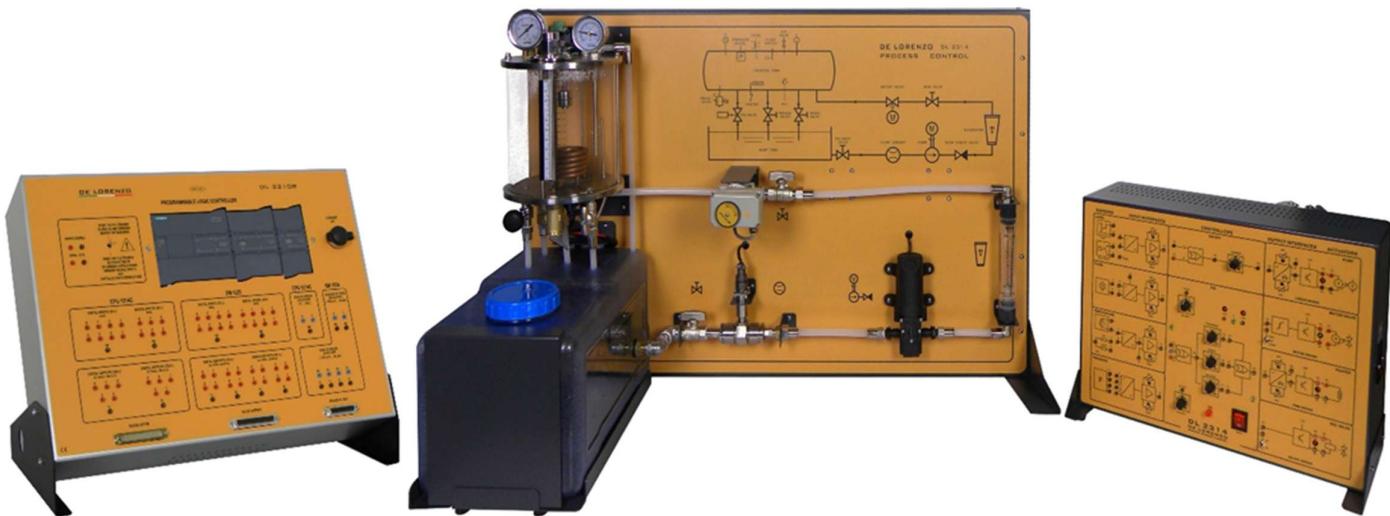




## ENTRENADOR DE CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS DL 2314PLC



### Descripción del producto

Banco para el estudio del control de procesos que va de nivel básico a avanzado. Incluye válvulas, bomba, tanques, sensores y controladores. Consta de: módulo de experimento (panel de proceso), módulo de control con alimentación integrada (panel de control), y controlador lógico programable (PLC).

Con este entrenador, los estudiantes serán guiados paso a paso en los siguientes experimentos: calibración de un sensor, obtención de la característica de un proceso estático y constante de tiempo, control de procesos ON-OFF, Proporcional, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativo, Proporcional-Integral-Derivativo, así como aplicaciones de PLC para sistemas de control de nivel, temperatura, flujo y presión.

### Datos destacados

- El entrenador permite una flexibilidad de formación en temas de automatización de procesos y tiene tres secciones diferentes: **PLC**, **PANEL DE PROCESOS**, **PANEL DE CONTROL**.
- Los estudiantes son guiados paso a paso en el aprendizaje gracias a un detallado manual didáctico sobre: programación del PLC, calibración de sensores, control de procesos ON-OFF y sistema Proporcional-Integral-Derivativo.
- Cada experimento, descrito a detalle en el manual, está relacionado con aplicaciones industriales reales.
- El entrenador modular ofrece todos los módulos y componentes necesarios para la instrucción básica y avanzada en control y automatización de procesos.

**Ideal para que 4 estudiantes trabajen simultáneamente.**

Escuelas técnicas y vocacionales.

Aplicable a cursos de: **Automatización, PLC, Sensores y Actuadores, Control de Procesos PID.**



