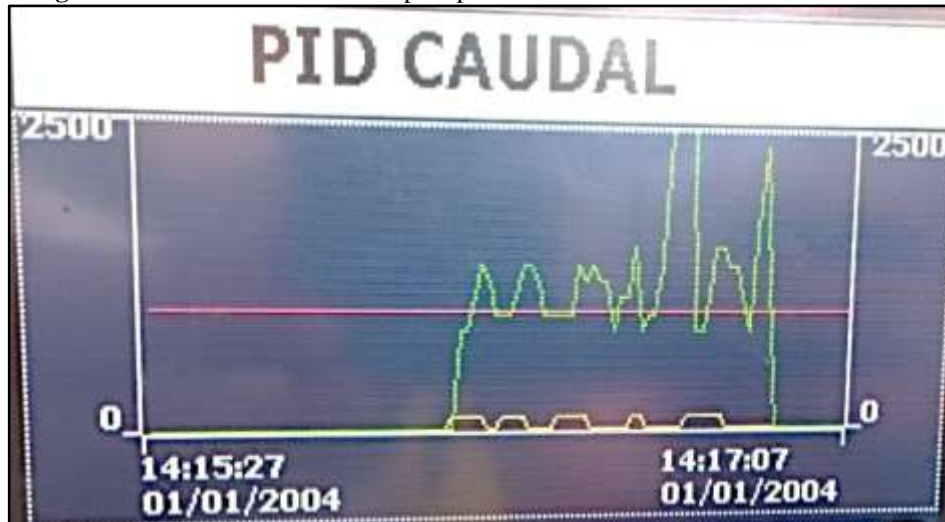


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

11.7 Prueba de control On-Off

El control On-Off prende y apaga a la bomba cuando se aproxima al valor del set point y el resultado se puede observar en la imagen 42

Imagen 42. Posición de válvula V4 para perturbación

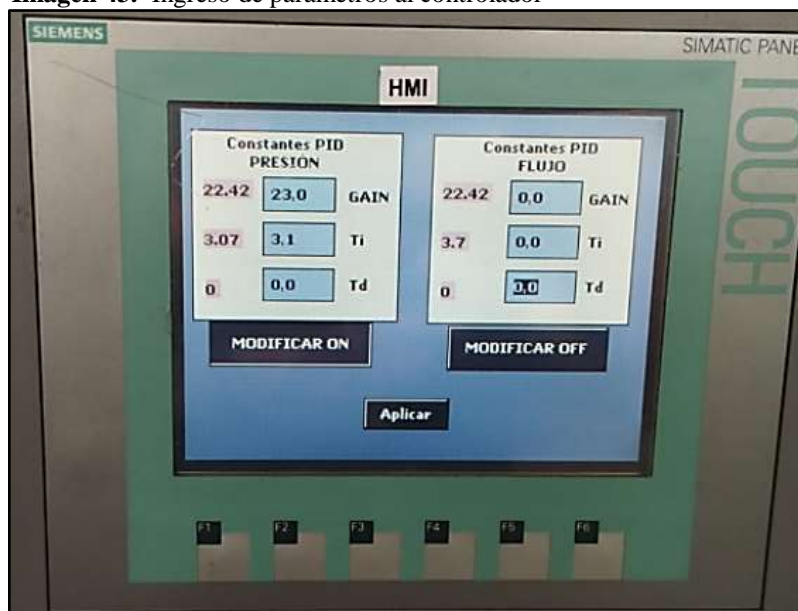


Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

11.8 Control PI seleccionado

Para poder realizar el control PI primero se ingresan los parámetros de ganancia proporcional, tiempo integral y tiempo derivativo, para que le controlador comienza a interactuar con el proceso, como se indica en la imagen 43.

Imagen 43. Ingreso de parámetros al controlador



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

Una vez ingresados los parámetros del controlador se procede a probar el funcionamiento para ello se ingresa un valor de set point deseado, inmediatamente el controlador empieza actuar sobre el actuador para poder llegar al valor que se desea y se lo puede observar en la siguiente Imagen, tanto en la Pantalla de tendencias, la pantalla del P&ID y en el transmisor se observa el valor que se ingresó en el set point, como se indica en la imagen 44.

Imagen 44. Tendencia del Proceso de control de Presión



Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

12 IMPACTOS

El impacto del módulo didáctico va directamente relacionado con el aprendizaje de los futuros ingenieros de la Carrera de Electromecánica, ya que con el módulo se mejorará los conocimientos teóricos-prácticos en el área de instrumentación y control, de esta forma también se podrá dar más realce a la carrera cuando los ingenieros que salgan expongan todos sus conocimientos adquiridos con ayuda del módulo.

No existen impactos ambientales del módulo didáctico ya que el módulo no contamina el medio ambiente y el agua que se utiliza para poder realizar las prácticas es reutilizada en el proceso por lo que se requiere de cambio de las misma después de un largo tiempo de uso.

Los impactos sociales son de mucha consideración ya que el módulo didáctico da mayor realce a la carrera de Electromecánica, ya que se puede exhibir el módulo en casas abiertas y si desean otras personas conocer más sobre procesos industriales, funcionamiento y equipos utilizados lo pueden observar en el laboratorio de la universidad.

13 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

A continuación, en la tabla 7, se detalla los elementos empleados en la implementación del proyecto.

Tabla 7: Presupuesto del proyecto

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	HMI siemens	900	900
1	PLC siemens	500	500
1	Variador de frecuencia siemens	400	400
1	Switch Siemens	150	150
1	Motor trifásico 1hp	260	260
1	Electroválvula	150	150
4	Breakers Schneider Electric	10	40
1	Contactador monofásico Schneider	10	10
1	Transmisor indicador de presión	200	200
1	Caudalímetro	20	20
1	Rotámetro	150	150
1	Válvula check	25	25
1	Tanque policarbonato 50x50 cm	60	60
2	Manómetros de 7 bares	10	20
1	Cable concéntrico	30	30
1	Madera RH color blanco de 50x50 cm	30	30
1	Terminales, cableado, borneras para el tablero eléctrico	100	100
1	Tuberías de PVC 1/2, uniones, teflón, pegamento para PVC	100	100
1	Plancha de alucobond color blanco	35	35
1	Estructura de acero y tintado	350	350
1	Calcomanías logos de la UTC y la carrera	25	25
	TOTAL		3555

Fuente: Chimborazo W. y García. S (2022)

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- En el módulo didáctico se puede comprobar de forma práctica todos los conceptos de instrumentación y control de dos variables que se investigaron y a su vez todos los equipos y componentes que se utilizaron bajo los requerimientos técnicos que existen a nivel industrial y del laboratorio.
- El módulo didáctico diseñado en planos y con especificaciones técnicas cumple con todos los requerimientos para el manejo de las variables de presión y caudal en la tubería.
- El módulo didáctico fue construido para el área de Instrumentación Industrial con equipos industriales como son: PLC Siemens, Variador Siemens , Bomba, Touch Panel Siemens y transmisor de Presión, es una alternativa de bajo costo con prestaciones necesarias para que los estudiantes puedan realizar diferentes prácticas en el área de control e instrumentación .
- Después de realizar las pruebas del controlador PID con todas sus variantes como son controlador P, controlador PI y controlador PD, el controlador PI es el que mejor desempeño cumple con la variable de Presión para lo cual se ingresaron las constantes de $K_p= 23$, $T_i=3.1$ y $T_d =0$ y con ello el valor de la variable del proceso llega al set point deseado sin tener oscilaciones ni sobre impulsos y un tiempo de establecimiento menor a los segundos a 3 segundos.
- Al implementar las estrategias de control, el control On-Off para este tipo de procesos rápidos no fue muy eficiente ya que los elementos de control final se prenden y apagan con muchas interacciones lo que puede conllevar a que los equipos se puedan quemar más rápido.

14.2 Recomendaciones

- Se recomienda colocar un UPS como dispositivo para poder almacenar la energía un tiempo prudente en el caso de que exista fallas eléctricas y de esta forma proteger a los equipos que se encuentra instalados en el módulo didáctico.
- Verificar la posición de todas las válvulas de tipo globo que se encuentran instaladas estas deben estar completamente abiertas para que no provoquen un sobre esfuerzo de la bomba al intentar circular el flujo por la tubería.

15 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (2022). *ABB*. Obtenido de <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- Aula21. (2020). *PROFINET*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/>
- Bello, M., & Pino, M. (2000). *Medición de presión y caudal*. Punta Arenas: Kampenaike. Obtenido de https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/32174/Boletin_INIA_28.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Benavidez, H., & Silveiro, N. (2020). Determinación de pérdidas de carga en accesorios “k” de Sistemas Domiciliarios. *ECUADORIAN SCIENCE JOURNAL*, 7-11.
- Carballo Sierra, J., & Romero Lara, D. (2011). TUTORIAL NORMA ISA S5.1 Y DIAGRAMAS P&ID. (*Tesis Ingeniería*). Universidad Tecnológica de Bolívar, CARTAGENA DE INDIAS.
- CONAGUA. (2002). *Manual para la elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de sistemas de riego parcelario*. Obtenido de <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>
- Corona, L., Abarca, G., & Mares, J. (2014). *Sesnsores y Actuadores. Aplicaciones con Arduino*. México: Patria. doi:ISBN ebook: 978-607-438-936-4
- CursosInstrumentación. (2020). *Curso de Instrumentación y control*. Obtenido de Variable de Proceso: <http://cursoinstrumentacionycontrol.blogspot.com/2016/10/variable-de-proceso.html>
- Díez, P. (2007). Bombas Centrífugas y Volumétricas. (*paper*). UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
- Emerson. (2022). *Emerson Electric Co*. Obtenido de <https://www.emerson.com/es-es/automation/measurement-instrumentation/temperature-measurement/about-temperature-transmitters>
- Enríquez, H. (2013). *El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales*. México: Limusa.
- Fernández, J. (2016). *INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PLANTAS INDUSTRIALES*. Obtenido de <https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2014/12/valvulas-de-control-conceptos-basicos.html>
- GA., C. d. (2003). *Transductores*. Obtenido de <https://www.ehu.eus/acustica/espanol/electricidad/transes/transes.html#:~:text=Un%20transductor%20es%20un%20dispositivo,tipo%20de%20energ%C3%ADa%20en%20otra.>
- Golato, M. (2016). Acciones de Control. (*Cátedra*). Universidad Nacional Tucumán, Tucumán.

