



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS SISTEMAS VELOCIDAD Y CAUDAL PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”

DIEGO LEONARDO JIMÉNEZ JIMÉNEZ
JOSÉ ANDRÉS PÉREZ PINTADO



Objetivo General:

Diseñar e implementar un módulo didáctico para el monitoreo y control automático de los sistemas velocidad y caudal para el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Extensión Latacunga

Objetivos Específicos:

- Diseñar el lazo de control para el módulo didáctico especificando sus componentes a través de Diagramas P&ID's.
- Diseñar el diagrama del panel frontal del módulo didáctico para los procesos velocidad y caudal.
- Ubicar los equipos e instrumentos que intervienen en cada proceso dentro de la estructura del módulo didáctico.
- Implementar el módulo didáctico y efectuar las conexiones necesarias mediante los diagramas P&ID de los procesos.

Objetivos Específicos:

- Programar los distintos modos de control en el PLC SIEMENS S7-1200 con la ayuda del software TIA PORTAL para los procesos velocidad y caudal.
- Diseñar el HMI en el software TIA PORTAL que se mostrará en la Touch Panel KTP600 Color Basic PN para el monitoreo y asignación de parámetros del módulo didáctico.
- Realizar las pruebas necesarias para comprobar el funcionamiento de cada proceso del módulo didáctico.
- Determinar las constantes adecuadas para los distintos modos de control de cada proceso.
- Analizar los resultados obtenidos en cada proceso y establecer conclusiones.

Descripción del proyecto

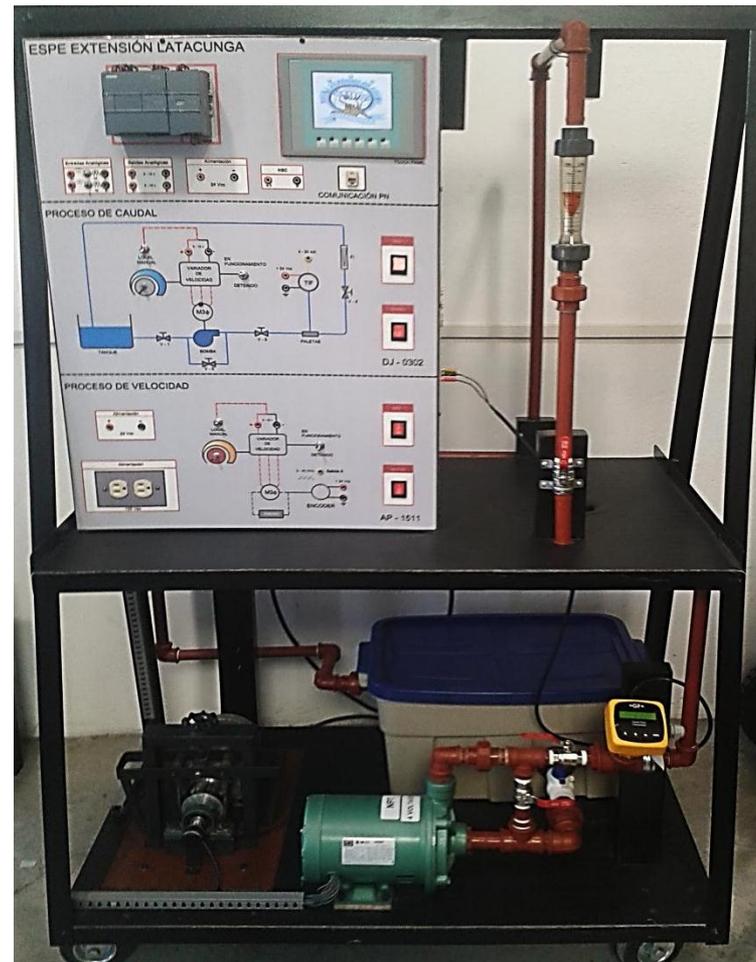
El módulo didáctico consta de dos sistemas:

- **SISTEMA DE CAUDAL:** controla el flujo de agua que circula desde y hacia el tanque de almacenamiento por medio de un PLC el cual toma la señal de un transmisor de paletas, éste autómata procesa la información de acuerdo a un modo de control, para luego enviar una señal eléctrica hacia un variador de frecuencia, el mismo que variará la velocidad de la bomba centrífuga de forma proporcional, cambiando el flujo de agua que circula por la tubería, el cual es observado mediante un rotámetro y de esta manera establece el control requerido.

Descripción del proyecto

- SISTEMA DE VELOCIDAD: controla las revoluciones por minuto o RPM que genera un motor eléctrico trifásico por medio de un PLC el cual toma la salida en frecuencia de un encoder incremental, éste autómata con la ayuda de los contadores rápidos procesa la información de acuerdo a un modo de control, para luego enviar una señal eléctrica hacia un variador de frecuencia, el mismo que variará proporcionalmente la velocidad del motor cambiando las RPM y de esta manera realiza el control requerido.

Módulo Didáctico de los procesos velocidad y caudal



Componentes del Módulo Didáctico

Proceso de Caudal:

- **Tanque de 40 litros:** recipiente en el cual se almacena el agua, representa el punto de partida y de llegada del sistema.



- **Tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada PVC:** canal o conducto por donde circula el agua del proceso.



- **Bomba trifásica de 1HP:** bomba centrífuga que funciona mediante un motor trifásico que permite succionar e impulsar el agua, para que circule por la tubería del sistema.



- **Variador de frecuencia MICROMASTER 440:** dispositivo encargado de variar la velocidad del motor trifásico de la bomba centrífuga, mediante la variación de frecuencia suministrada al motor variando así el flujo de agua que circula por la tubería del proceso.



- **Panel básico de operador BOP:** permite modificar el valor de los parámetros de la bomba a controlar, con el fin de que el variador de frecuencia funcione correctamente.



- **Válvulas de tipo bola:** mecanismo con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos mediante una pieza móvil que en su interior tiene forma de esfera perforada la cual abre, cierra u obstruye en forma parcial o total orificios o conductos.



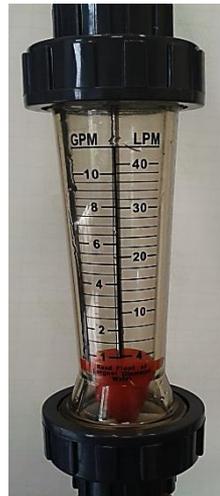
- **Sensor de flujo de rueda de paletas:** ubicado en contacto con la variable controlada y conectado de forma compacta al transmisor de flujo.



- **Transmisor de flujo:** instrumento que convierte la señal de frecuencia senoidal dada por el sensor de flujo en una señal estándar de 4 a 20 mA para una transmisión a larga distancia.



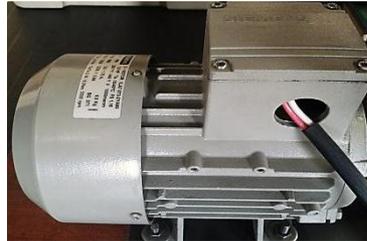
- **Rotámetro:** indicador de flujo industrial usado para la medición de líquidos, consiste de un flotador que se mueve dentro de un tubo vertical cónico, el fluido entra por la parte inferior del tubo y hace que el flotador suba hasta equilibrar su peso, el tubo lleva grabado una escala lineal que indica el caudal en GPM o LPM, que circula por la tubería del proceso.



Componentes del Módulo Didáctico

Proceso de Velocidad:

- **Motor asíncrono trifásico de 1HP:** motor de tipo jaula de ardilla, transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos, es la base del proceso de velocidad.



- **Guardamotor de 2.5-4 A:** interruptor de cierre automático diseñado para la protección contra la destrucción de motores por fallo del arranque, sobrecargas y cortocircuitos.



- **Variador de frecuencia MICROMASTER 440:** dispositivo encargado de variar la velocidad del motor asíncrono trifásico, mediante la variación de frecuencia suministrada al motor variando así las revoluciones por minuto (RPM) del proceso.



- **Panel básico de operador BOP:** permite modificar el valor de los parámetros del motor a controlar, con el fin de que el variador de frecuencia funcione correctamente.



- **Sistema de frenado:** Estructura metálica que permite el ajuste de la banda sobre la rueda adosada al eje del motor de manera que provee una forma sencilla de aplicar una carga al mismo.



- **Encoder incremental:** sensor que genera señales digitales en respuesta al movimiento del eje del motor asíncrono trifásico.



Componentes del Módulo Didáctico

Dispositivos compartidos entre Procesos:

- **PLC S7-1200 CPU-1212C AC/DC/RLY:** controlador lógico programable marca SIEMENS, encargado de realizar las funciones de control independiente de cada proceso, en lazo cerrado y gestionar las comunicaciones con la TOUCH PANEL.



- **Módulo de expansión SM-1232:** dispositivo de salidas analógicas, que permite interactuar al autómeta con los instrumentos de campo, integrado de dos salidas analógicas de voltaje de +/-10V o corriente de 0 – 20 mA.



- **Touch Panel KTP600 Basic Color PN:** instrumento que permite realizar una interfaz humano máquina a través del cual el usuario podrá visualizar y configurar el funcionamiento de los dos procesos entregando al operador valores de set point, parámetros de sintonización, curvas de proceso e históricos.



- **Fuente LOGO Power de 24 Vdc:** fuente de alimentación de corriente continua de 24 voltios, como la mayoría de los equipos e instrumentos están diseñados para funcionar con una tensión de 24 Vdc, se la utiliza en ambos procesos para alimentar la TOUCH PANEL, el transmisor de flujo, el encoder incremental y los interruptores.