# AUTOMATIZACIÓN

## LISTA DE EXPERIMENTOS

- CURSO BÁSICO DE CONTROL DE PROCESOS:
  - Configuración del sensor de nivel
  - Características del motor de la bomba
  - Características de la bomba
  - Características del proceso estático
  - Constante de tiempo del proceso
  - Control ON-OFF del nivel
  - Control ON-OFF del nivel con válvula solenoide
  - Control ON-OFF del nivel con interruptor de flotador
  - Control proporcional del nivel de circuito cerrado
  - Control proporcional-integral del nivel de circuito cerrado
  - Control proporcional-derivativo del nivel de circuito cerrado
  - Control proporcional-integral-derivativo del nivel de circuito cerrado
  - Sensor de flujo
  - Control proporcional de flujo de circuito cerrado
  - Control proporcional-integral de flujo de circuito cerrado
  - Control proporcional-derivativo de flujo de circuito cerrado
  - Control proporcional-integral-derivativo de flujo de circuito cerrado
  - Sensor de temperatura
  - Medición de las características de la calentamiento.
  - Control proporcional de temperatura de circuito cerrado
  - Control proporcional-integral de temperatura de circuito cerrado
  - Control derivativo-proporcional de temperatura de circuito cerrado
  - Control proporcional-integral-derivativo de temperatura de circuito cerrado
  - Sensor de presión
  - Sensor de presión como sensor de nivel
  - Control ON-OFF del nivel a través del sensor de presión
- EXPERIMENTOS BÁSICOS CON PLC
  - Aplicaciones básicas del PLC: control ON-OFF
  - Aplicaciones básicas del PLC: control PWM
  - Aplicaciones básicas de PLC: control de temporizador
  - Aplicaciones básicas del PLC: Control de contadores
  - Aplicaciones de control básico de PLC: control de dos funciones
- EXPERIMENTOS AVANZADOS DE CONTROL DE PROCESOS
  - Sistema de control de nivel. Estación de bombeo de agua
  - Sistema de control de nivel con tiempo de respuesta (time response). Sistema de distribución de solvente líquido
  - Sistema de control de temperatura. Estación de calefacción de agua
  - Sistema de control de flujo. Sistema de distribución de líquidos con bomba de flujo constante
  - Sistema de control de presión con tiempo de respuesta rápido. Estación de limpieza a presión
  - Sistema PID con tiempo de respuesta lento. Control PID de nivel de circuito cerrado
  - Sistema PID con tiempo de respuesta rápido. Control PID de presión de circuito cerrado



# AUTOMATIZACIÓN



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El entrenador de CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS permite el estudio y realización de experimentos en el campo del control de procesos. El controlador programable tiene altas prestaciones y es fácil de usar para quienes se acercan por primera vez al mundo de los PLC.

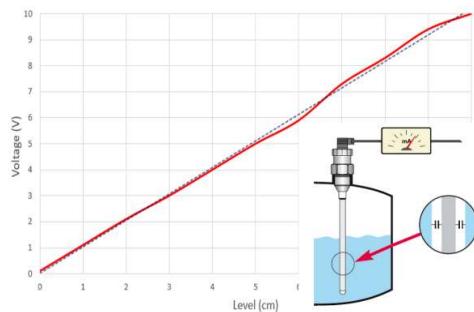
- Alimentación: monofásica
- **Controlador lógico programable**, que incluye:
  - Alimentación CC: 24Vcc/2.7A
  - 1 selector para el uso de las E/S a través de enchufes o mediante conectores
  - 1 CPU (modelo Siemens 1214C de la serie S7-1200) con 14 entradas digitales integradas de 24 Vcc, 10 salidas de relé integradas de 24 Vcc o relé y 2 entradas analógicas integradas de 0 a 10 V
  - 1 módulo de expansión digital (modelo Siemens SM 1223) con 16 entradas digitales 24Vcc y 16 salidas de relé 24Vcc o relé
  - 1 módulo de expansión analógico (modelo Siemens SM 1234) con 4 entradas analógicas -10 a + 10V o 0 a 20mA y 2 salidas analógicas -10 a + 10V o 0 a 20mA
  - 1 puerto LAN Ethernet para programación
- **Entrenador de control de procesos/panel de procesos**, que incluye:
  - Capacidad del tanque de agua: 20 litros aprox.
  - Motobomba de recirculación: 6 litros/minuto
  - Válvula motorizada: válvula electromodulada utilizada para controlar el flujo de agua
  - Motobomba con protección térmica y válvula de retención de flujo
  - Sensor de flujo: 8000 pulsos/litro
  - Tuberías (para procesar el suministro de agua y para el drenaje del agua del tanque de proceso)
  - Válvula de suministro (válvula principal de suministro de agua)
  - Medidor de flujo de turbina (sensor de flujo con turbina de medición volumétrica)
  - Caudalímetro visual (indicador de caudal)
  - Válvula manual (para reducir el caudal de agua)
  - Capacidad del recipiente presurizado: 5 litros aprox., que incluye:
    - Sensor de nivel capacitivo y escala métrica para medir el nivel del agua (cm o mm)
    - Interruptor de flotador (para detectar el nivel de agua dentro del tanque presurizado)
    - Elemento calefactor, sensor de temperatura (PT100) y un termómetro para medir la temperatura dentro del tanque de proceso (°C o °F)
    - Sensor de presión y manómetro para medir la presión (bar o psi)
    - 4 tipos de válvulas (3 manuales y 1 controlada)
    - Válvula de seguridad
- **Entrenador de control de procesos/panel de control**, que incluye:
  - Interfaz de entrada (sensores)
    - Transductor de NIVEL
    - Transductor de FLUJO
    - Transductor de TEMPERATURA
    - Transductor de PRESIÓN
  - Interfaz de control (controladores)
    - ON-OFF
    - ON-OFF con histéresis
    - PID (P, PI, PD, PID)
  - Interfaz de salida (actuadores)
    - Controlador lineal para BOMBA
    - Controlador para VÁLVULA DE MOTOR
    - Controlador PWM para CALENTADOR
    - Controlador ON-OFF para VÁLVULA SOLENOIDE