- Kuphaldt, T. (2016). *Curso Instrumentación y control*. Obtenido de Lessons in industrial instrumentation: <http://cursoinstrumentacionycontrol.blogspot.com/2016/10/lazo-de-control.html>
- Lab-Volt. (2004). Fundamentos del Control de Procesos usando el programa LVPROSIM. *Instrumentación y control de procesos*, 1-1,1-2. doi:ISBN 2-89289-711-4
- PAControl. (2016). *Instrumentation & control : process control fundamentals*. PAControl.com.
- Pardo, C. (2022). *Picuino*. Obtenido de <https://www.picuino.com/es/control-pid.html>
- Peralta, D., & Vargas, B. (2020). Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL. (*Ingeniería*). UAN, Bogotá.
- Reza, E. (2014). *Sistemas de Automatización: estrategias de control*. (G. E. Media, Editor) Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2011/08/sistemas-de-automatizacion-estrategias-de-control/#:~:text=Las%20estrategias%20de%20control%20y,de%20temperatura%2C%20humedad%20y%20ventilaci%C3%B3n>.
- Roca, A. (2014). *Control Automático de procesos Industriales con prácticas de simulación y análisis por ordenador PC*. Díaz de Santos.
- Rodríguez, P. (2006). Diseño de Interfaces Hombre - Máquina (HMI). (*Artículo*). Instituto de Electricidad y Electrónica – Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- S&P. (22 de Marzo de 2017). *El Blog de la ventilación eficiente*. Obtenido de Fórmula para calcular el caudal (con y sin normativa): <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/formula-caudal/>
- SIEMENS. (2022). *SIEMENS*. Obtenido de <https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- SIEMENS1. (2022). *PROFINET*. Obtenido de <https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/industrial-communication/profinet.html#:~:text=PROFINET%2C%20el%20est%C3%A1ndar%20de%20uso%20posible%20de%20los%20recursos>.
- Watford, C. (2022). *Watford Control*. Obtenido de <http://www.watfordcontrol.co.th/product/10/inverter--soft-starter/2/siemens/13/sinamics-g110/>
- Wendling, M. (2010). *Sensores*. Obtenido de <https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>

16 ANEXOS

Anexo 1. Fotografías del módulo

Fotos 1: Armado de la Estructura



Medición del tubo de la estructura



Corte del tubo de la estructura

Fotos 2: Armado de tubería



Armado de la tubería



Sujección de base para tablero y tubería

Fotos 3: Armado de tablero eléctrico y cableado de Instrumentación



Fijación de canaletas y equipos a la placa de madera



Verificación de continuidad y conexionado de los equipos



Montaje del tablero en la estructura



Cableado de instrumentación y señales digitales a las borneras del tablero eléctrico

Fotos 5: Módulo didáctico entregado



Módulo finalizado y probado en la casa



Módulo finalizado y probado en la casa

Fotos 6: Pruebas del módulo en el laboratorio



Verificación del variador de frecuencia

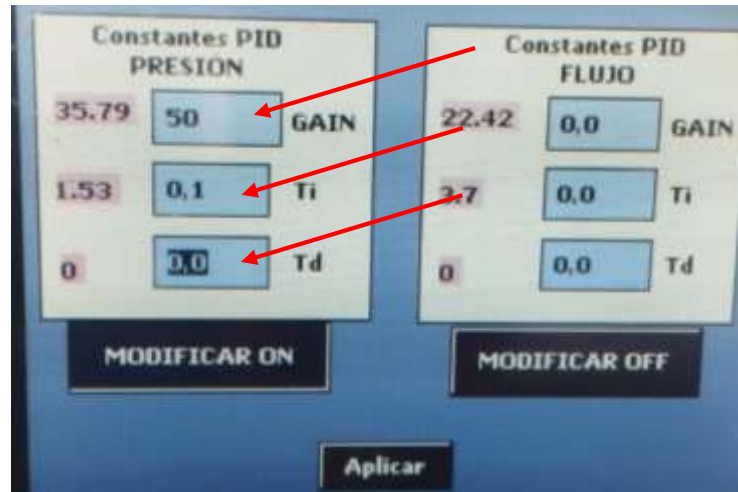


Pruebas de control del módulo

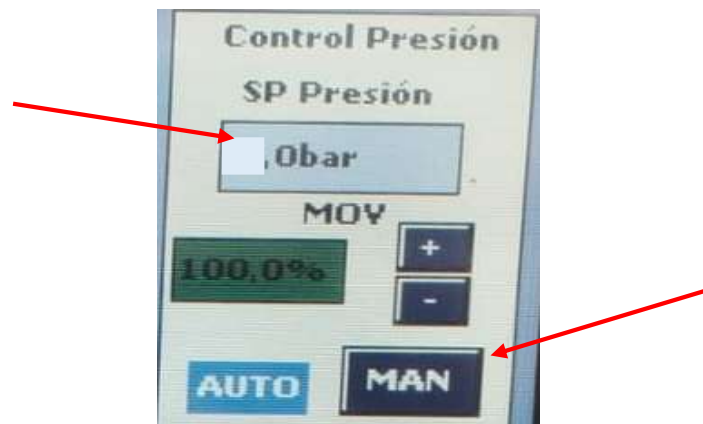
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	GUÍA DE PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO ``CAUDAL Y PRESIÓN``
--	---

Anexo 2. Guías de Práctica

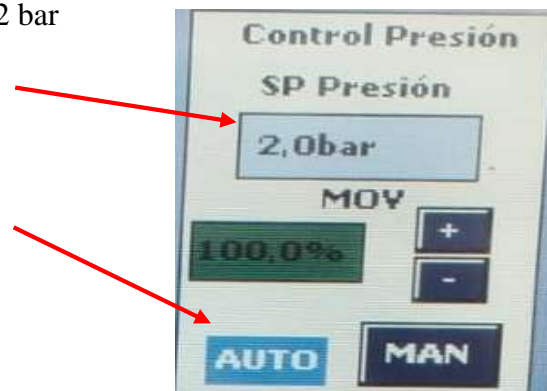
FACULTAD	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATURA	Instrumentación Industrial	PERIODO LECTIVO:	Abril Agosto	CICLO:	8
TUTOR	M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán	PRÁCTICA	1	FECHA	08/08/2022
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA		Laboratorio de Electromecánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Módulo De Control De Dos Variables De Proceso ``Caudal Y Presión``				
INTRODUCCIÓN:					
Se pretende que con estas diferentes prácticas el estudiante logre mejorar sus conocimientos a través de los diferentes tipos de controles que se puede realizar en el módulo ya sea de forma manual y automática.					
OBJETIVOS:					
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la práctica del proceso de control ``PI`` en la variable de presión cuando un T_i es normal • Verificar el correcto funcionamiento del control realizado en el módulo. • Evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes. 					
INSTRUCCIONES DE ENCENDIDO DEL MÓDULO:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Energizar el módulo de control de caudal y presión con la alimentación bifásica 220V de las tomas del laboratorio que permite energizar todo el tablero. 2. Verificar todos los breakers del tablero eléctrico BK1, BK2, BK3, BK4 estén subidos. 3. Verificar que este encendido la pantalla HMI y que el PLC no marque error que todas las señales estén en color verde. 4. Comprobar que el tanque este con suficiente agua para poner en marcha el módulo. 5. En la botonera pulsar el pulsador color verde que enclavara el contactor dando paso a que se energice el variador de frecuencia. 6. Verificar la luz de señal que se encuentra en la botonera para proceder a encender el módulo. 					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualizar los datos que son de ingresar en la pantalla HMI . 2. Pulsar en el botón F5 donde se pueden realizar distintas configuraciones 3. Ingresar los siguientes datos que indica la flecha roja 					



4. Una vez ingresados los valores en GAIN, Ti, Td
5. Pulsar F2 en la pantalla HMI
6. Pulsar en la parte de PRESIÓN e ingresar un valor de 0 y una vez agregado el valor pulsar en MAN en modo manual

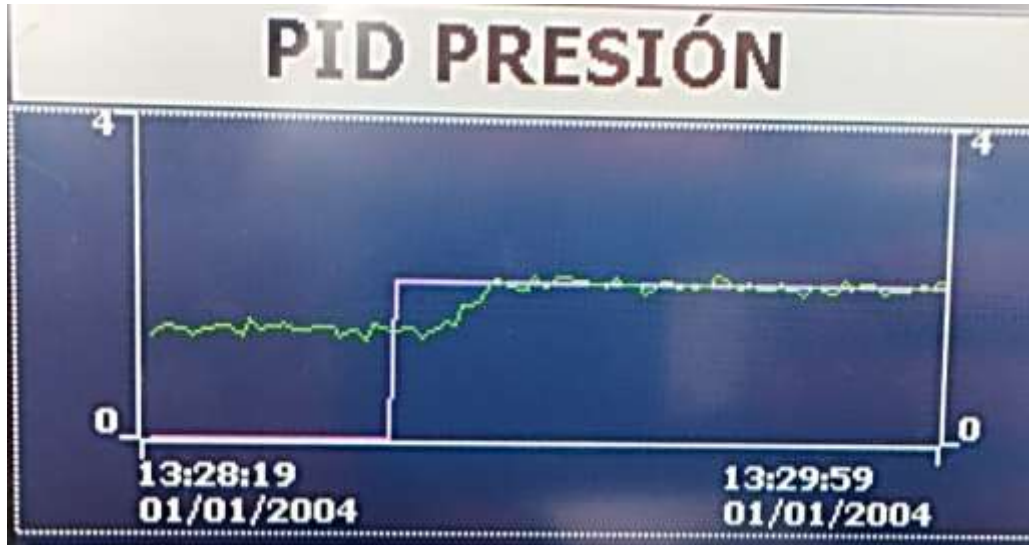


7. Verificar en la pantalla HMI en F3 que llegue a un valor mínimo
8. Pulsar F2 en la pantalla HMI
9. Después de unos dos segundos pulsar en AUTO en modo automático e ingresar un Set Point de 2 bar



10. Para visualizar la gráfica pulsar en F3

11. Como resultado de la gráfica será de tal manera



RESULTADOS OBTENIDOS:

.....
.....
.....
.....