Lazo de Control de los Procesos Caudal y Velocidad

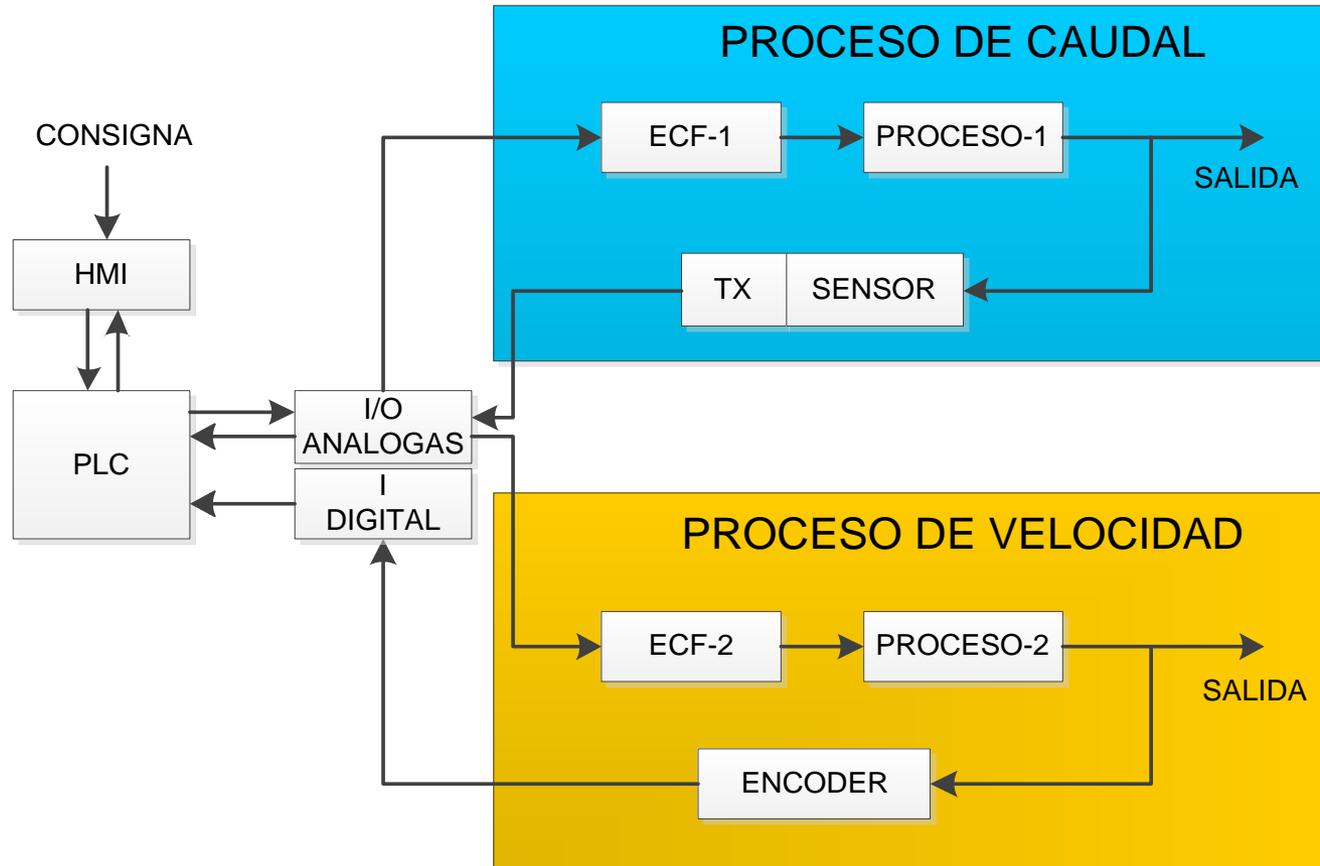


Diagrama P&ID PROCESO DE CAUDAL

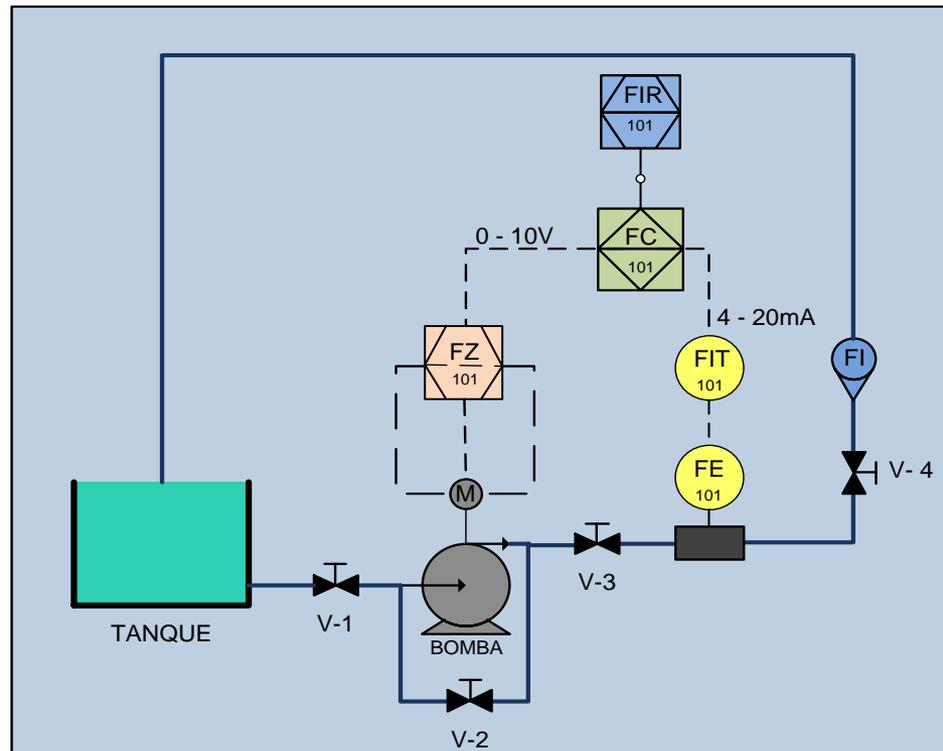
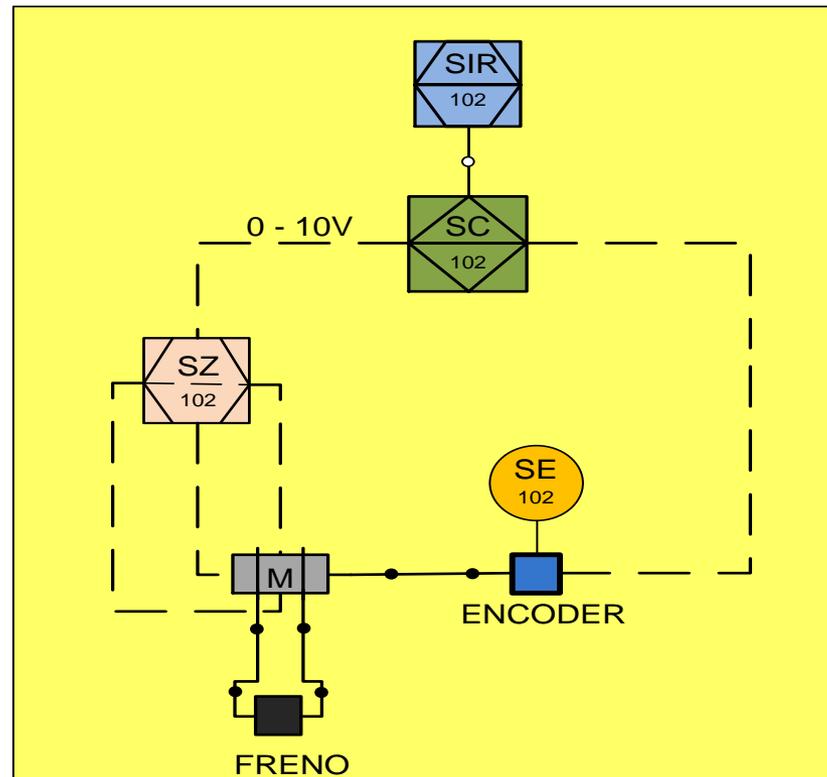
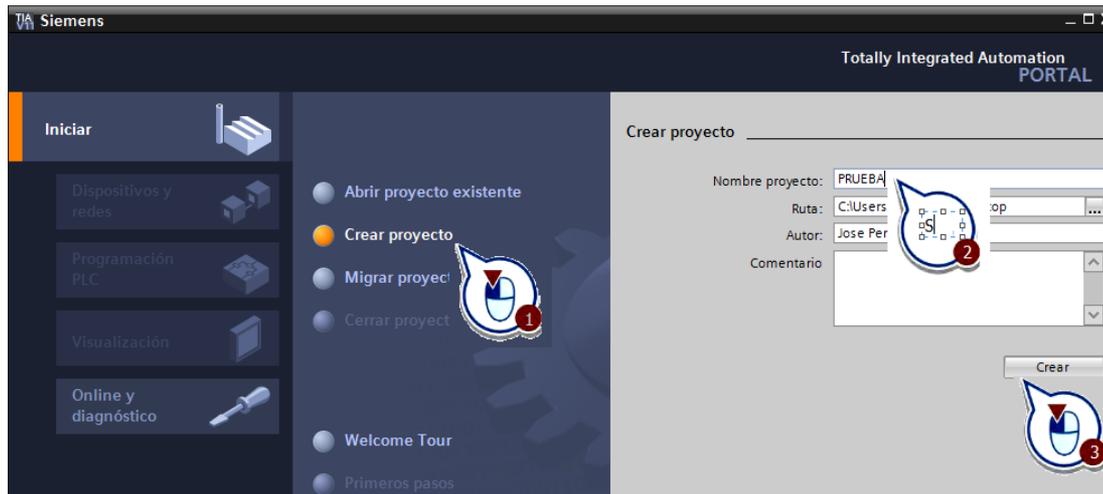


Diagrama P&ID PROCESO DE VELOCIDAD



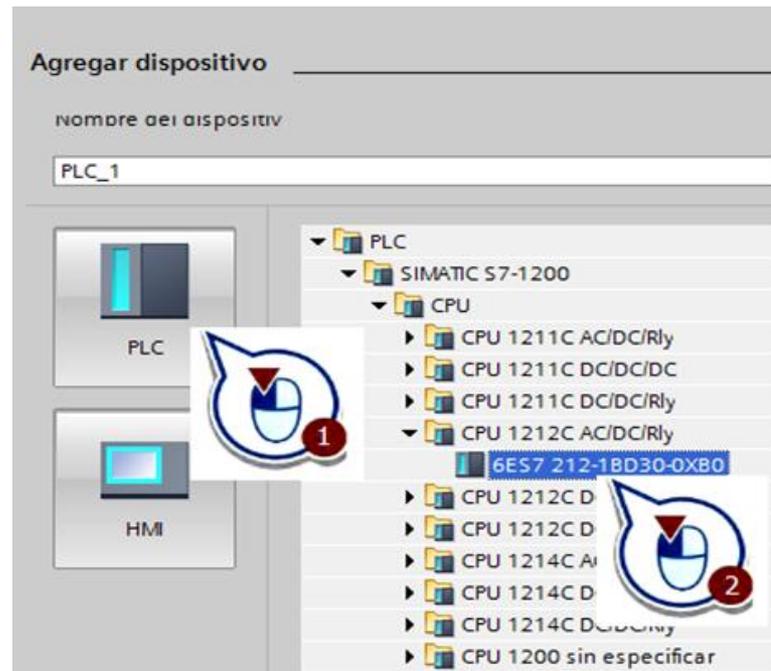
Configuración y Programación del PLC

Crear un nuevo proyecto en el TIA Portal.



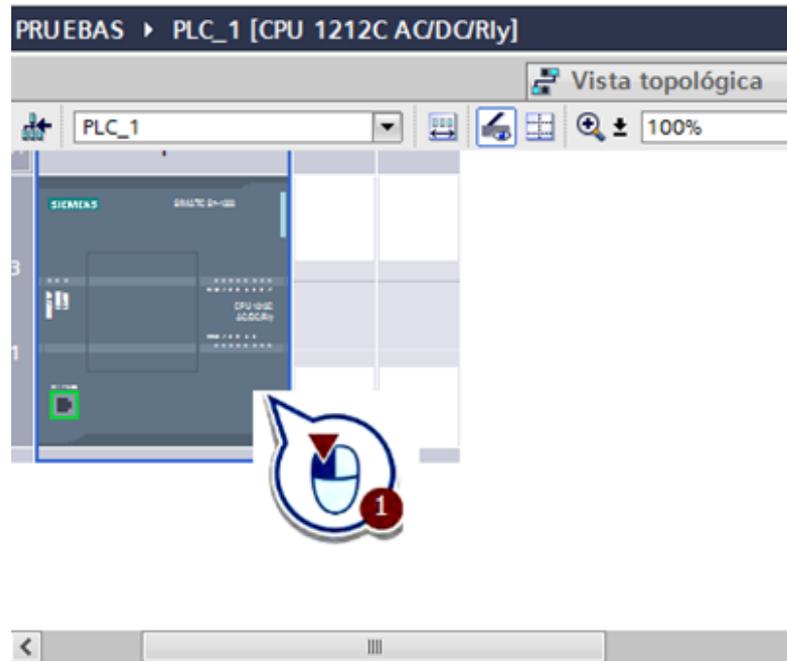
Configuración y Programación del PLC

Insertar un dispositivo nuevo desde el portal.



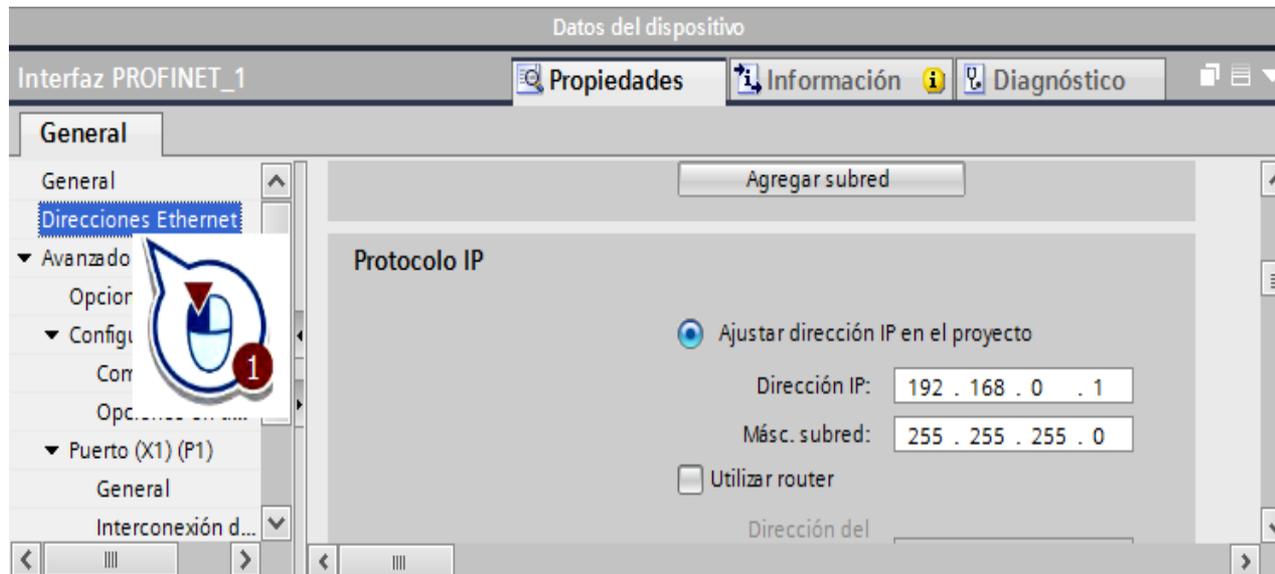
Configuración y Programación del PLC

Se ha creado un controlador nuevo en el proyecto .