# AUTOMATIZACIÓN

## DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

### CURSO BÁSICO DE CONTROL DE PROCESOS:



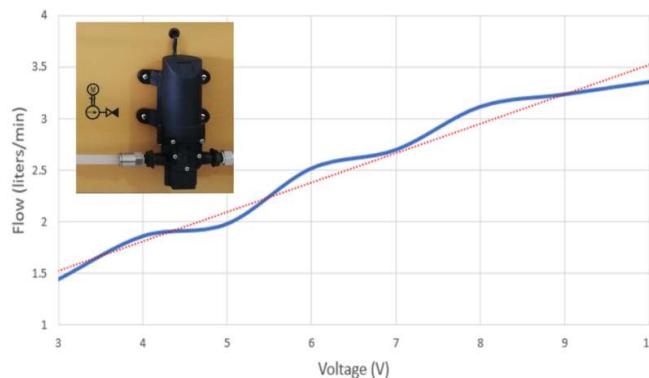
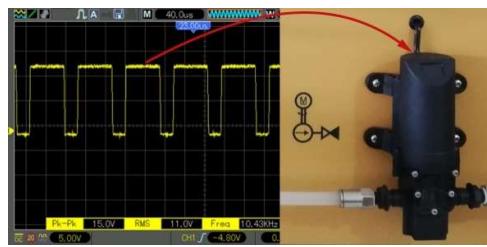
#### **Configuración del sensor de nivel**

Desde el inicio de los experimentos, los estudiantes aprenden sobre diferentes tipos de sensores. Aprenden a calibrar y utilizar un sensor de nivel de flujo capacitivo para medir el nivel del agua y determinar las características del sensor.

El transductor de nivel (L/U) se utiliza para calibrar el sensor de nivel para una correspondencia de 1 V a 1 cm.

#### **Características del motor de la bomba**

El experimento es muy práctico porque aprenden qué es el Control en PWM (*Pulse Width Modulation*) de un motor de CC. Usando un osciloscopio clásico, los estudiantes analizarán las señales de control de un motor de bomba. La señal de entrada de referencia del motor es un 10Vpp triangular mientras que el ciclo de trabajo de PWM se modula desde el panel de control del entrenador.



#### **Características de la bomba**

Después de realizar este experimento, los estudiantes comprenden el principio de funcionamiento de una bomba de diafragma. Aprenden cómo calcular el flujo y cómo medirlo usando el medidor de flujo para trazar la curva característica del flujo de las bombas.

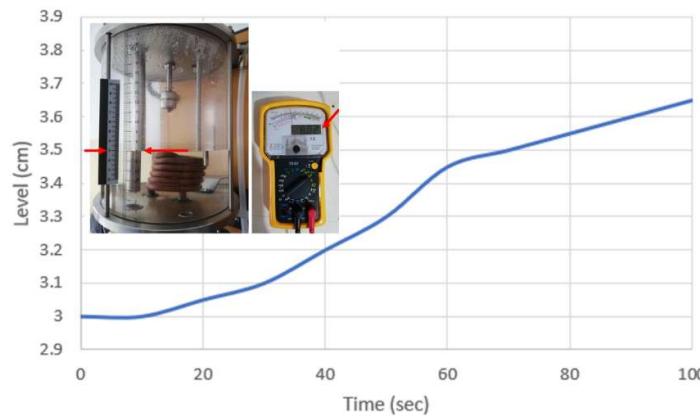
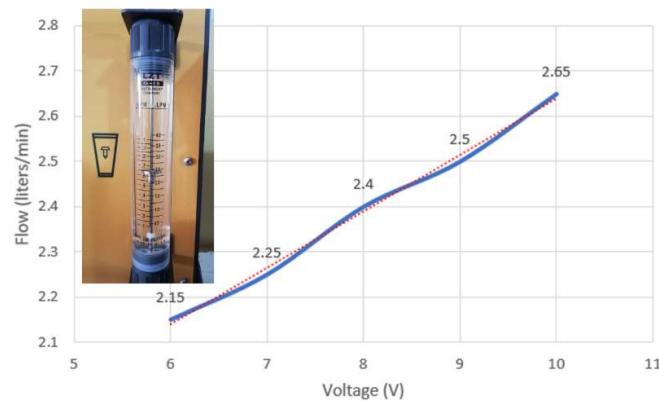