CONCLUSIONES:

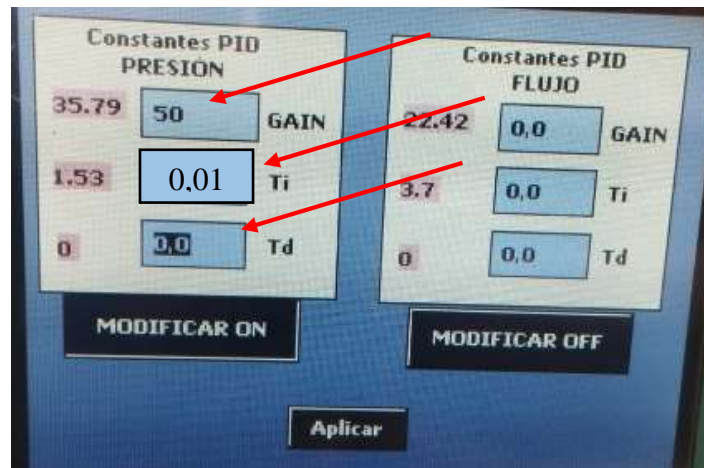
.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

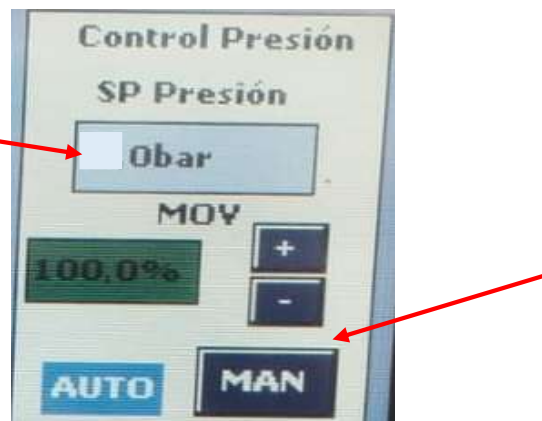
.....
.....
.....
.....

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	GUÍA DE PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO ``CAUDAL Y PRESIÓN``
--	---

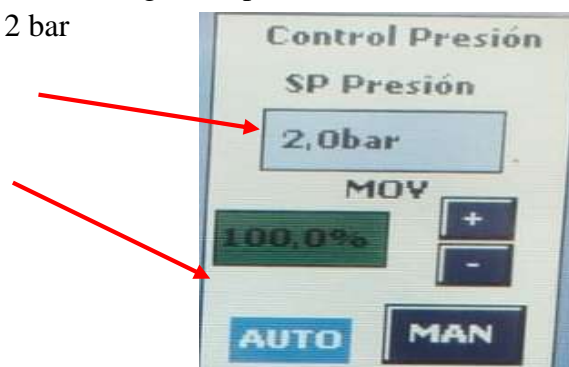
FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATURA	Instrumentación Industrial	PERIODO LECTIVO:	Abril Agosto	CICLO:	8
TUTOR:	M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán	PRÁCTICA	2	FECHA	08/08/2022
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA		Laboratorio de Electromecánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Módulo De Control De Dos Variables De Proceso ``Caudal Y Presión``				
INTRODUCCIÓN:					
Se pretende que con estas diferentes prácticas el estudiante logre mejorar sus conocimientos a través de los diferentes tipos de controles que se puede realizar en el módulo ya sea de forma manual y automática.					
OBJETIVOS:					
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la práctica del proceso de control ``PT`` en la variable de presión cuando hay mucho Ti • Verificar el correcto funcionamiento del control realizado en el módulo. • Evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes. 					
INSTRUCCIONES DE ENCENDIDO DEL MÓDULO:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Energizar el módulo de control de caudal y presión con la alimentación bifásica 220V de las tomas del laboratorio que permite energizar todo el tablero. 2. Verificar todos los breakers del tablero eléctrico BK1, BK2, BK3, BK4 estén subidos. 3. Verificar que este encendido la pantalla HMI y que el PLC no marque error que todas las señales estén en color verde. 4. Comprobar que el tanque este con suficiente agua para poner en marcha el módulo. 5. En la botonera pulsar el pulsador color verde que enclavara el contactor dando paso a que se energice el variador de frecuencia. 6. Verificar la luz de señal que se encuentra en la botonera para proceder a encender el módulo. 					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualizar los datos que son de ingresar en la pantalla HMI. 2. Pulsar en el botón F5 donde se pueden realizar distintas configuraciones 3. Ingresar los siguientes datos que indica la flecha roja 					



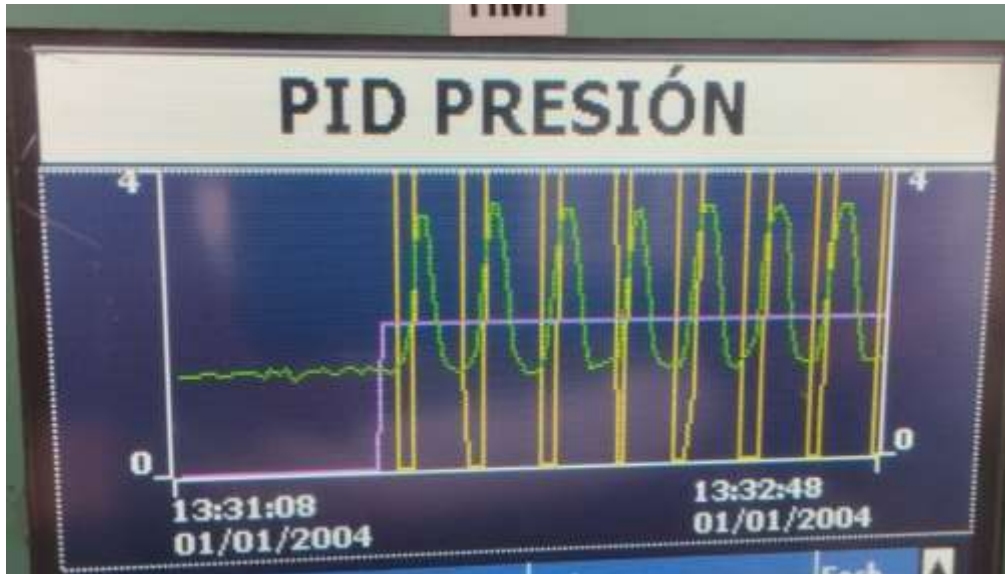
4. Una vez ingresados los valores en GAIN, Ti, Td
5. Pulsar F2 en la pantalla HMI
6. Pulsar en la parte de PRESIÓN e ingresar un valor de 0 y una vez agregado el valor pulsar en MAN en modo manual



7. Verificar en la pantalla HMI en F3 que llegue a un valor mínimo
8. Después de unos dos segundos pulsar en AUTO en modo automático e ingresar un Set Point de 2 bar



9. Para visualizar la gráfica pulsar en F3
10. Como resultado de la gráfica será de tal manera que va a comenzar a



RESULTADOS OBTENIDOS:

.....
.....
.....
.....

CONCLUSIONES:

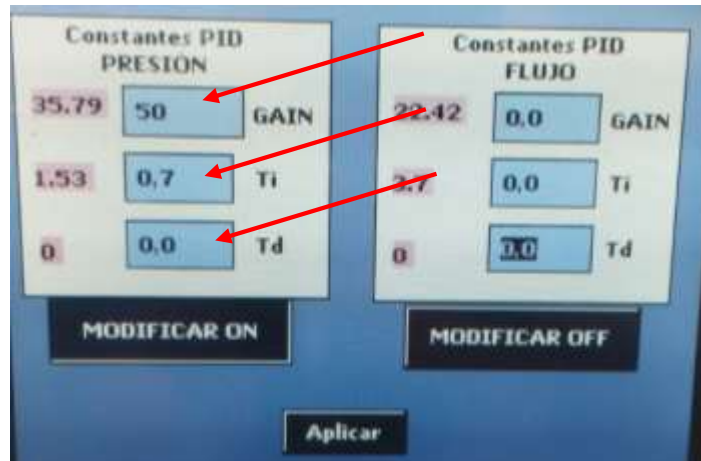
.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

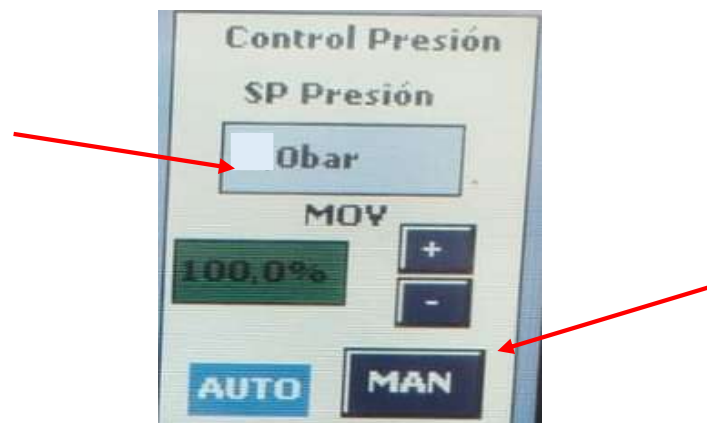
.....
.....
.....
.....