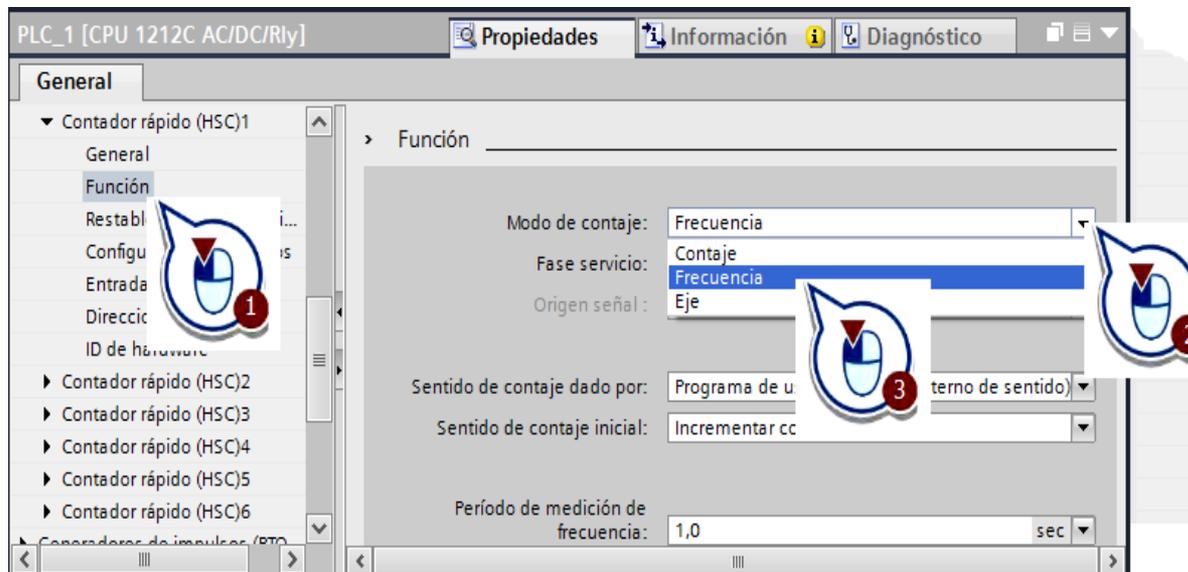
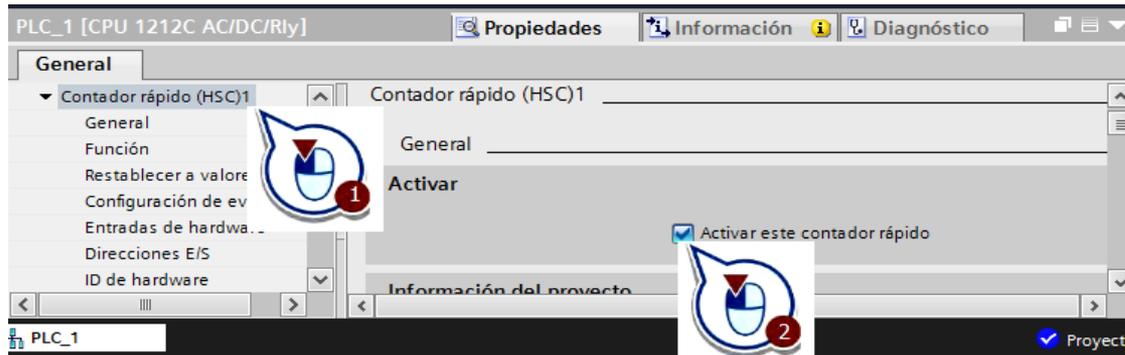
Configuración y Programación del PLC

Seleccionar la interfaz PROFINET.



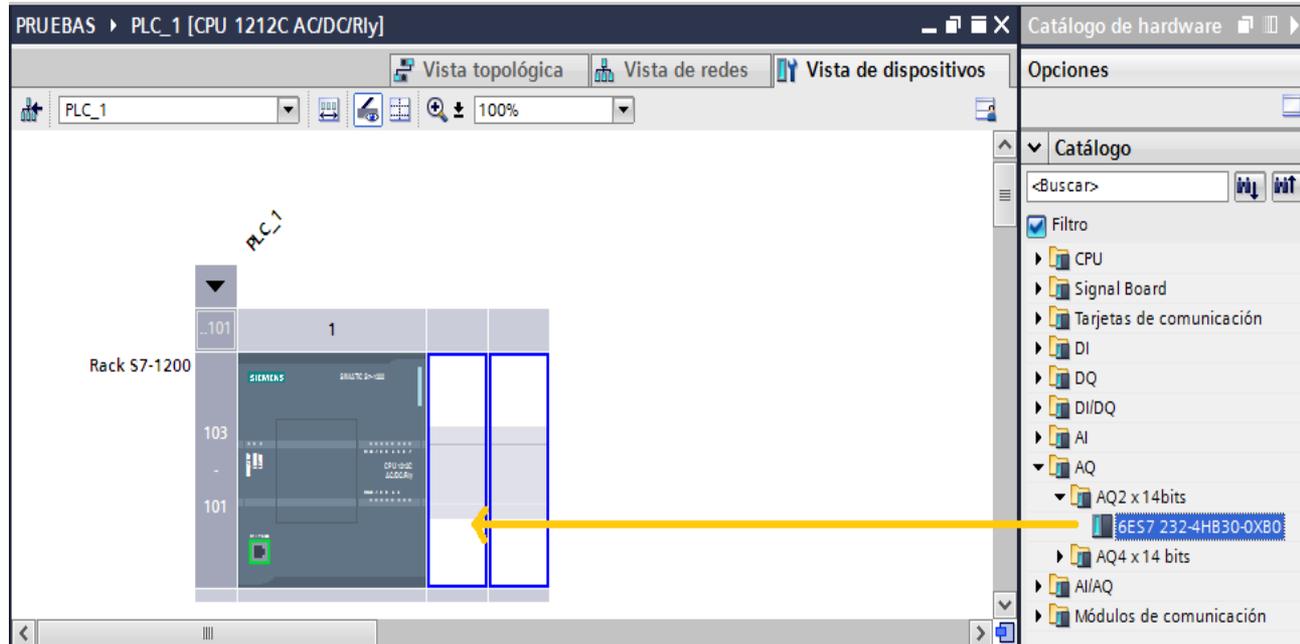
Configuración y Programación del PLC

Activar y configurar el contador rápido (HSC)1.



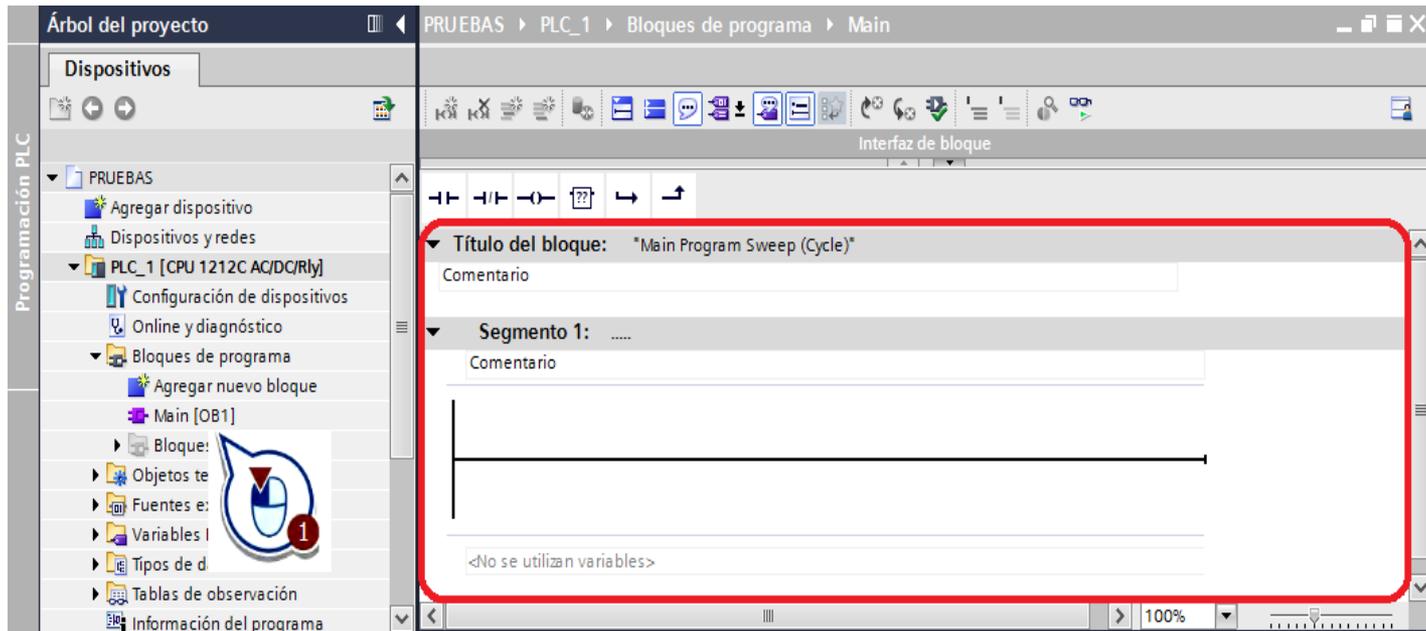
Configuración y Programación del PLC

Añadir módulo de salidas analógicas.



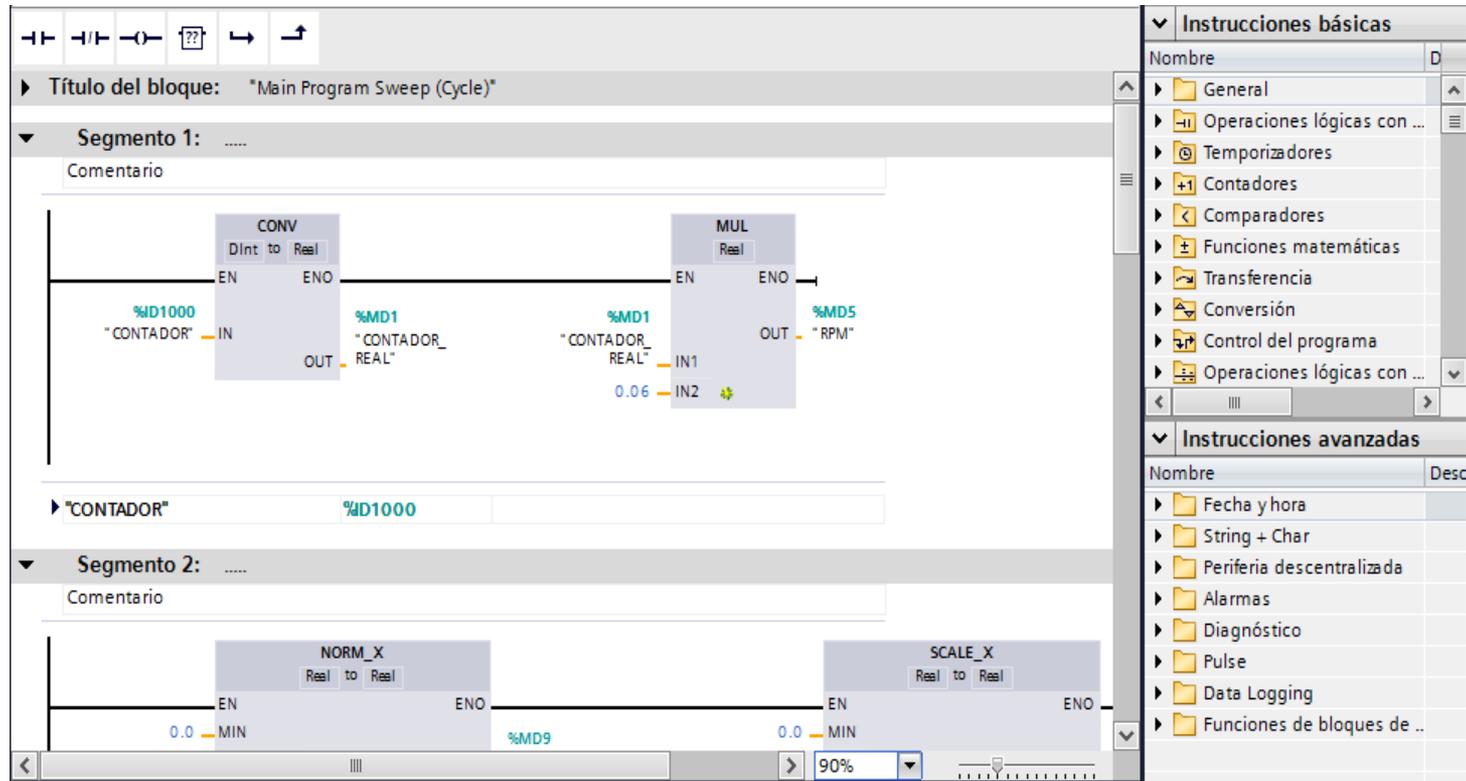
Configuración y Programación del PLC

Abra el bloque de organización "Main [OB1]".