# AUTOMATIZACIÓN

## Características del proceso estático

Usando el conocimiento de la prueba anterior, ayudará a realizar esta prueba. El objetivo principal es comprender cómo influirá el flujo en el tiempo de aumento de la tasa de nivel de fluido en un proceso de control de nivel.

El transductor de flujo ( $f/U$ ) se utiliza para calibrar el sensor de flujo para una correspondencia de 1 V de salida es de 0.5 litros por minuto.



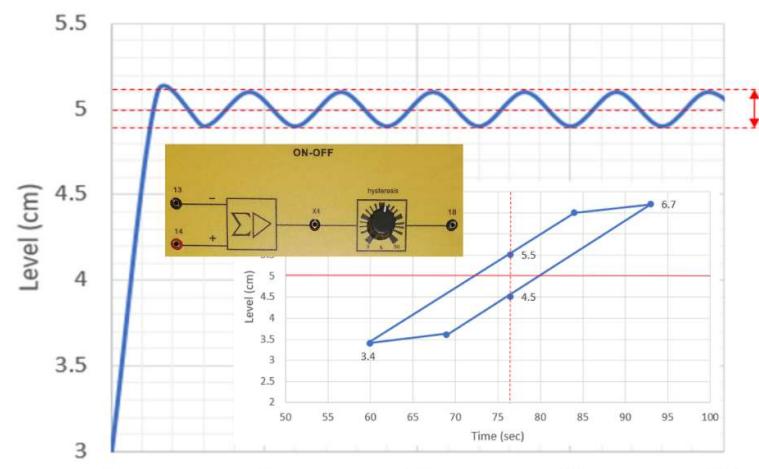
## Constante de tiempo del proceso

¿Cuál es la constante de tiempo de un proceso? ¿Cómo la calculan? Los estudiantes pueden responder a esta pregunta realizando este experimento. La estimación de la constante de tiempo se compone del caudal de agua en el tanque, como una relación entre el caudal de entrada y el caudal de drenaje. Este proceso es un ejemplo de identificación de parámetros.

## Control ON-OFF del nivel

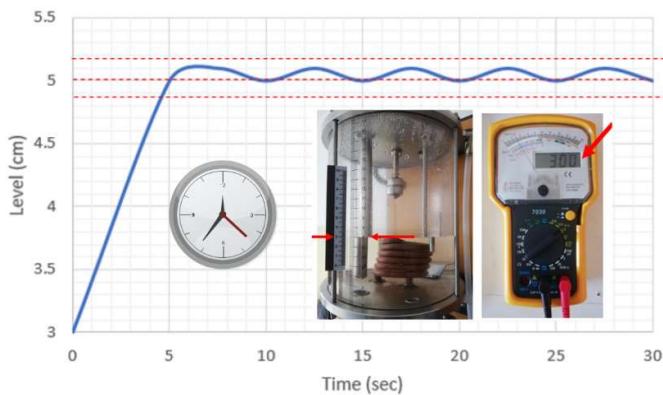
¿Cuáles son los efectos de la histéresis en el control de nivel? Los alumnos descubrirán mientras aprenden a medir la respuesta dinámica del proceso. Utilizarán el sensor de nivel capacitivo para medir el nivel del agua en el tanque de proceso.

Este conocimiento es muy importante porque en situaciones prácticas, uno de los tipos de control más utilizados es el control de ON-OFF.





# AUTOMATIZACIÓN



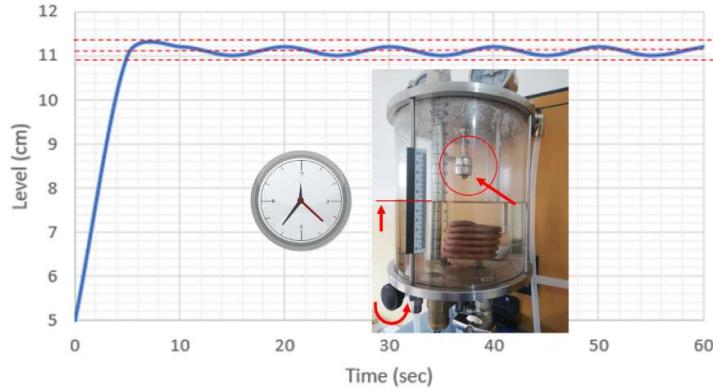
## Control ON-OFF del nivel con "Válvula Sol"

En este experimento, los estudiantes usan los conocimientos acumulados sobre la histéresis en el control de nivel. Este medirá el número de movimientos ascendentes y descendentes del nivel entre el "Arranque y Paro" de la electroválvula con una histéresis de 0%, 15% y 30%.