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	GUÍA DE PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO ``CAUDAL Y PRESIÓN``
--	--	---

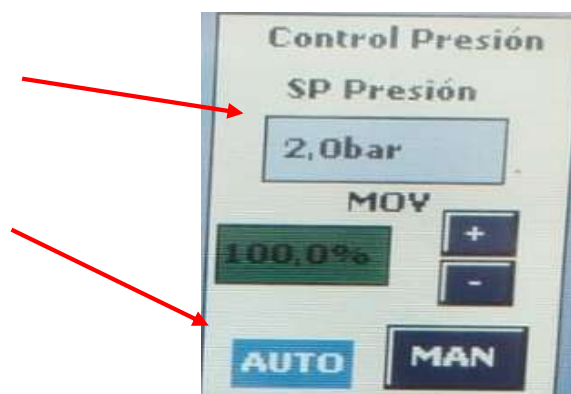
FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATURA	Instrumentación Industrial	PERIODO LECTIVO:	Abril Agosto	CICLO:	8
TUTOR:	M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán	PRÁCTICA	3	FECHA	08/08/2022
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA	Laboratorio de Electromecanica en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Módulo De Control De Dos Variables De Proceso ``Caudal Y Presión``				
INTRODUCCIÓN:					
Se pretende que con estas diferentes prácticas el estudiante logre mejorar sus conocimientos a través de los diferentes tipos de controles que se puede realizar en el módulo ya sea de forma manual y automática.					
OBJETIVOS:					
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la práctica del proceso de control ``PT`` en la variable de presión cuando el T_i es muy bajo • Verificar el correcto funcionamiento del control realizado en el módulo. • Evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes. 					
INSTRUCCIONES DE ENCENDIDO DEL MÓDULO:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Energizar el módulo de control de caudal y presión con la alimentación bifásica 220V de las tomas del laboratorio que permite energizar todo el tablero. 2. Verificar todos los breakers del tablero eléctrico BK1, BK2, BK3, BK4 estén subidos. 3. Verificar que este encendido la pantalla HMI y que el PLC no marque error que todas las señales estén en color verde. 4. Comprobar que el tanque este con suficiente agua para poner en marcha el módulo. 5. En la botonera pulsar el pulsador color verde que enclavara el contactor dando paso a que se energice el variador de frecuencia. 6. Verificar la luz de señal que se encuentra en la botonera para proceder a encender el módulo. 					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualizar los datos que son de ingresar en la pantalla HMI. 2. Pulsar en el botón F5 donde se pueden realizar distintas configuraciones 3. Ingresar los siguientes datos que indica la flecha roja 					



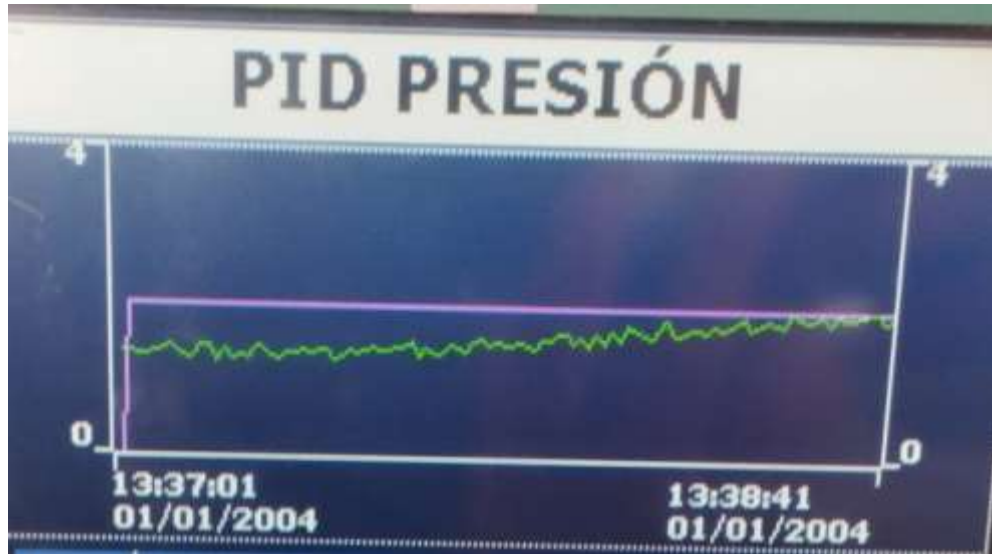
4. Una vez ingresados los valores en GAIN, Ti, Td
5. Pulsar F2 en la pantalla HMI
6. Pulsar en la parte de PRESIÓN e ingresar un valor de 0 y una vez agregado el valor pulsar en MAN en modo manual



7. Verificar en la pantalla HMI en F3 que llegue a un valor mínimo
8. Después de unos dos segundos pulsar en AUTO en modo automático e ingresar un Set Point de 2 bar



- 9. Para visualizar la gráfica pulsar en F3
- 10. Como resultado de la gráfica será de tal manera que va a comenzar a



RESULTADOS OBTENIDOS:

.....
.....
.....
.....

CONCLUSIONES:

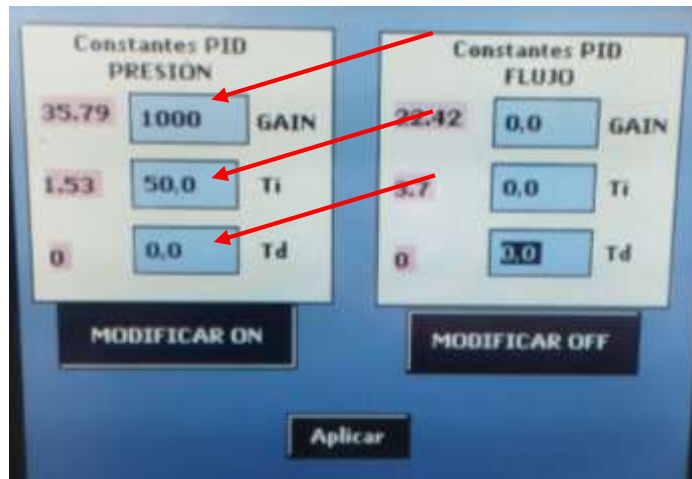
.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

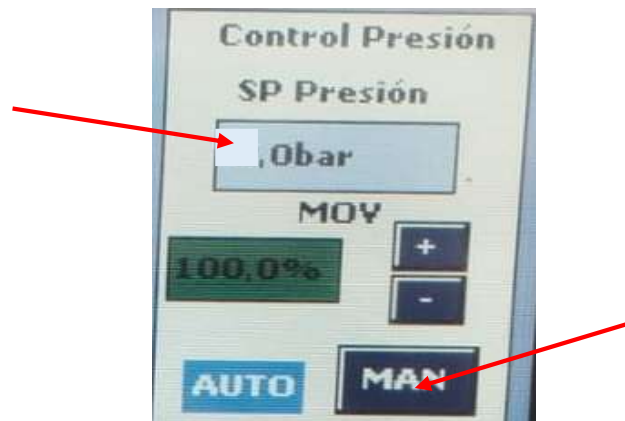
.....
.....
.....
.....

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	GUÍA DE PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO ``CAUDAL Y PRESIÓN``
--	--	---

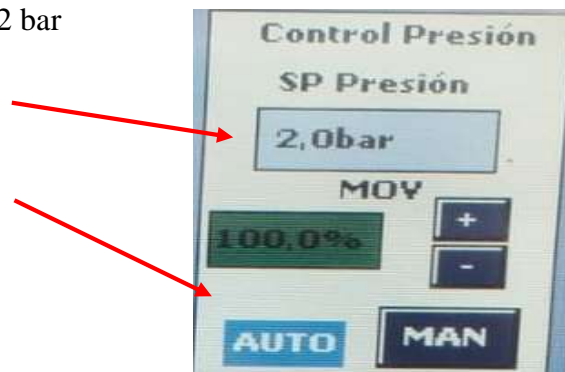
FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATURA	Instrumentación Industrial	PERIODO LECTIVO:	Abril Agosto	CICLO:	8
TUTOR:	M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán	PRÁCTICA	4	FECHA	08/08/2022
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA		Laboratorio de Electromecánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Módulo De Control De Dos Variables De Proceso ``Caudal Y Presión``				
INTRODUCCIÓN:					
Se pretende que con estas diferentes prácticas el estudiante logre mejorar sus conocimientos a través de los diferentes tipos de controles que se puede realizar en el módulo ya sea de forma manual y automática.					
OBJETIVOS:					
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la práctica del proceso de control ``P`` en la variable de presión • Verificar el correcto funcionamiento del control realizado en el módulo. • Evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes. 					
INSTRUCCIONES DE ENCENDIDO DEL MÓDULO:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Energizar el módulo de control de caudal y presión con la alimentación bifásica 220V de las tomas del laboratorio que permite energizar todo el tablero. 2. Verificar todos los breakers del tablero eléctrico BK1, BK2, BK3, BK4 estén subidos. 3. Verificar que este encendido la pantalla HMI y que el PLC no marque error que todas las señales estén en color verde. 4. Comprobar que el tanque este con suficiente agua para poner en marcha el módulo. 5. En la botonera pulsar el pulsador color verde que enclavara el contactor dando paso a que se energice el variador de frecuencia. 6. Verificar la luz de señal que se encuentra en la botonera para proceder a encender el módulo. 					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualizar los datos que son de ingresar en la pantalla HMI. 2. Pulsar en el botón F5 donde se pueden realizar distintas configuraciones 3. Ingresar los siguientes datos que indica la flecha roja y pulsar APLICAR 					



4. Una vez ingresados los valores en GAIN, Ti, Td
5. Pulsar F2 en la pantalla HMI
6. Pulsar en la parte de PRESIÓN e ingresar un valor de 0 y una vez agregado el valor pulsar en MAN en modo manual



7. Verificar en la pantalla HMI en F3 que llegue a un valor mínimo
8. Después de unos dos segundos pulsar en AUTO en modo automático e ingresar un Set Point de 2 bar



- 9. Para visualizar la gráfica pulsar en F3
- 10. Como resultado de la gráfica será de tal manera que va a comenzar a



RESULTADOS OBTENIDOS:

.....
.....
.....
.....

CONCLUSIONES:

.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	GUÍA DE PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO ``CAUDAL Y PRESIÓN``
--	---

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATURA	Instrumentación Industrial	PERIODO LECTIVO:	Abril Agosto	CICLO:	8
TUTOR:	M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán	PRACTICA	5	FECHA:	08/08/2022
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA	Laboratorio de Electromecánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná				

TEMA DE LA PRÁCTICA:	Módulo De Control De Dos Variables De Proceso ``Caudal Y Presión``
-----------------------------	--

INTRODUCCIÓN:

Se pretende que con estas diferentes prácticas el estudiante logre mejorar sus conocimientos a través de los diferentes tipos de controles que se puede realizar en el módulo ya sea de forma manual y automática.

OBJETIVOS:

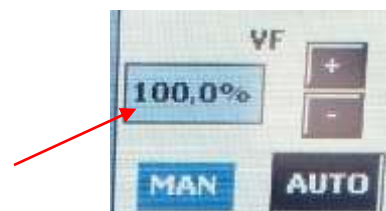
- Desarrollar la práctica del proceso de control ``PID`` en la variable de Presión
- Verificar el correcto funcionamiento del control realizado en el módulo.
- Evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes.