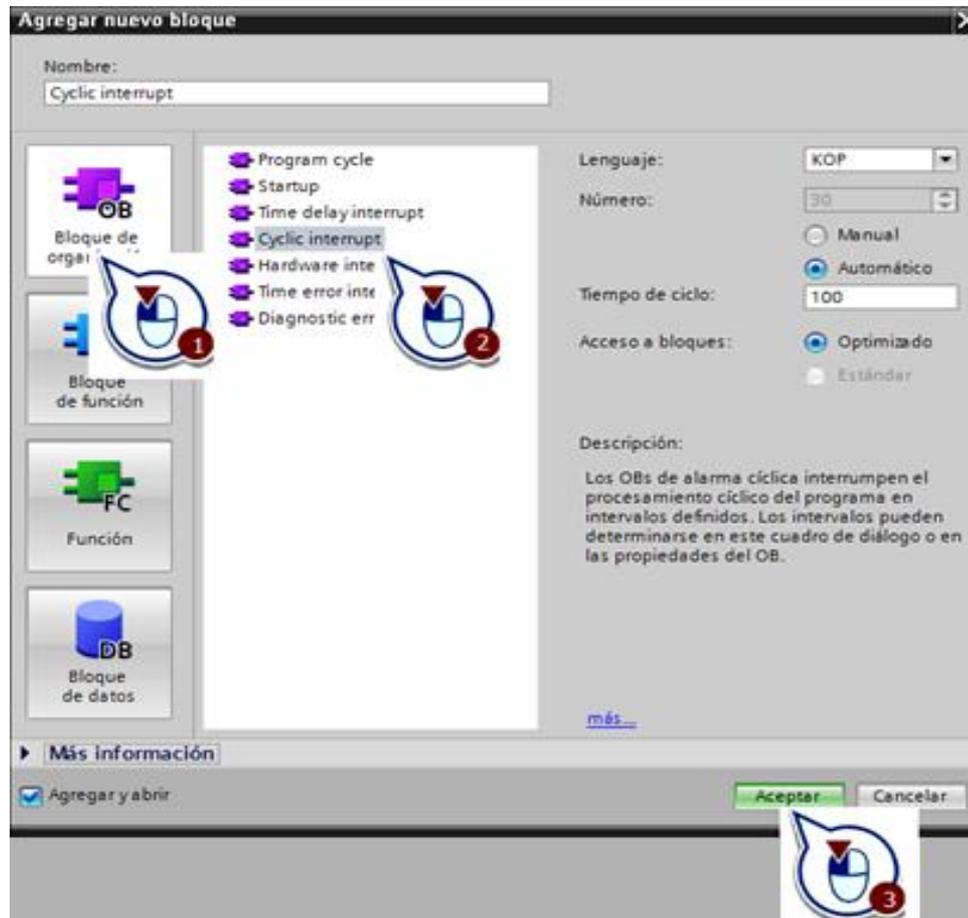
Configuración y Programación del PLC

Realizar la programación necesaria para cada lazo de control.



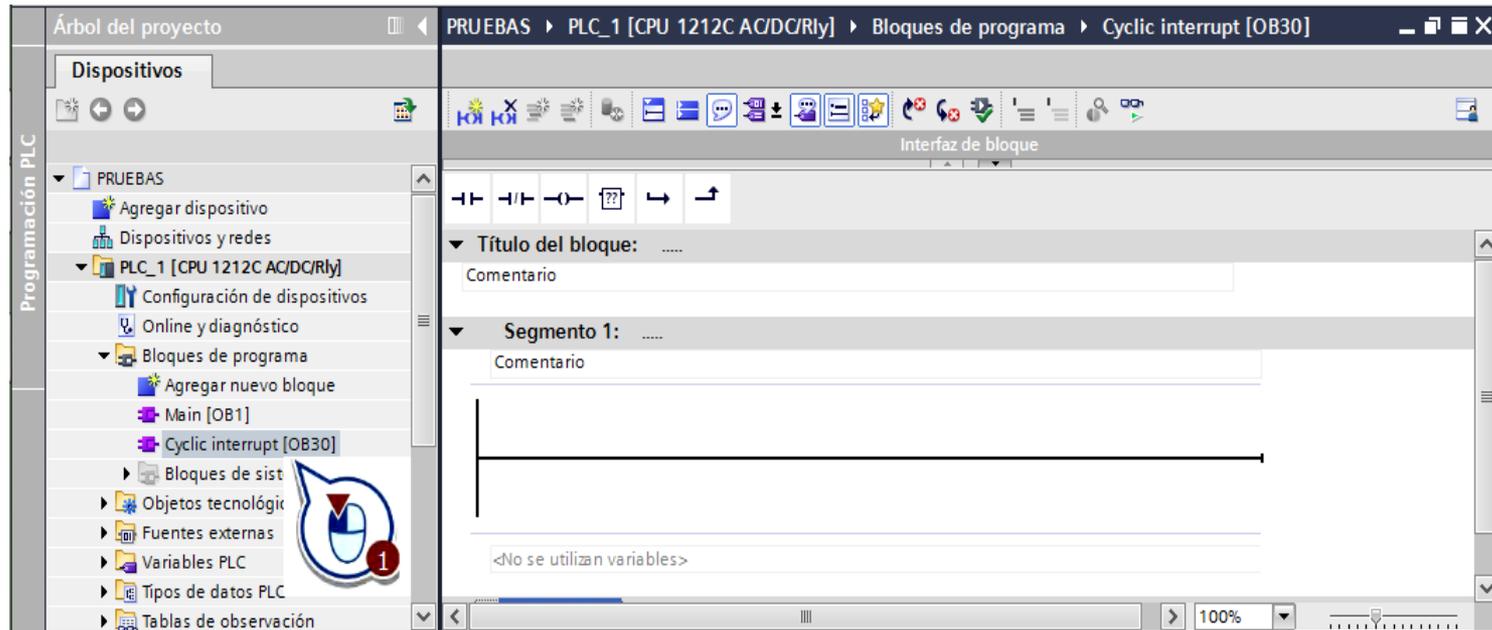
Configuración y Programación del PLC

Crear un objeto tecnológico (OB) de alarma cíclica.



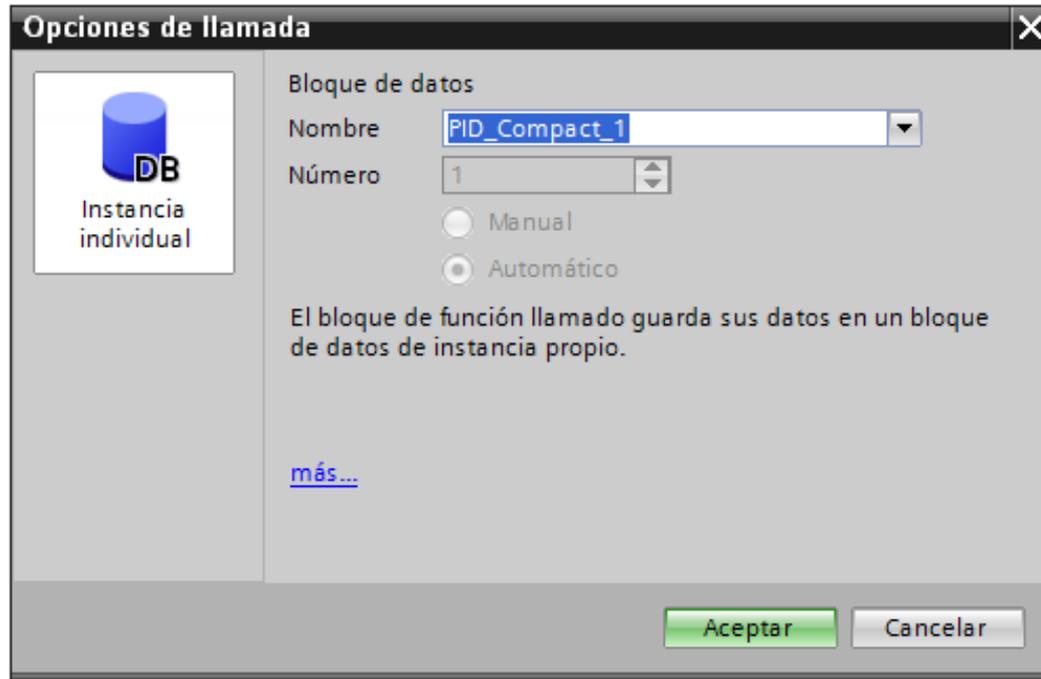
Configuración y Programación del PLC

Abrir el objeto tecnológico (OB) de alarma cíclica.



Configuración y Programación del PLC

Agregar el objeto tecnológico "PID_Compact".



Configuración y Programación del PLC

Configurar el objeto tecnológico "PID_Compact".

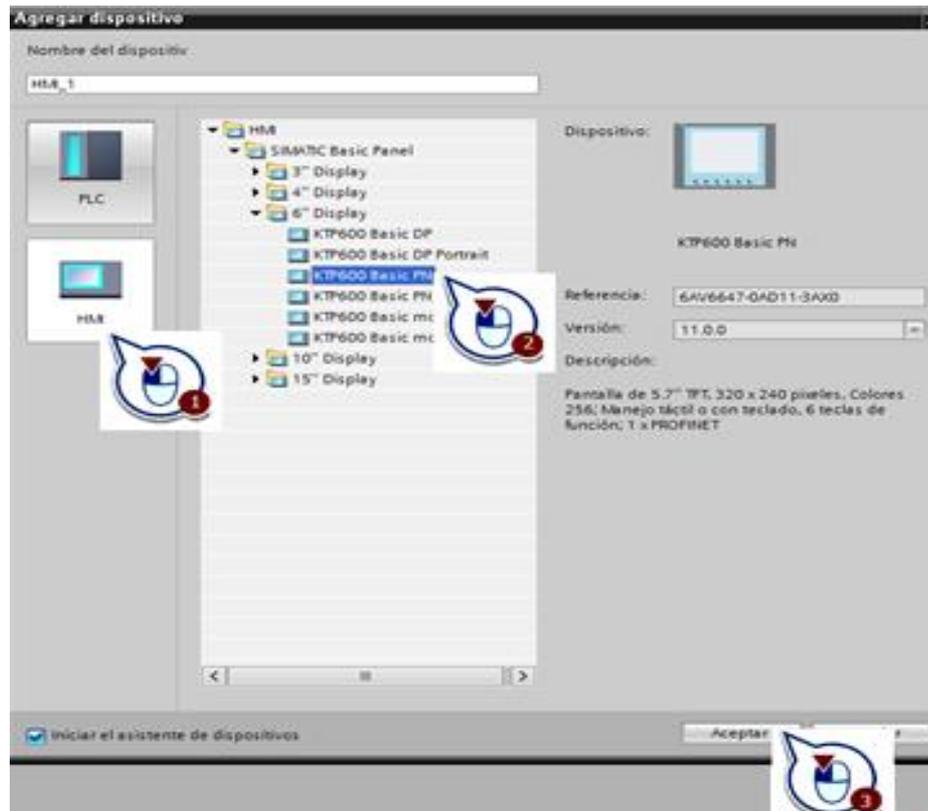
The screenshot displays the SIMATIC Manager interface for a PLC program. The title bar indicates the project path: PRUEBAS > PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] > Bloques de programa > Cyclic interrupt [OB30]. The main workspace shows a ladder logic network for Segment 1. A data block %DB1 is defined for the PID_Compact object, with the name "PID_Compact_1". The block's inputs and outputs are configured as follows:

Input	Value	Output	Value
EN		ENO	
Setpoint	0.0	Output	...
Input	0.0	Output_PER	...
Input_PER	W#16#0	Output_PWM	...
		State	...
		Error	...