## Control ON-OFF del nivel con "Interruptor de Flotador"

Los estudiantes realizan estudios prácticos para mantener un nivel constante en el tanque usando un sensor de nivel "ON-OFF" y la válvula electro sol.

Aprenden a medir la variación del nivel del agua en el tiempo. Para determinar la curva de histéresis para el control "ON-OFF" del nivel, utilizan la escala móvil grabada o el sensor de nivel y el interruptor de flotador.



## Control de NIVEL de lazo cerrado

### Control proporcional del nivel de lazo cerrado

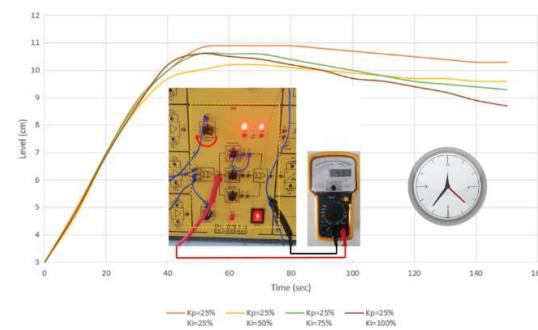
### Control proporcional-integral del nivel de lazo cerrado

### Control proporcional-derivativo del nivel de lazo cerrado

### Control proporcional-integral-derivativo del nivel de lazo cerrado

Para poder estudiar el control de circuito cerrado, primero se deben comprobar los efectos del circuito de ganancia en la respuesta dinámica del sistema. Es muy interesante observar la característica de salida del controlador PID para diferentes valores constantes de  $K_p$ ,  $K_d$  y  $K_i$ .

El método de Ziegler-Nichols se utiliza para ajustar el controlador PID. Los estudiantes aprenden a determinar los parámetros PID para obtener el nivel controlado.





# AUTOMATIZACIÓN

## Control del FLUJO de circuito cerrado

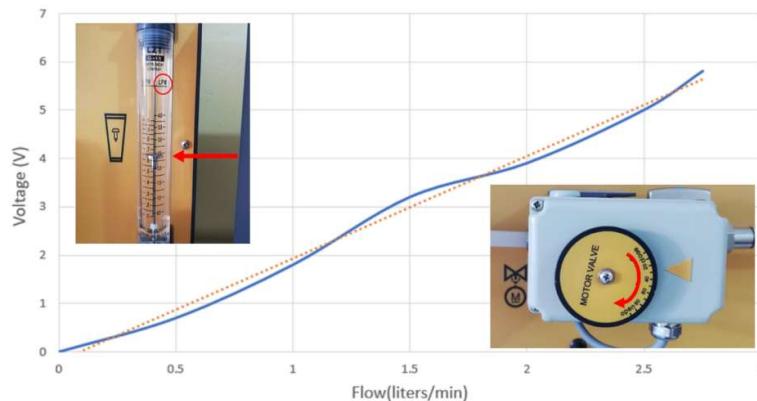
### *Sensor de flujo*

#### *Control proporcional de flujo de lazo cerrado*

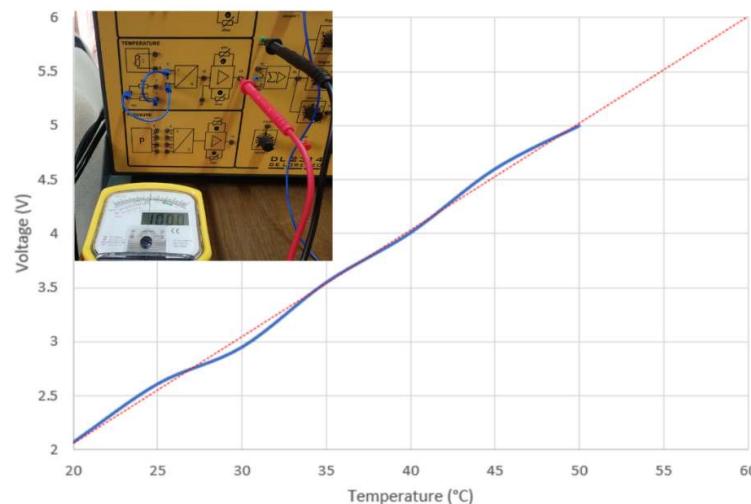
#### *Control proporcional-integral de flujo de lazo cerrado*

#### *Control proporcional-derivativo de flujo de lazo cerrado*

#### *Control de flujo proporcional-integral-derivativo de lazo cerrado*



Durante estos experimentos, los alumnos aprenden a medir el caudal de agua utilizando la escala grabada del caudalímetro directo o el sensor de caudal de la turbina. Despues de analizar los resultados, deben poder implementar el ajuste del control PID del sistema con una estabilidad óptima.