INSTRUCCIONES DE ENCENDIDO DEL MÓDULO:

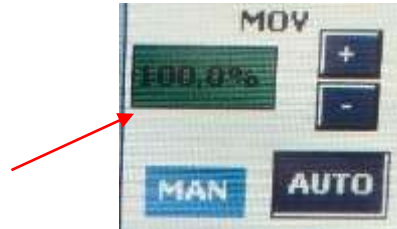
1. Energizar el módulo de control de caudal y presión con la alimentación bifásica 220V de las tomas del laboratorio que permite energizar todo el tablero.
2. Verificar todos los breakers del tablero eléctrico BK1, BK2, BK3, BK4 estén subidos.
3. Verificar que este encendido la pantalla HMI y que el PLC no marque error que todas las señales estén en color verde.
4. Comprobar que el tanque este con suficiente agua para poner en marcha el módulo.
5. En la botonera pulsar el pulsador color verde que enclavara el contactor dando paso a que se energice el variador de frecuencia.
6. Verificar la luz de señal que se encuentra en la botonera para proceder a encender el módulo.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

1. Pulsar F2 en la Pantalla HMI
2. En dentro de la pantalla se encuentra los controles de Flujo y Presión
3. Pulsar en la pantalla el botón Flujo
4. En la parte de control manual en VF dar un valor de 0 a 100% al variador de frecuencia.
5. Pulsar en la pantalla el botón Presión.



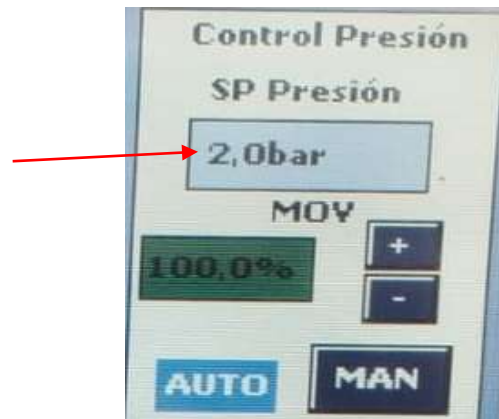
6. En la parte donde dice MOV que es la electroválvula que permite la apertura del flujo.
7. Agregar un valor de 0 a 100% en la MOV.



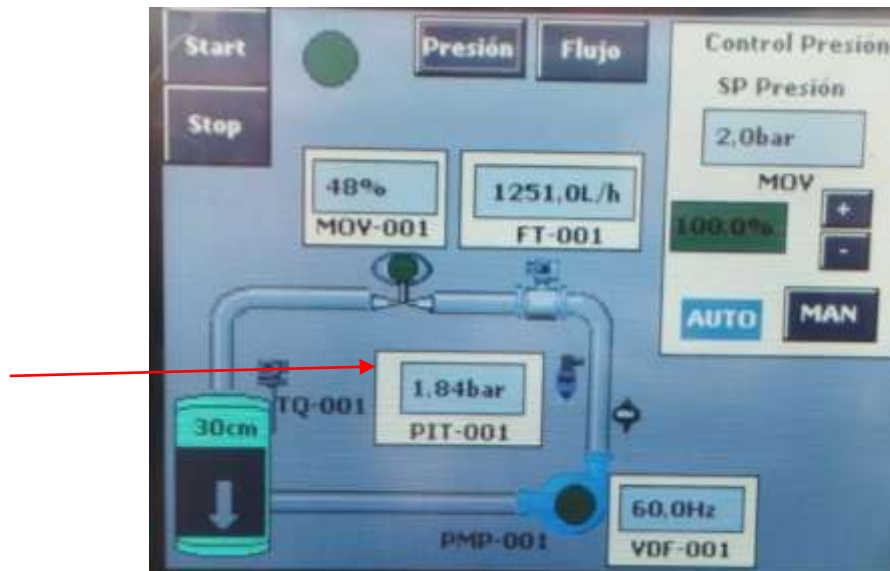
8. Presione el botón START y se comenzara a realizar el proceso.

Control PID

1. Para realizar un control PID
2. Pulsar en el botón Presión
3. En el control de Presión SP presión agregar un valor de presión de 2 bares



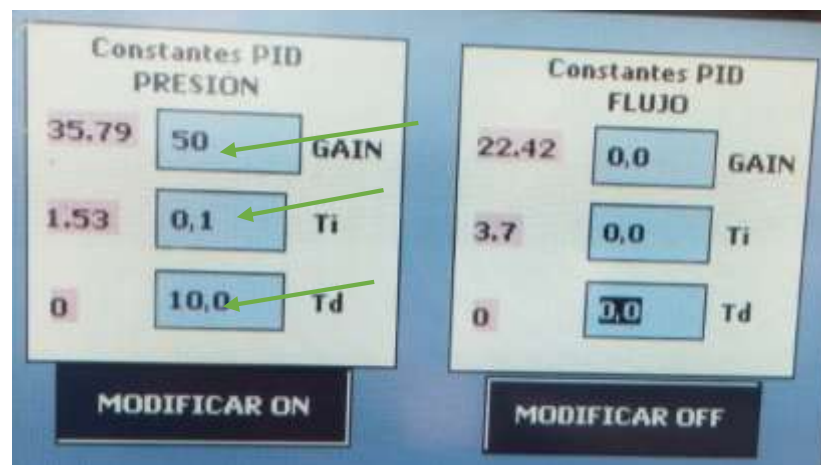
4. Pulsar en modo automático para que comience a realizarse el control según la variable que se puso a controlar.



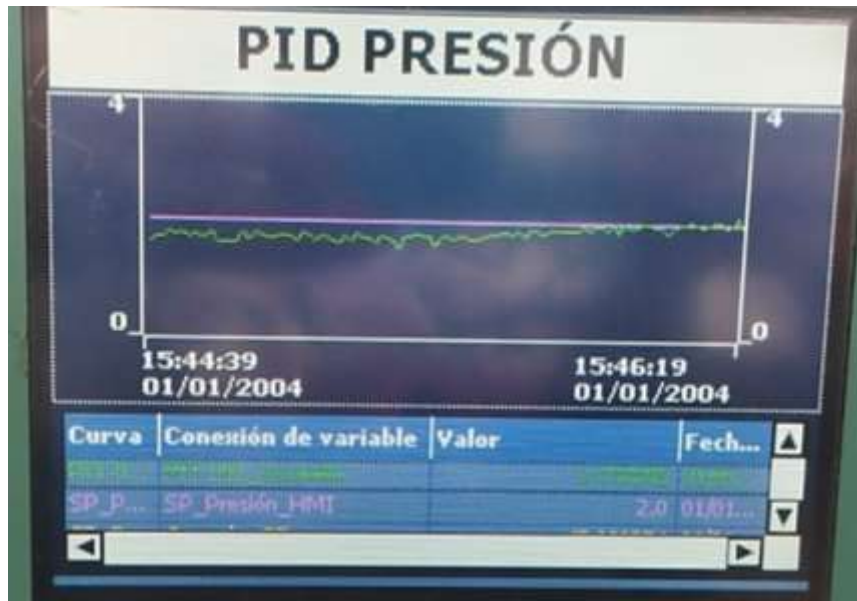
5. Como se puede ver esta comenzado a controlar la presión en 2 bares con una frecuencia de 60Hz y la MOV de 48% de la electroválvula



6. Pulsar en el botón F5 donde se pueden realizar distintas configuraciones y en la parte de roja que esta son lo que esta sintonizado a esos valores reales.
7. Para modificar pulsar en MODIFICAR OFF a que este en MODIFICAR ON como se puede apreciar en la flecha negra.
8. En las de color verde son donde se realizar las configuraciones en GAIN que es la ganancia proporcional T_i es el tiempo de integración y T_d es el tiempo derivativo. Donde se configurar con los valores indicados en la fecha verde y pulsar APLICAR para su funcionamiento según los valores modificados.



9. Pulsar el botón F3 de la pantalla HMI para Visualizar el diagrama de PID en presión según lo que se ha configurado



10. Como se puede ver en la Pantalla de PID en Presión a un cierto segundo comienza a controlar a 2 bares o según la variable de la presión a controlar.

RESULTADOS OBTENIDOS:

.....
.....
.....
.....

CONCLUSIONES:

.....
.....
.....
.....

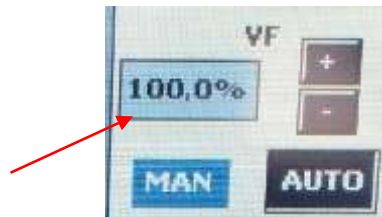
RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....

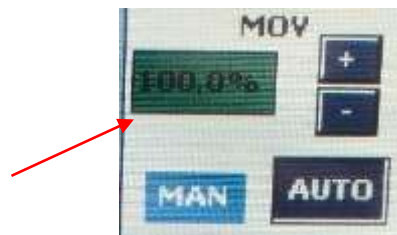
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	GUÍA DE PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO ``CAUDAL Y PRESIÓN``
--	---

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATURA	Instrumentación Industrial	PERIODO LECTIVO:	Abril Agosto	CICLO:	8
TUTOR:	M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán	PRACTICA	6	FECHA	08/08/2022
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA	Laboratorio de Electromecánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Módulo De Control De Dos Variables De Proceso ``Caudal Y Presión``				
INTRODUCCIÓN:					
Se pretende que con estas diferentes prácticas el estudiante logre mejorar sus conocimientos a través de los diferentes tipos de controles que se puede realizar en el módulo ya sea de forma manual y automática.					
OBJETIVOS:					
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la práctica del proceso de control ``PID`` en la variable de Presión con perturbaciones • Verificar el correcto funcionamiento del control realizado en el módulo. • Evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes. 					
INSTRUCCIONES DE ENCENDIDO DEL MÓDULO:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Energizar el módulo de control de caudal y presión con la alimentación bifásica 220V de las tomas del laboratorio que permite energizar todo el tablero. 2. Verificar todos los breakers del tablero eléctrico BK1, BK2, BK3, BK4 estén subidos. 3. Verificar que este encendido la pantalla HMI y que el PLC no marque error que todas las señales estén en color verde. 4. Comprobar que el tanque este con suficiente agua para poner en marcha el módulo. 5. En la botonera pulsar el pulsador color verde que enclavara el contactor dando paso a que se energice el variador de frecuencia. 6. Verificar la luz de señal que se encuentra en la botonera para proceder a encender el módulo. 					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pulsar F2 en la Pantalla HMI 2. En dentro de la pantalla se encuentra los controles de Flujo y Presión 3. Pulsar en la pantalla el botón Flujo 					

4. En la parte de control manual en VF dar un valor de 0 a 100% al variador de frecuencia.



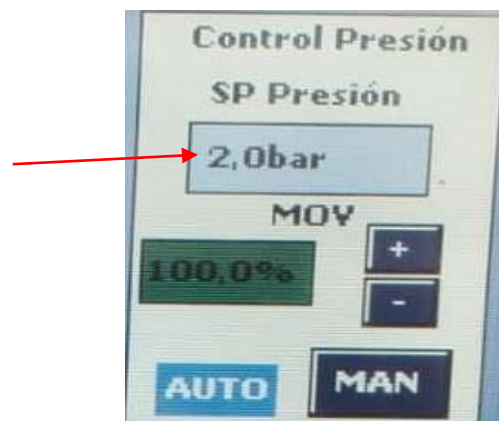
5. Pulsar en la pantalla el botón Presión.
6. En la parte donde dice MOV que es la electroválvula que permite la apertura del flujo.
7. Agregar un valor de 0 a 100% en la MOV.