The ENO output is connected to the EN input of the next network element. The Setpoint, Input, and Input_PER inputs are also connected to their respective outputs. The State and Error outputs are shown but not connected.

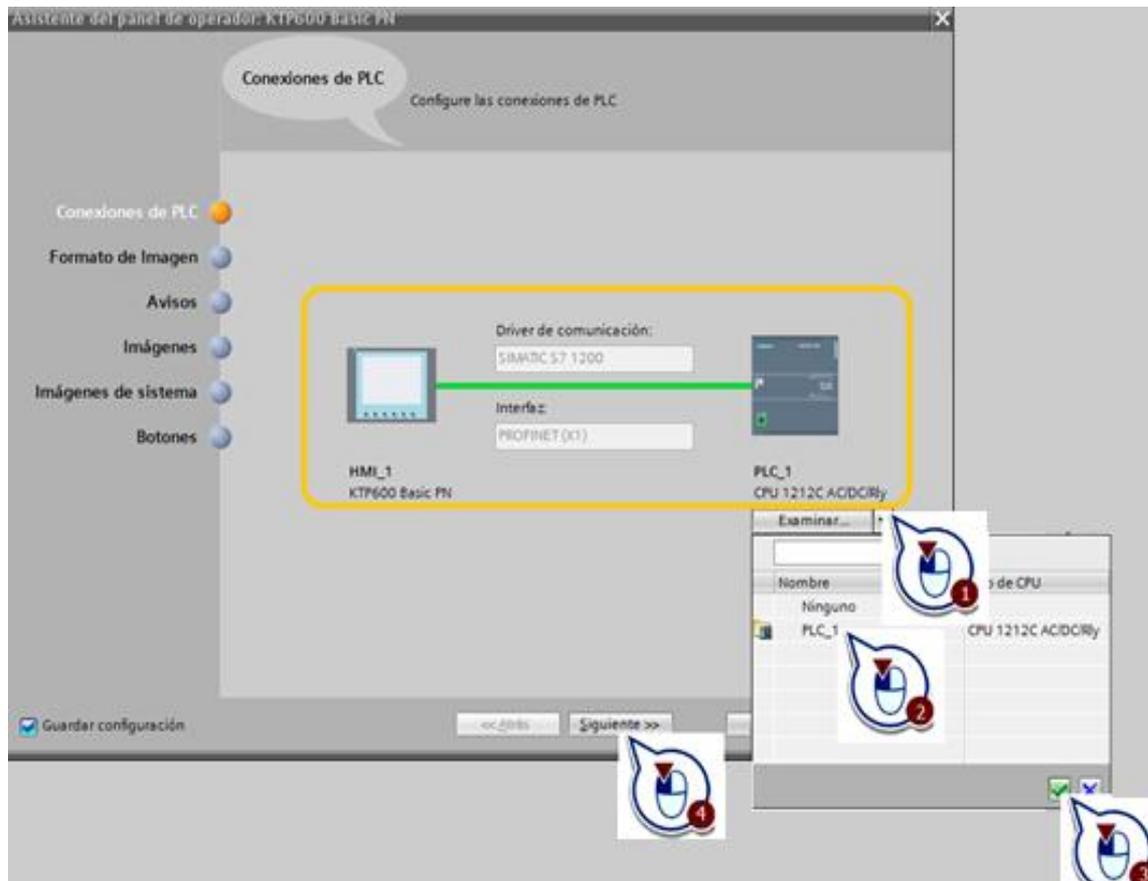
Configuración y Programación de la KTP 600

Insertar un dispositivo nuevo desde el árbol del proyecto.



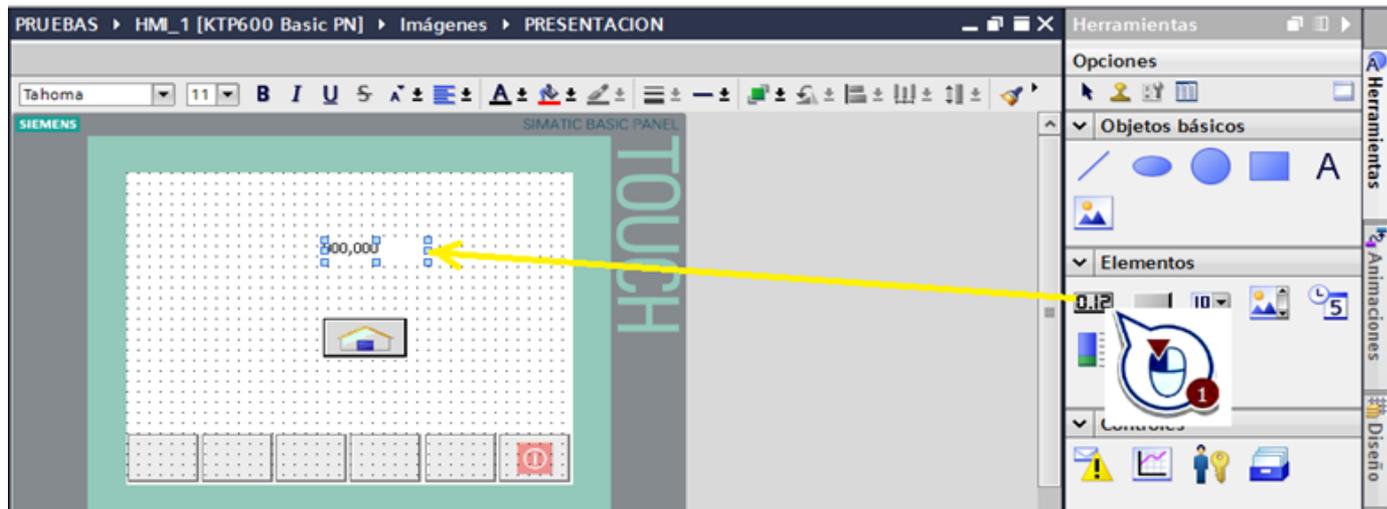
Configuración y Programación de la KTP 600

Configurar el panel de operador en el asistente para paneles de operador.



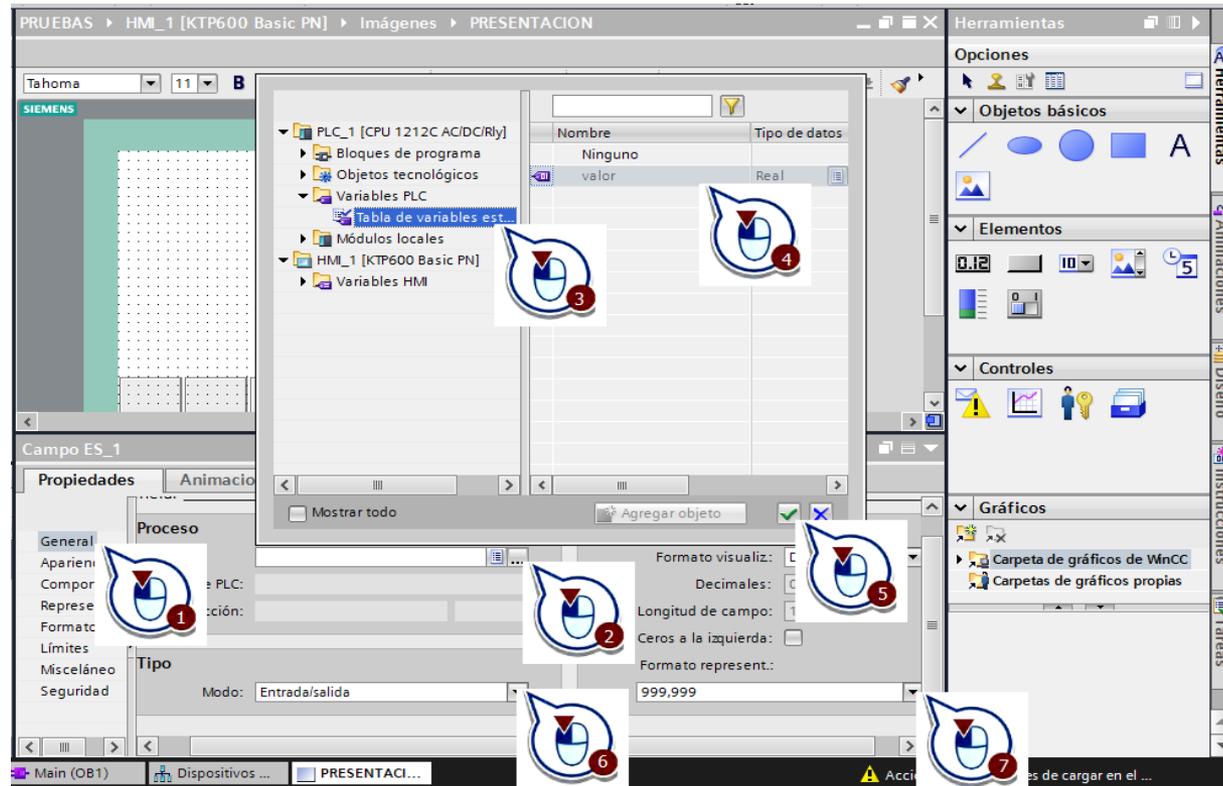
Configuración y Programación de la KTP 600

Agregar los elementos necesarios que se mostraran en cada imagen.



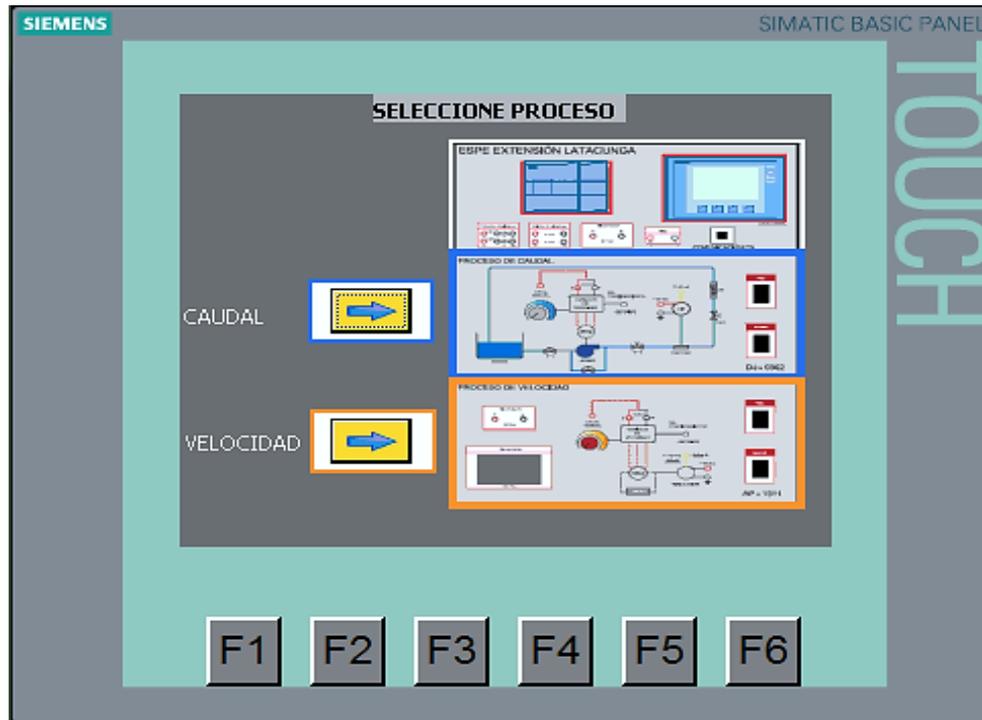
Configuración y Programación de la KTP 600

Enlazar los elementos de la imagen con las variables del PLC .