### *Sensor de temperatura*

Los estudiantes aprenden a medir la variación de temperatura en el tiempo, utilizando la escala del termómetro grabada o el sensor de temperatura, para determinar y calcular la curva característica del sensor PT100 (RDT).

El transductor de temperatura (u/U) se utiliza para calibrar el sensor de temperatura para una correspondencia de 1 V a 10 grados Celsius.

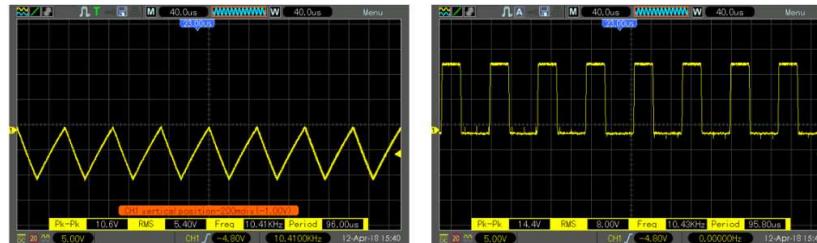
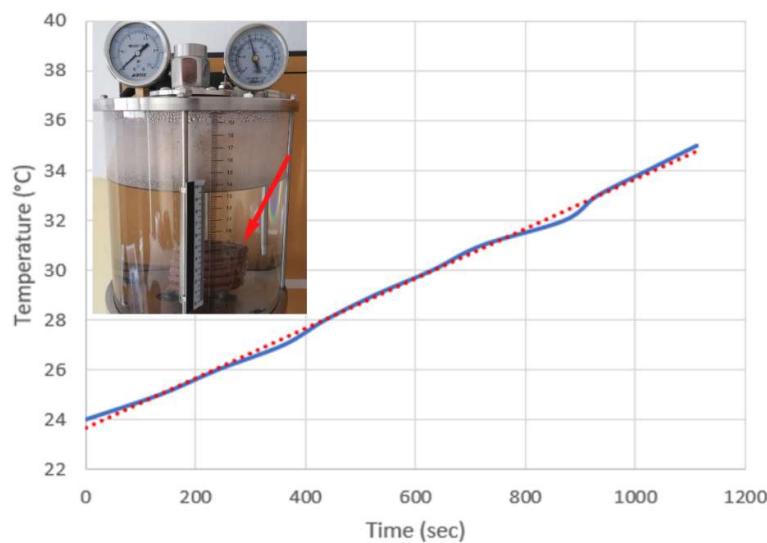


# AUTOMATIZACIÓN

## **Medición de las características de la calentamiento.**

Este experimento es similar al anterior, pero esta vez los estudiantes comprenden el principio de funcionamiento de un sensor de temperatura resistivo para medir la temperatura en el tanque de proceso industrial.

Usando un osciloscopio clásico, los estudiantes pueden analizar la forma de onda del PWM para el elemento calefactor.



## **Control de TEMPERATURA de lazo cerrado**

### **Control proporcional de temperatura de lazo cerrado**

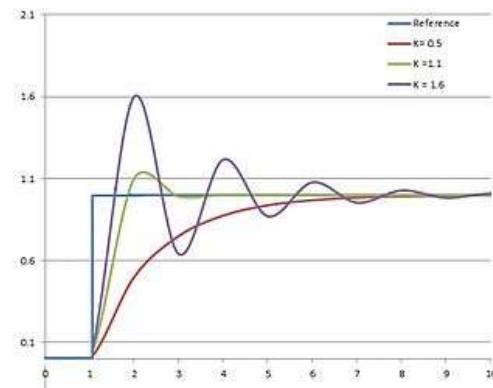
### **Control proporcional-integral de temperatura de lazo cerrado**

### **Control derivativo-proporcional de temperatura de lazo cerrado**

### **Control proporcional-integral-derivativo de temperatura de lazo cerrado**

Los estudiantes aprenden que, en un sistema de control de temperatura, el controlador admite un sensor de temperatura como entrada, como un RTD o termopar, y compara la temperatura real con la temperatura de control requerida o el punto de ajuste. A continuación, la salida se envía a un elemento de control.