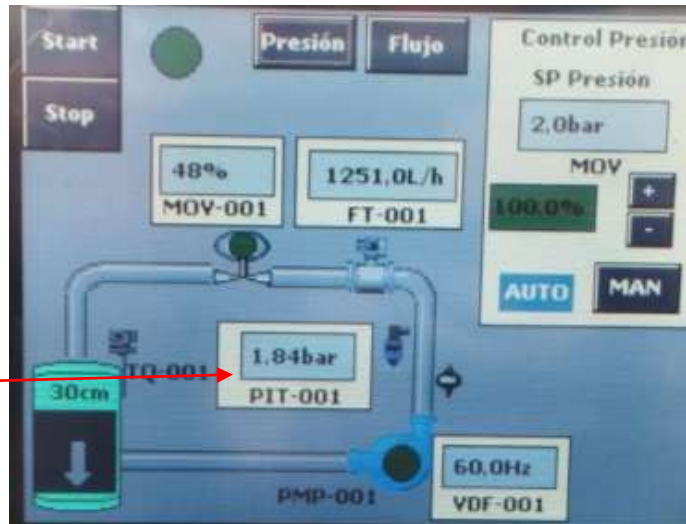
8. Presione el botón START y se comenzara a realizar el proceso.

Control PID

11. Para realizar un control PID
12. Pulsar en el botón Presión
13. En el control de Presión SP presión agregar un valor de presión de 2 bares



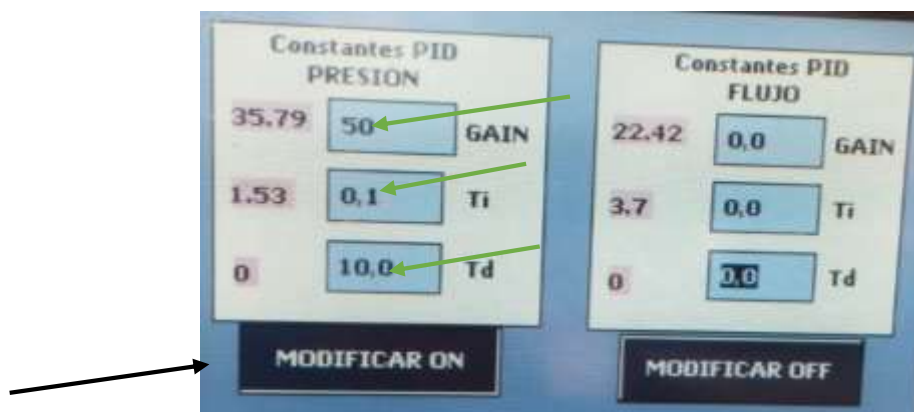
14. Pulsar en modo automático para que comience a realizarse el control según la variable que se puso a controlar.



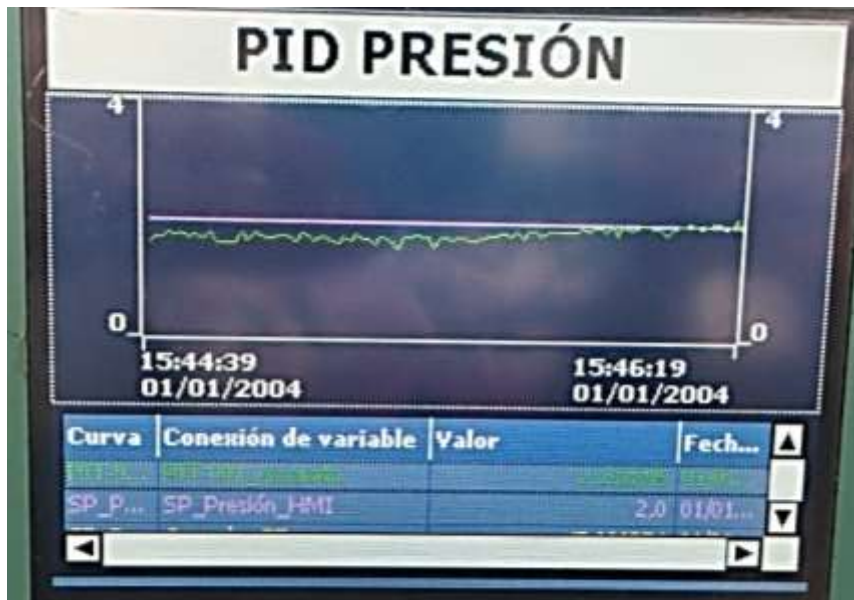
15. Como se puede ver esta comenzado a controlar la presión en 2 bares con una frecuencia de 60Hz y la MOV de 48% de la electroválvula



16. Pulsar en el botón F5 donde se pueden realizar distintas configuraciones y en la parte de roja que esta son lo que esta sintonizado a esos valores reales.
17. Para modificar pulsar en MODIFICAR OFF a que este en MODIFICAR ON como se puede apreciar en la flecha negra.
18. En las de color verde son donde se realizar las configuraciones en GAIN que es la ganancia proporcional T_i es el tiempo de integración y T_d es el tiempo derivativo. Donde se configurar con los valores indicados en la fecha verde y pulsar APLICAR para su funcionamiento según los valores modificados.



19. Pulsar el botón F3 de la pantalla HMI para Visualizar el diagrama de PID en presión según lo que se ha configurado



20. Como se puede ver en la Pantalla de PID en Presión a un cierto segundo comienza a controlar a 2 bares o según la variable de la presión a controlar.
21. Para realizar perturbaciones cerrar la válvula V4 a unos 45 grados



22. Se obtendrá la siguiente grafica

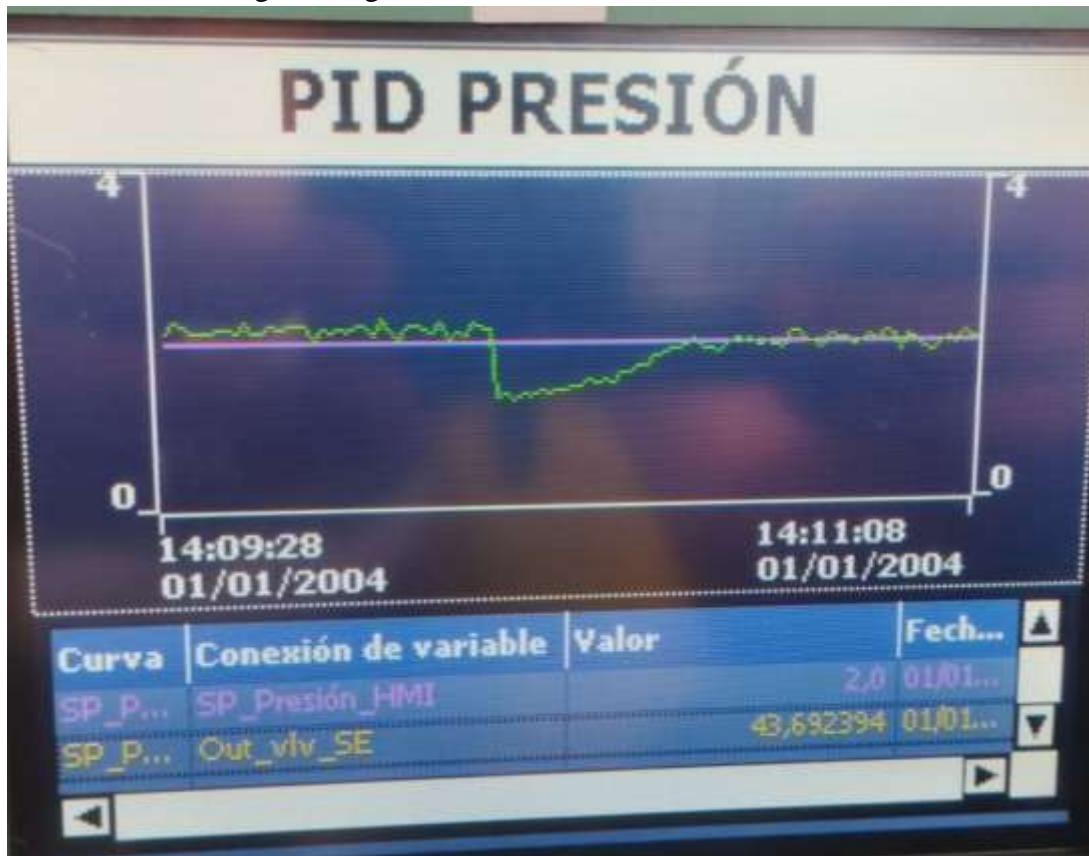


23. Se puede observar que se está estabilizando después de las perturbaciones se comienza a estabilizar

24. Una vez de eso para abrimos la válvula V4



25. Se obtendrá la siguiente grafica



26. Una vez abierto comienza nuevamente a estabilizarse al Set Point deseado



GUÍA DE PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO ``CAUDAL Y PRESIÓN``

RESULTADOS OBTENIDOS:

.....
.....
.....
.....

CONCLUSIONES:

.....
.....
.....
.....