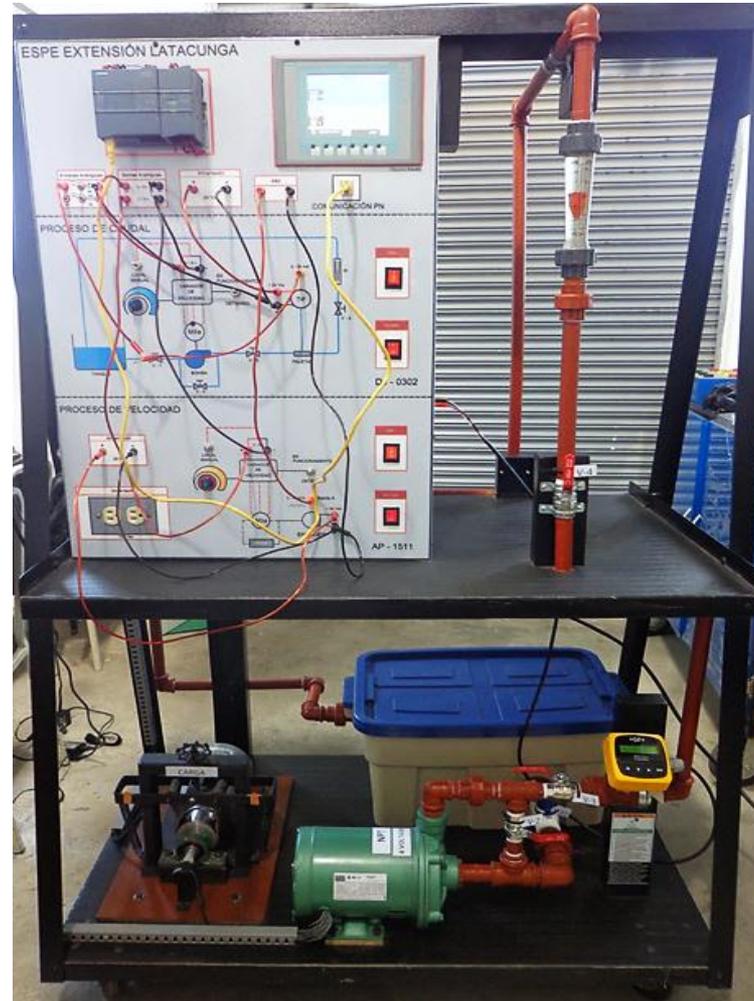


Configuración y Programación de la KTP 600

Verificar la visualización de las imágenes en la simulación.



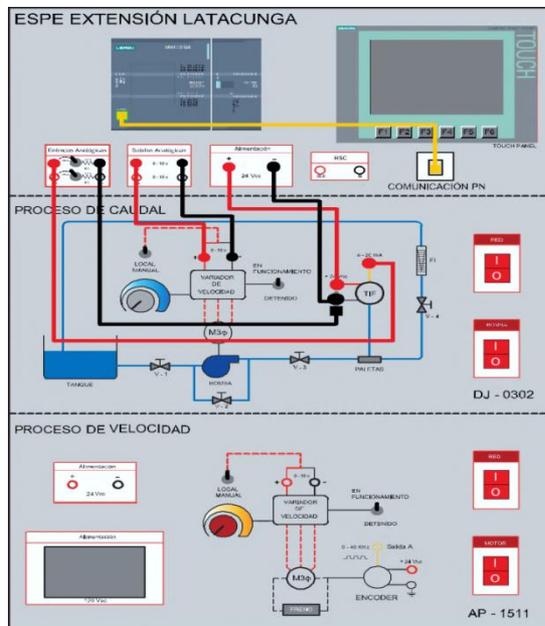
Control Proporcional Integral Derivativo PID



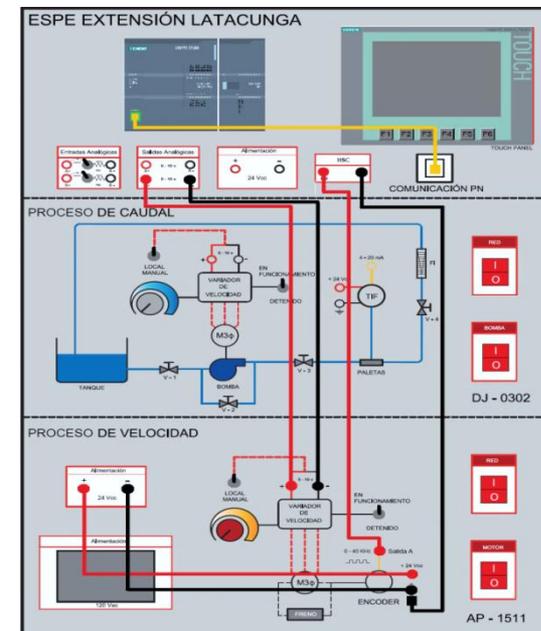
Para realizar el control proporcional integral derivativo (PID) de los procesos caudal y velocidad del módulo didáctico se debe seguir los siguientes pasos:

Realizar las conexiones eléctricas necesarias de los equipos que intervienen en cada proceso.

PROCESO CAUDAL



PROCESO VELOCIDAD



PROCESO CAUDAL

Colocar las válvulas del proceso de caudal de la siguiente forma:

V-1 = Abierta.

V-2 = Cerrada.

V-3 = Abierta.

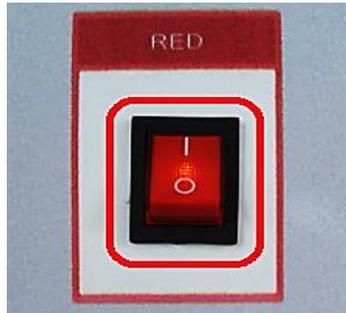
V-4 = Abierta.

PROCESO VELOCIDAD

Verificar que la banda del sistema de frenado no esté muy ajustada al eje del motor asíncrono trifásico.

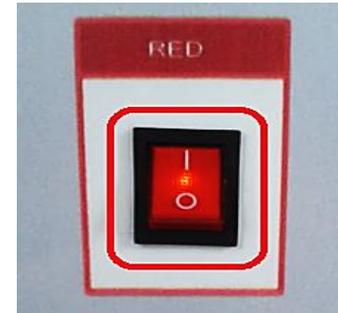
PROCESO CAUDAL

Presionar el botón de RED Y BOMBA



PROCESO VELOCIDAD

Presionar el botón de RED y MOTOR



MANIPULACIÓN DE LA TOUCH PANEL

Presionar en la pantalla para iniciar proceso.



Presionar el botón de inicio de sesión.

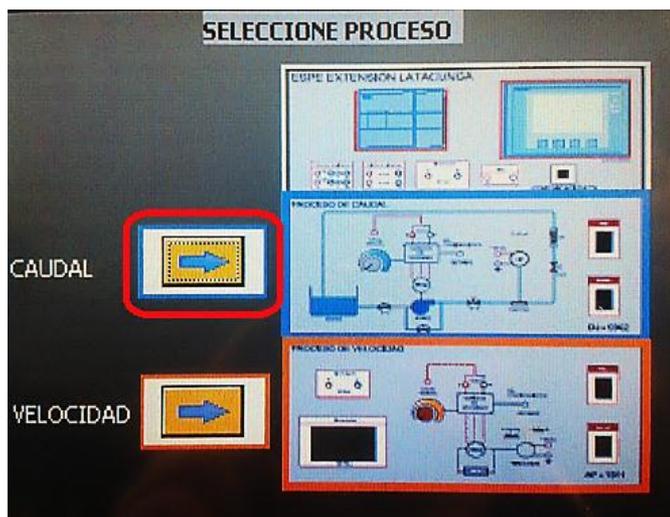


Ingresar usuario y contraseña:

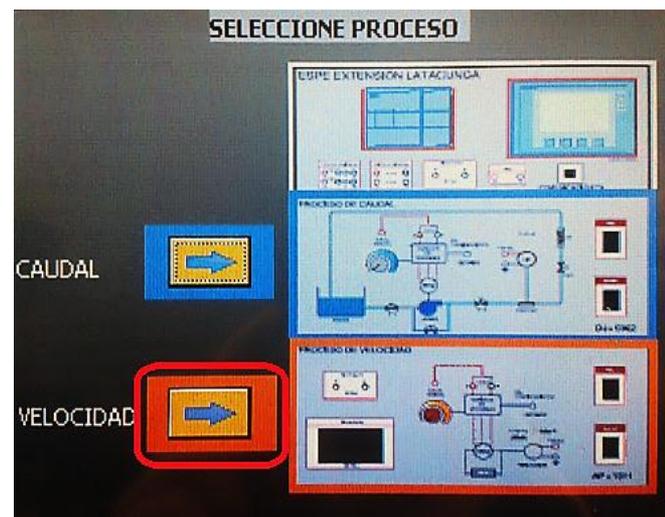


Seleccionar el proceso:

PROCESO CAUDAL

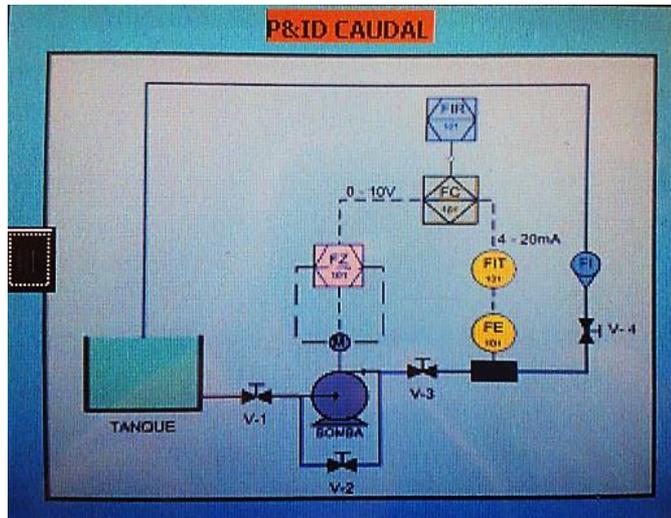


PROCESO VELOCIDAD

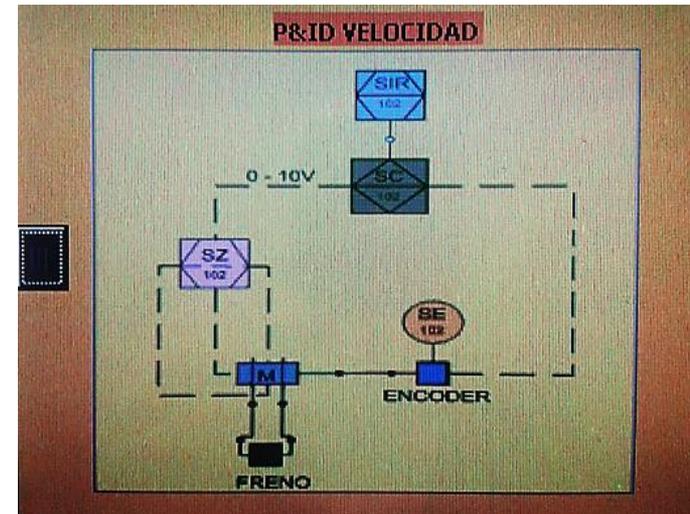


P&ID de los Procesos:

PROCESO CAUDAL

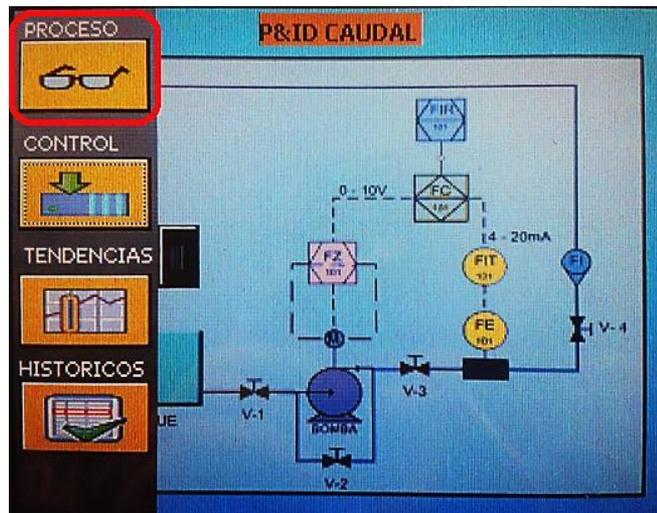


PROCESO VELOCIDAD



Ingresar a MENÚ y presionar el botón PROCESO:

PROCESO CAUDAL

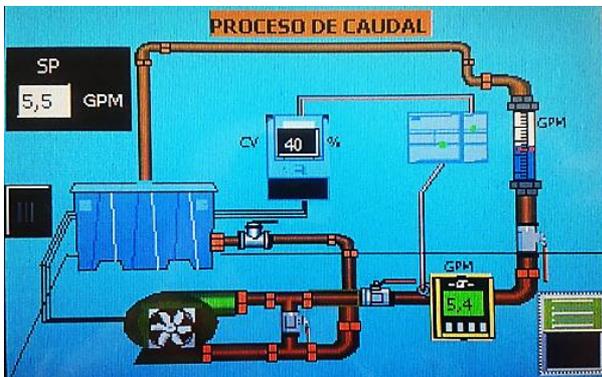
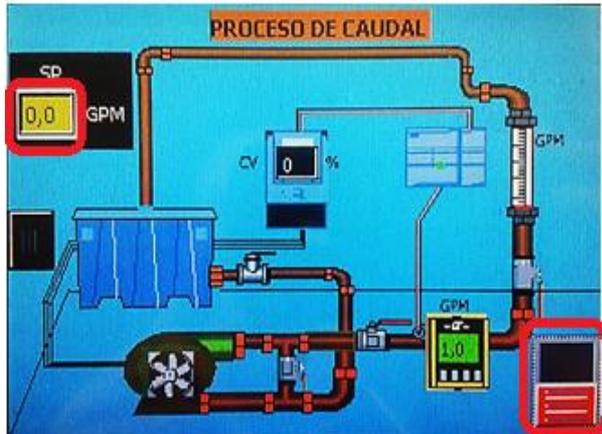


PROCESO VELOCIDAD

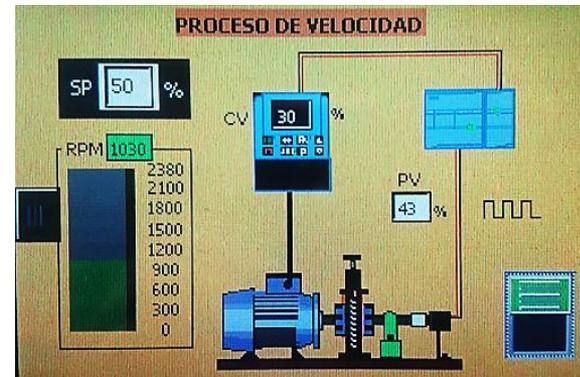
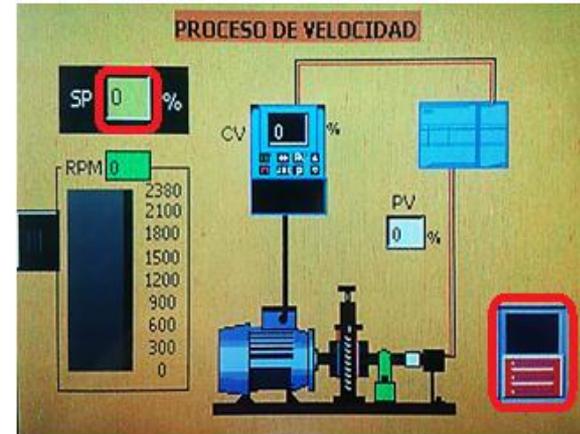


Fijar el Set point e iniciar el controlador PID:

PROCESO CAUDAL

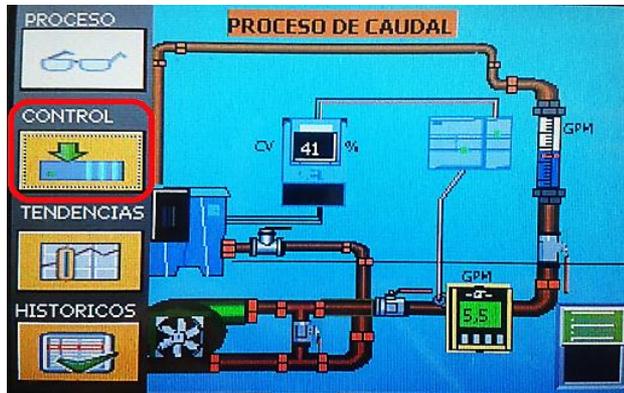


PROCESO VELOCIDAD

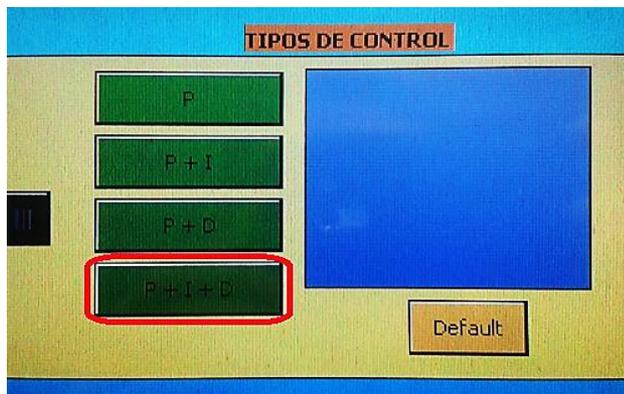
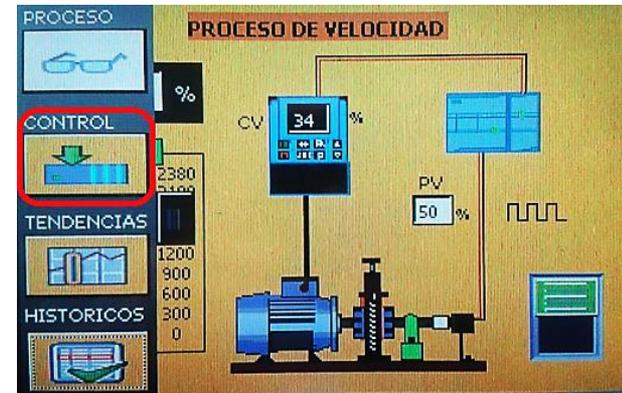


Ingresar a MENÚ y presionar el botón CONTROL:

PROCESO CAUDAL

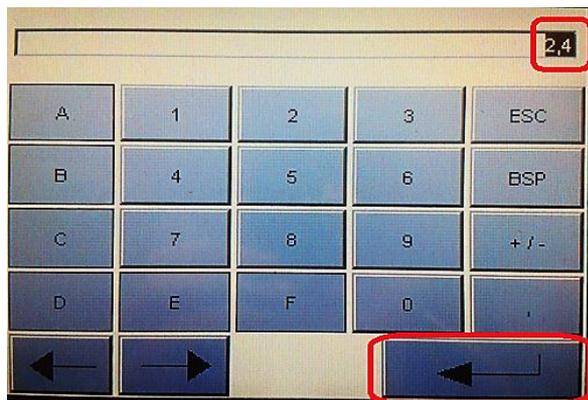
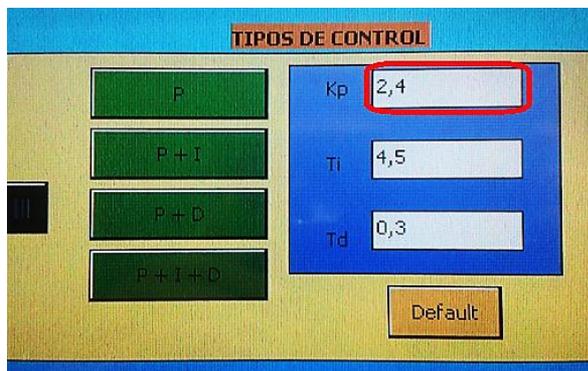


PROCESO VELOCIDAD

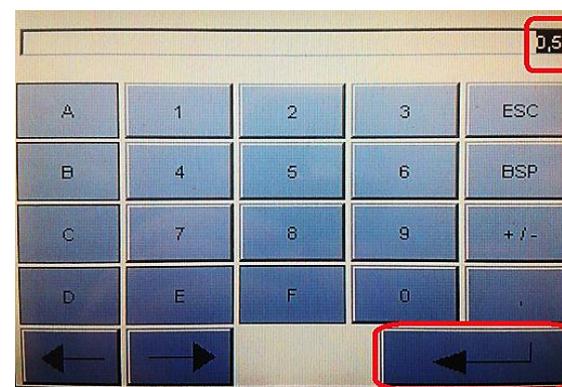
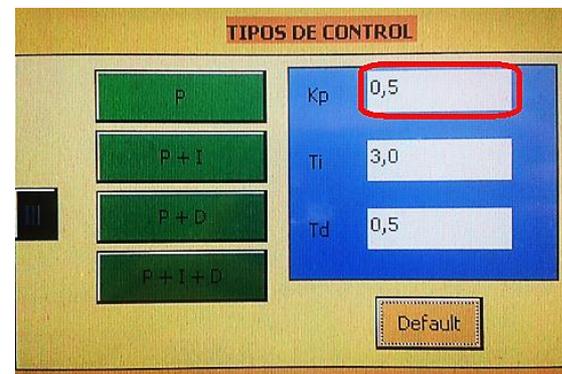


Configuración de las constantes PID:

PROCESO CAUDAL

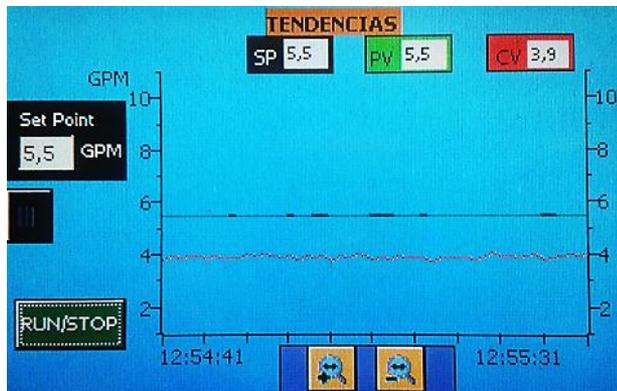
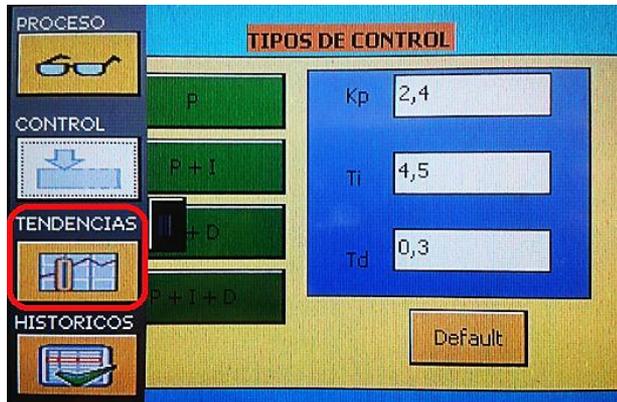


PROCESO VELOCIDAD

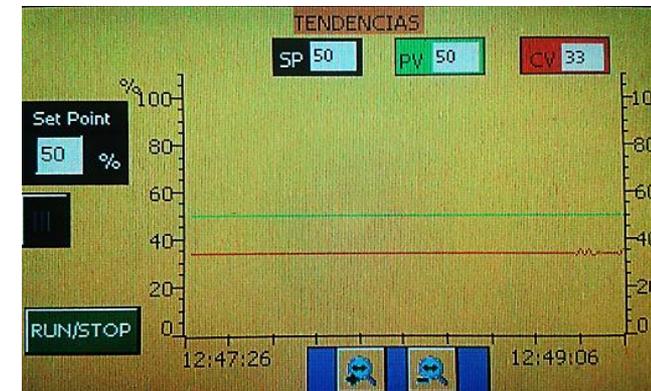
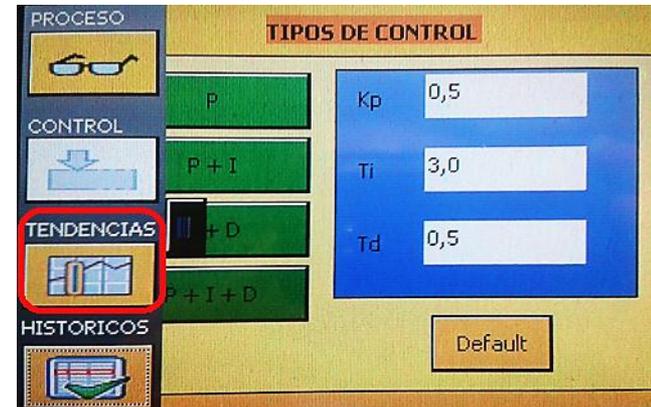