Después de analizar los resultados, podrán ajustar el control PID del sistema.



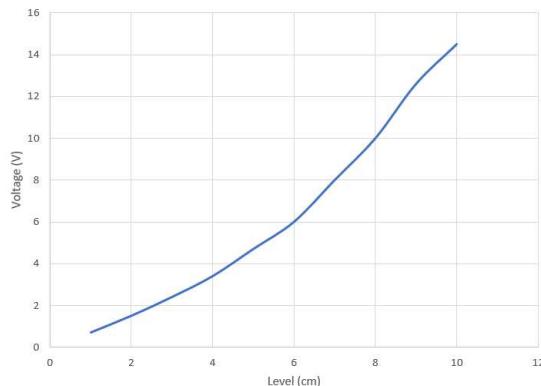
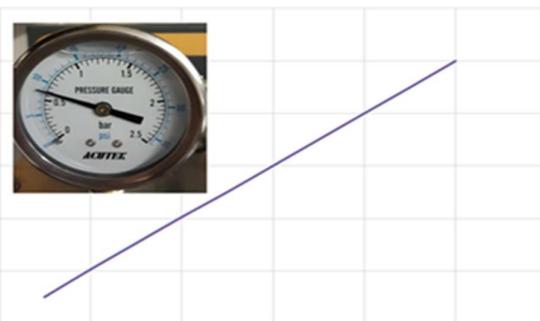


# AUTOMATIZACIÓN

## **Sensor de presión**

Los estudiantes aprenderán a medir la presión, utilizando el sensor de presión electrónico o la escala del manómetro, para determinar y calcular la curva característica del sensor de presión.

El transductor de presión (P/U) se utiliza para calibrar el sensor de presión para una correspondencia de 1 V es 0.15 bar. Se determinarán las características de un transductor de presión.



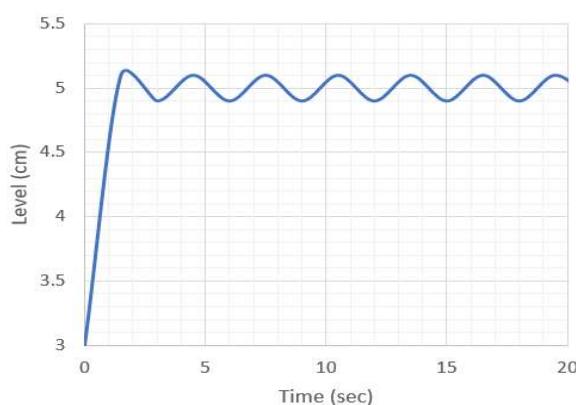
## **Sensor de presión como sensor de nivel**

El objetivo principal de este experimento es medir la presión, utilizando el sensor de presión electrónico o la escala del manómetro, para determinar la curva característica de la respuesta de nivel vs. presión.

## **Control ON-OFF del nivel a través del sensor de presión**

Los estudiantes, ya familiarizados con el procedimiento de control de “ON-OFF”, realizarán la operación de un sistema de control de circuito cerrado de “ON-OFF” utilizando el sensor de presión como sensor de nivel.

El conocimiento sobre los efectos de la histéresis en el control no se utilizará para controlar la presión.



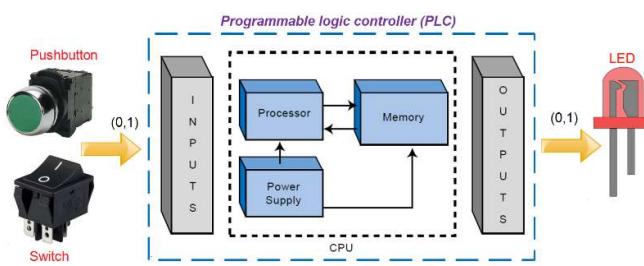


# AUTOMATIZACIÓN

## CURSO BÁSICO DE CONTROL DE PROCESOS:

### Experimentos de PLC básicos e introductorios:

A partir de estos primeros experimentos, los estudiantes se centrarán en los fundamentos del hardware de PLC y la programación lógica con Siemens S7-1200. Los experimentos son una introducción paso a paso al PLC, que guía a los estudiantes a crear sus primeros proyectos. Esto les dará los conocimientos básicos para resolver problemas del mundo real en proyectos prácticos, sobre ingeniería de automatización y control de procesos.