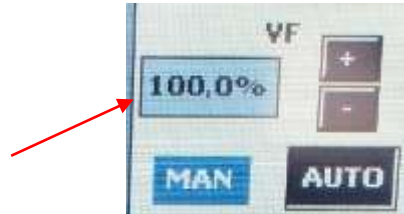
RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	GUÍA DE PRÁCTICAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO ``CAUDAL Y PRESIÓN``
--	---

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATURA	Instrumentación Industrial	PERIODO LECTIVO:	Abril Agosto	CICLO:	8
TUTOR:	M.Sc. Alex Darwin Paredes Anchatipán	PRACTICA	7	FECHA	08/08/2022
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA		Laboratorio de Electromecánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Módulo De Control De Dos Variables De Proceso ``Caudal Y Presión``				
INTRODUCCIÓN:					
Se pretende que con estas diferentes prácticas el estudiante logre mejorar sus conocimientos a través de los diferentes tipos de controles que se puede realizar en el módulo ya sea de forma manual y automática.					
OBJETIVOS:					
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la práctica del proceso de control ``On-Off`` en la variable de caudal • Verificar el correcto funcionamiento del control realizado en el módulo. • Evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes. 					
INSTRUCCIONES DE ENCENDIDO DEL MÓDULO:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Energizar el módulo de control de caudal y presión con la alimentación bifásica 220V de las tomas del laboratorio que permite energizar todo el tablero. 2. Verificar todos los breakers del tablero eléctrico BK1, BK2, BK3, BK4 estén subidos. 3. Verificar que este encendido la pantalla HMI y que el PLC no marque error que todas las señales estén en color verde. 4. Comprobar que el tanque este con suficiente agua para poner en marcha el módulo. 5. En la botonera pulsar el pulsador color verde que enclavara el contactor dando paso a que se energice el variador de frecuencia. 6. Verificar la luz de señal que se encuentra en loa botonera para proceder a encender el módulo. 					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pulsar F2 en la Pantalla HMI 2. En dentro de la pantalla se encuentra los controles de Flujo y Presión 3. Pulsar en la pantalla el botón Flujo 					

4. En la parte de control manual en VF dar un valor de 0 a 100% al variador de frecuencia.



5. Pulsar en la pantalla el botón Presión.
6. En la parte donde dice MOV que es la electroválvula que permite la apertura del flujo.
7. Agregar un valor de 0 a 100% en la MOV.



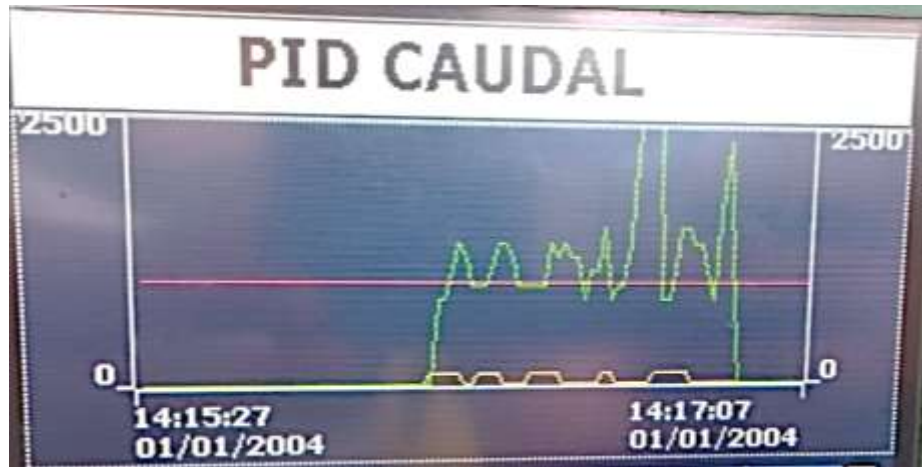
8. Presione el botón START y se comenzara a realizar el proceso.

Control On-Off

1. Para el control On- Off pulsar el botón flujo.
2. Verificar que el valor de VF este en el 100% o agregarle cualquier otro valor.
3. Para el Off pulsar en AUTO, donde la bomba se apagara.
4. Para el On pulsar MAN, donde comenzara a realizarse el proceso nuevamente.
5. Hacer sucesivamente lo mismo aplastar AUTO después de dos segundo pulsar MAN
6. Pulsamos en la pantalla HMI el botón F3 para ver la grafica



7. Como resultados obtendremos la grafica



RESULTADOS OBTENIDOS:

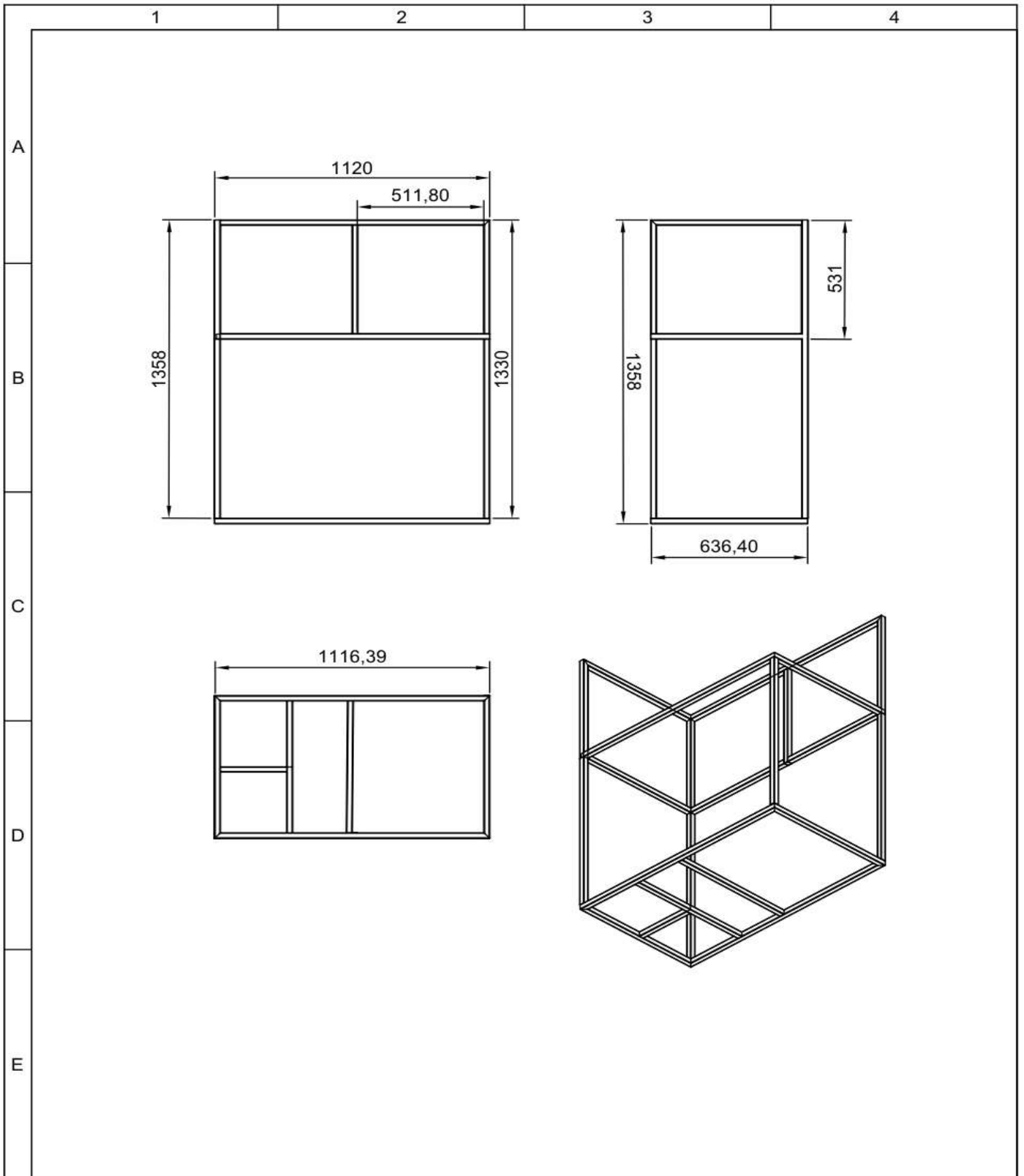
.....
.....
.....
.....

CONCLUSIONES:

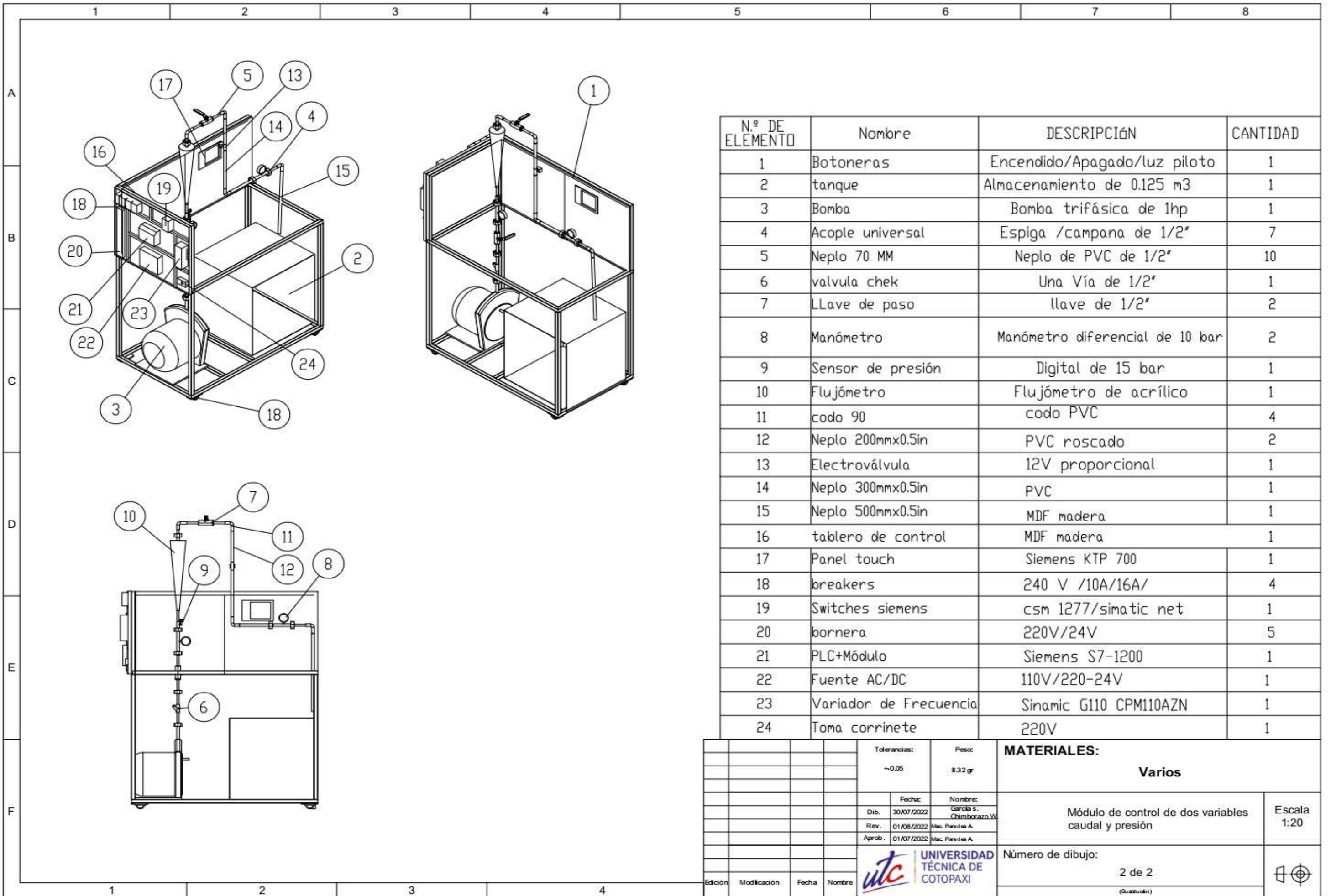
.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....