Ingresar a MENÚ y presionar el botón TENDENCIAS:

PROCESO CAUDAL

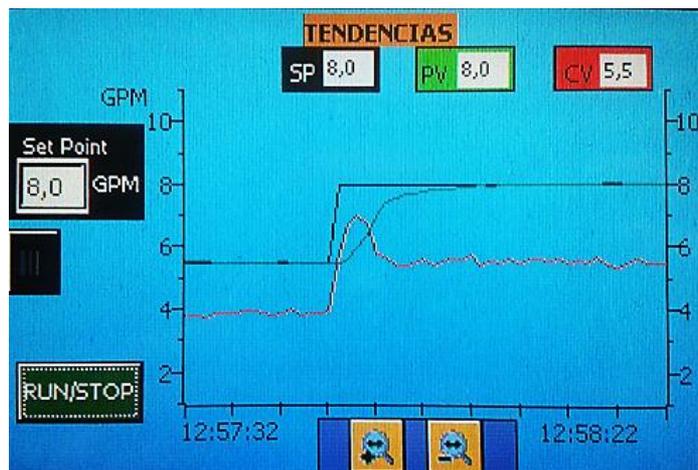


PROCESO VELOCIDAD

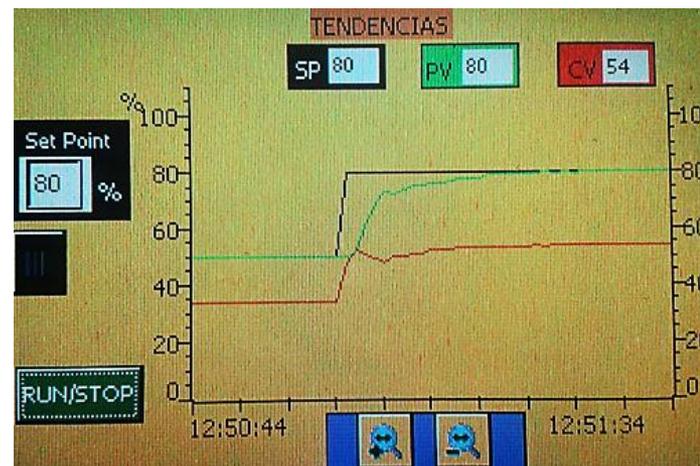


Modificar el valor del Set point:

PROCESO CAUDAL

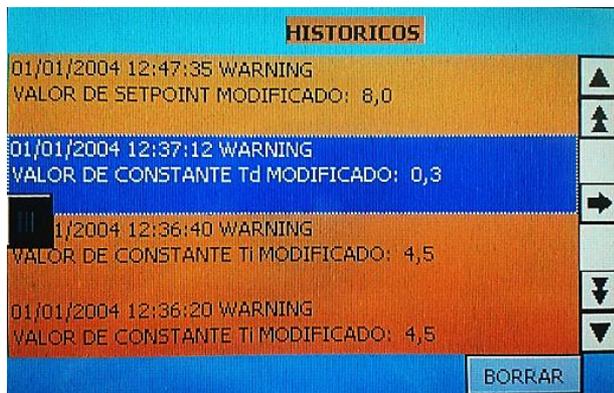
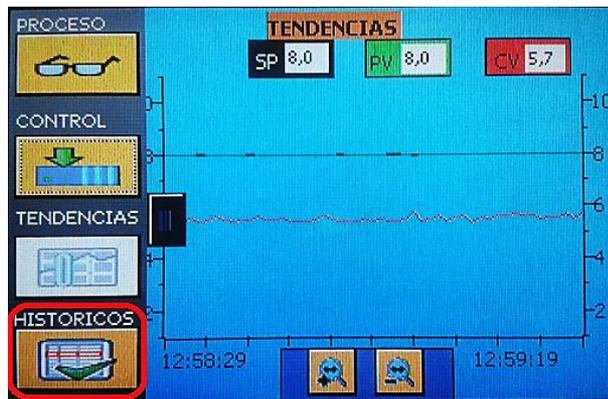


PROCESO VELOCIDAD

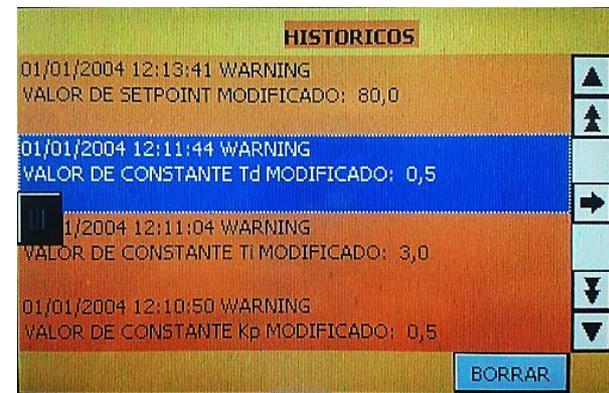


Ingresar a MENÚ y presionar el botón HISTÓRICOS:

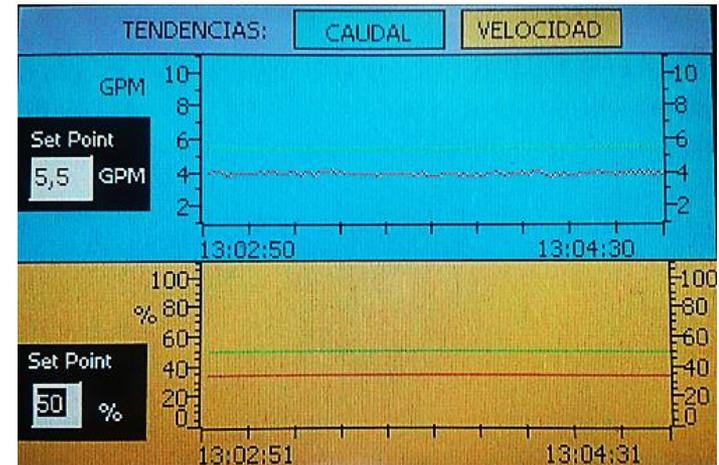
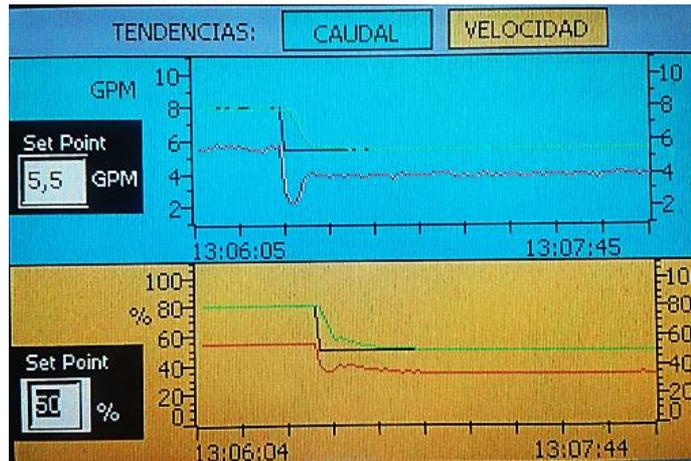
PROCESO CAUDAL



PROCESO VELOCIDAD



Visualizar la imagen TENDENCIAS de ambos procesos:



ALCANCES

- Este módulo permite la visualización del comportamiento de la variable de proceso (PV) para los sistemas de caudal y velocidad de forma independiente y en el momento requerido por los usuarios, sin la necesidad de recurrir a un antiguo registrador de papel, gracias a la TOUCH PANEL.
- Es posible tener como entrada análoga una señal de voltaje de 1-5V o una señal de corriente de 4-20mA, dependiendo de la posición del interruptor de palanca ubicado en el panel frontal del módulo didáctico.
- El indicador del sistema de velocidad fue creado digitalmente en la pantalla de proceso que es mostrada por la touch panel, en la cual se puede observar las revoluciones por minuto RPM que son generadas por el encoder incremental, el mismo que esta acoplado al eje del motor asíncrono trifásico.

CONCLUSIONES

- Se ha diseñado e implementado un módulo didáctico que realiza el monitoreo y control automático de dos procesos caudal y velocidad, utilizando los conocimientos adquiridos durante la formación académica como profesionales de la carrera, permitiendo tener una visión general de la estructura y de las etapas que intervienen en cada proceso industrial.
- La herramienta de software TIA (Totally Integrated Automation) Portal permitió realizar la configuración, administración y programación del PLC S7-1200 y la TOUCH PANEL KTP600, bajo un mismo entorno fácil y de una manera intuitiva con lo cual se pudo comprobar la flexibilidad del mismo.

CONCLUSIONES

- El PLC S7-1200 CPU-1212C permitió realizar eficazmente los distintos modos de control de los dos procesos caudal y velocidad, ya que en este controlador se puede configurar y manipular hasta 32 lazos de control en forma secuencial, además el controlador permite realizar un modo de control específico con solo anular las acciones reguladoras de determinados términos en su algoritmo de control.
- Al comparar las gráficas de tendencias de los dos procesos se observó que el tiempo de estabilización del proceso de caudal es menor que el de velocidad, pudiendo concluir con esto que el proceso de caudal es el más rápido.
- El módulo didáctico permite la evaluación de controles avanzados diferentes a los clásicos P, PI, PD y PID permitiendo realizar una comparación entre éstos controladores digitales.

CONCLUSIONES

- El variador de frecuencia MICROMASTER 440 actúa como elemento de control final en ambos procesos, ya que refleja la señal de control enviada desde el PLC en forma proporcional al mismo, además éste permite reducir el desgaste de los actuadores del proceso de caudal y velocidad.
- Se comprobó que el proceso de caudal funciona correctamente con un control Proporcional-Integral (PI), debido que se trata de un proceso rápido se requiere de una pequeña ganancia proporcional y de un tiempo integral (T_i) mayor, pues presenta un error en estado estacionario considerable, este proceso no necesita un tiempo derivativo (T_d) alto, ya que éste puede ser obviado si el proceso no está expuesto constantemente a perturbaciones.

CONCLUSIONES

- El acople realizado entre el eje del motor asíncrono trifásico y el encoder incremental refleja la estabilidad de estos dispositivos, de tal manera que al funcionar el motor en su velocidad nominal, los datos adquiridos por el encoder no presentan una desviación significativa en la medición de la frecuencia.
- Se pudo comprobar que el proceso de velocidad funciona correctamente con un control Proporcional-Integral-Derivativo (PID), ya que al tratarse de un proceso rápido se requiere de una mínima ganancia proporcional y de un tiempo integral (T_i) mayor, pues presenta un error en estado estacionario considerable, este proceso tiene además un tiempo derivativo (T_d) mínimo, con el fin de evitar cambios bruscos de la variable de proceso reduciendo oscilaciones y disminuyendo el tiempo de estabilización.

RECOMENDACIONES

- Antes de empezar a manipular el módulo didáctico se debe leer y entender la información dispuesta en la guía de prácticas, con el fin de manejar todos los recursos del proyecto implementado y evitar un mal funcionamiento o daños graves al módulo.
- Se recomienda realizar las instalaciones eléctricas adecuadas para el buen funcionamiento del módulo didáctico, en el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos ya que es necesario una conexión a tierra para proteger tanto al operador del módulo como a los equipos que conforman el mismo.

RECOMENDACIONES

- Luego de encender la red de cada proceso se debe esperar 10 segundos para encender el interruptor de bomba o motor respectivamente, debido a que el variador de frecuencia de cada proceso demora ese tiempo en iniciar y reconocer sus entradas.
- Se debería leer el manual técnico de posibles fallas y soluciones cuando el módulo didáctico o los procesos no respondan adecuadamente.

GRACIAS