				Tolerancias: +0.05	Peso: 40 kg	MATERIALES: ASTM A36		
				Fecha: 30/07/2022	Nombre: García S. Chimborazo W	Estructura		
				Rev. 01/08/2022	Msc. Paredes A.			
				Aprob. 30/08/2022	Msc. Paredes A.			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			Número de dibujo: 1 de 2	Escala 1:20



N.º DE ELEMENTO	Nombre	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Botoneras	Encendido/Apagado/luz piloto	1
2	tanque	Almacenamiento de 0.125 m3	1
3	Bomba	Bomba trifásica de 1hp	1
4	Acople universal	Espiga /campana de 1/2"	7
5	Neplo 70 MM	Neplo de PVC de 1/2"	10
6	valvula chek	Una Vía de 1/2"	1
7	LLave de paso	llave de 1/2"	2
8	Manómetro	Manómetro diferencial de 10 bar	2
9	Sensor de presión	Digital de 15 bar	1
10	Flujómetro	Flujómetro de acrílico	1
11	codo 90	codo PVC	4
12	Neplo 200mmx0.5in	PVC roscado	2
13	Electroválvula	12V proporcional	1
14	Neplo 300mmx0.5in	PVC	1
15	Neplo 500mmx0.5in	MDF madera	1
16	tablero de control	MDF madera	1
17	Panel touch	Siemens KTP 700	1
18	breakers	240 V /10A/16A/	4
19	Switches siemens	csm 1277/simatic net	1
20	bornera	220V/24V	5
21	PLC+Módulo	Siemens S7-1200	1
22	Fuente AC/DC	110V/220-24V	1
23	Variador de Frecuencia	Sinamic G110 CPM110AZN	1
24	Toma corrinete	220V	1

Tolerancias:		Peso:		MATERIALES:
+0.05		8.32 gr		
Fecha:		Nombre:		Módulo de control de dos variables caudal y presión
Dib. 30/07/2022		García S. Chimborazo, W.		
Rev. 01/08/2022		Hac. Paretes A.		
Aprob. 01/07/2022		Hac. Paretes A.		
Edición: Modificación: Fecha: Nombre:				Número de dibujo:
				2 de 2
				(Sustitución)



Escala 1:20

Anexo 5. Datos del tutor del proyecto**CURRICULUM VITAE****DATOS PERSONALES****APELLIDOS:** PAREDES ANCHATIPÁN**NOMBRES:** ALEX DARWIN**ESTADO CIVIL:** SOLTERO**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 0503614935**NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 0**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** LATACUNGA, 21 DE MARZO DE 1991**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** PUJILÍ, LUIS ANTONIO RIVADENEIRA Y JUAN SALINAS**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 032 723 485**TELÉFONO CELULAR:** 0987259422**EMAIL INSTITUCIONAL:** alex.paredes4935@utc.edu.ec**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

NIVEL	TITULO OBTENIDO	AÑO DE REGISTRO	INSTITUCIÓN
TERCER	Ingeniero en Electrónica e Instrumentación	2015	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Extensión Latacunga
CUARTO	Máster Universitario en Automática y Robótica	2018	Universidad de Alicante - España

HISTORIAL PROFESIONAL

PERIODO	OCUPACIÓN	CENTRO	DEPARTAMENTO	LUGAR
2021-Actual	Docente	Universidad Técnica de Cotopaxi	Electromecánica	La Maná
2021	Supervisor de Calidad	Dimenzur Cia. Ltda.	Eléctrica Instrumentación ^e	Tapir A – Bloque 17
2020-2021	Supervisor de Calidad	Dimenzur Cia. Ltda.	Eléctrica Instrumentación ^e	Cuyabeno – Bloque 58
2019-2020	Docente	Universidad Técnica de Cotopaxi	Electromecánica	La Maná
2019	Docente	Escuela de Formación de Soldados del Ejército ESFORSE	Herramientas Ofimáticas	Ambato
2019	Docente	Escuela de Formación de Soldados del Ejército ESFORSE	Fundamentos Matemáticos	Ambato
2016	Técnico Especialista	Constructora Norberto Odebrecht	Eléctrica Instrumentación ^e	Pascuales - Cuenca
2015	Técnico	Tecnus	Mantenimiento Técnico Instrumental	Quito
2014	Docente	Unidad Educativa Sagrado Corazón de Jesús	Matemática – Informática Aplicada	Latacunga


Fuente: Alex Paredes (2022)

UNIDAD ADMINISTRATIVA O ACADÉMICA EN LA QUE LABORA: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas


ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA: Ingeniería, industria y construcción

FECHA DE INGRESO A LA UTC: Noviembre 2021

Anexo 6. Datos del estudiante Steven García

CURRICULUM VITAE	
INFORMACIÓN	
<p>Nombres y Apellidos: Steven Johan García Paredes</p> <p>Cédula de Identidad: 0504517053</p> <p>Lugar y fecha de nacimiento: La Maná, 10 de septiembre del 2000</p> <p>Domicilio: Recinto San Pablo De la Cruz</p> <p>Dirección: El Carmen - Recinto San Pablo De la Cruz</p> <p>Celular: 0967331998</p> <p>Correo electrónico: steven.garcia7053@utc.edu.ec</p>	
ESTUDIOS	
<p>Primaria: Unidad Educativa Narciso Cerda Maldonado</p> <p>Secundaria: Unidad Educativa Narciso Cerda Maldonado</p> <p>Tercer Nivel: Universidad Técnica de Cotopaxi “Carrera Ingeniería Electromecánica”</p>	
TÍTULOS	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bachiller General Unificado ➤ Conductor Profesional Tipo “C” 	
IDIOMAS	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Español ➤ Suficiencia en el Idioma Inglés B1 	
CURSOS DE CAPACITACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Curso en prevención en riesgos laborables ➤ Curso de Auxiliar en Domótica - UTC La Maná ➤ Centro de Formación Artesanal “Centro Técnico Quevedo” 	

Anexo 7. Datos del estudiante Widinson Chimborazo

CURRICULUM VITAE	
INFORMACIÓN	
<p>Nombres y Apellidos: Widinson Alexander Chimborazo Aguaisa</p> <p>Cédula de Identidad: 0504702754</p> <p>Lugar y fecha de nacimiento: Moraspungo, 20 de abril 2001</p> <p>Domicilio: La playita</p> <p>Dirección: Calle Amazonas vía a Quevedo</p> <p>Celular: 0988517669</p> <p>Correo electrónico: widinsonchimbo2754@gmail.com</p>	
ESTUDIOS	
<p>Primaria: Escuela Gabriela Mixtral</p> <p>Secundaria: Colegio Técnico Moraspungo</p> <p>Tercer Nivel: Universidad Técnica de Cotopaxi “Carrera Ingeniería Electromecánica”</p>	
TÍTULOS	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bachiller Contabilidad y Administración ➤ Conductor Profesional Tipo “E” 	
IDIOMAS	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Español ➤ Suficiencia en el Idioma Inglés B1 	
CURSOS DE CAPACITACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Curso en prevención en riesgos laborales ➤ Curso de Auxiliar en Domótica - UTC La Maná ➤ Centro de Formación Artesanal “Centro Técnico Quevedo” 	

Fuente: Chimborazo W. (2022).

Anexo 8. Aval de traducción**CENTRO
DE IDIOMAS****AVAL DE TRADUCCIÓN**

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

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE DOS VARIABLES DE PROCESO (CAUDAL Y PRESIÓN), PARA EL ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL”** presentado por: **Chimborazo Aguaisa Widinson Alexander, García Paredes Steven Johan**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

La Maná, Agosto del 2022

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fernando Toaquiza', written over a horizontal line.

Mg. Fernando Toaquiza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.I: 0502229677

Anexo 9. Certificación de Antiplagio



Document Information

Analyzed document	WORD-CHIMBORAZO-GARCIA.pdf (D143264349)
Submitted	2022-08-25 20:30:00
Submitted by	
Submitter email	yoandrys.morales@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	yoandrys.morales.utc@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4451/1/PI-000595.pdf Fetched: 2021-10-30 16:05:49		8
W	URL: http://cursoinstrumentacionycontrol.blogspot.com/2016/10/lazo-de-control.html Fetched: 2022-08-25 20:30:00		1
W	URL: https://www.solerpalau.com/es-es/blog/formula-caudal/ Fetched: 2022-08-25 20:30:00		1
SA	TRABAJO DE TITULACION-FINAL Villa.docx Document TRABAJO DE TITULACION-FINAL Villa.docx (D40708812)		2
W	URL: https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador Fetched: 2022-08-25 20:30:00		2
W	URL: https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html Fetched: 2022-08-25 20:30:00		2
W	URL: https://www.mundohvacr.com.mx/2011/08/sistemas-de-automatizacion-estrategias-de-control/ Fetched: 2022-08-25 20:30:00		1
W	URL: https://www.picuino.com/es/control-pid.html Fetched: 2022-08-25 20:30:00		3
W	URL: https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/ Fetched: 2022-08-25 20:30:00		2
SA	Memoria.pdf Document Memoria.pdf (D109035300)		2