### Aplicaciones básicas del PLC: control ON-OFF

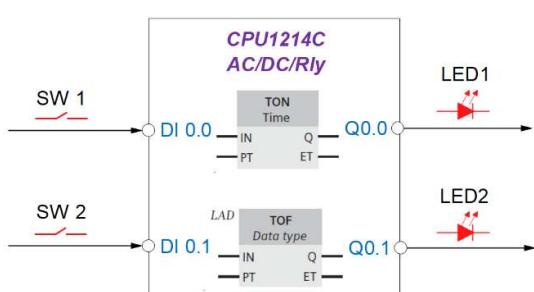
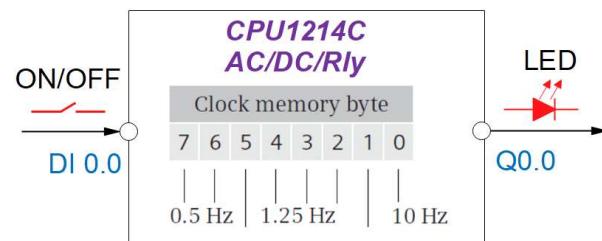
Los estudiantes aprenden los elementos básicos de las funciones del PLC escribiendo pequeños programas y probando estos programas en el entrenador.

Esta aplicación se centra principalmente en operaciones introductorias en la programación y el uso de la arquitectura Step 7- 1200. Simula comandos ON-OFF de botones y/o interruptores.

### Aplicación básica del PLC: control PWM

Este experimento es muy práctico porque aprenderán qué es el control en PWM (Pulse Width Modulation). La entrada digital actúa como un interruptor de palanca. Cuando el interruptor está encendido, el LED de salida parpadeará con la memoria del reloj programado.

Desde la interfaz del panel de entrenamiento del PLC, se puede utilizar cualquiera de las 14 entradas digitales de la CPU 1214C para este experimento.



### Aplicaciones básicas de PLC: control de temporizador

Después de ejecutar este experimento, los estudiantes comprenderán el principio de funcionamiento de las instrucciones TON "Generar retardo a la conexión" y TOF "Generar retardo a la desconexión". Estas instrucciones se utilizan para operar una salida durante un cierto tiempo o esperar un cierto tiempo antes de operar una salida.

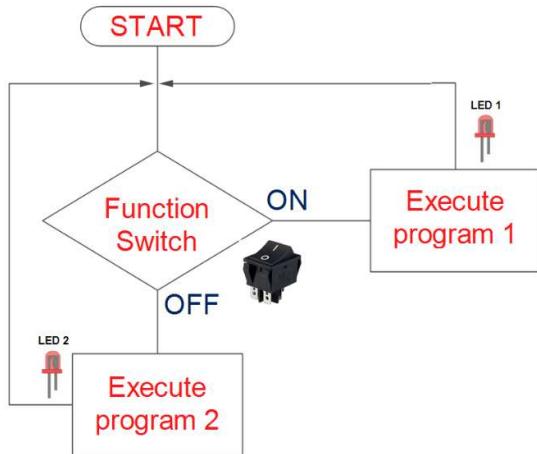
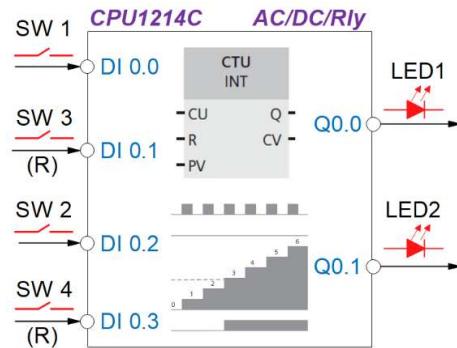


# AUTOMATIZACIÓN

## Aplicaciones básicas del PLC: Control de contadores

Este experimento le dará el conocimiento del uso de las funciones de contador en la realización de experimentos de control de procesos. Más adelante en el manual, los estudiantes usarán esta función para contrarrestar el número de veces que se alcanza una presión en un tanque de agua.

Comprenderán el principio de funcionamiento de las instrucciones "Contador ascendente" y "Contador descendente" de CTU.



## Aplicaciones de control básico de PLC: control de dos funciones

El objetivo principal de esta aplicación es presentar a los estudiantes cómo abordar una aplicación que tiene múltiples descripciones funcionales. Por ejemplo, si tiene un interruptor digital como entrada en el PLC y según el estado del interruptor, el PLC debe ejecutar una subrutina específica. Se agregará un bloque de código de función (FC) para configurar 2 programas funcionales.

## Experimentos avanzados de control de procesos:

Las aplicaciones avanzadas combinan el uso del panel de proceso con el PLC. Con el software del portal TIA, los estudiantes pueden comprender los siguientes conceptos:

- Diagrama esquemático del proceso
- Diagrama de señales del proceso
- Diagrama de flujo del proceso de automatización
- Diagrama de cableado de laboratorio

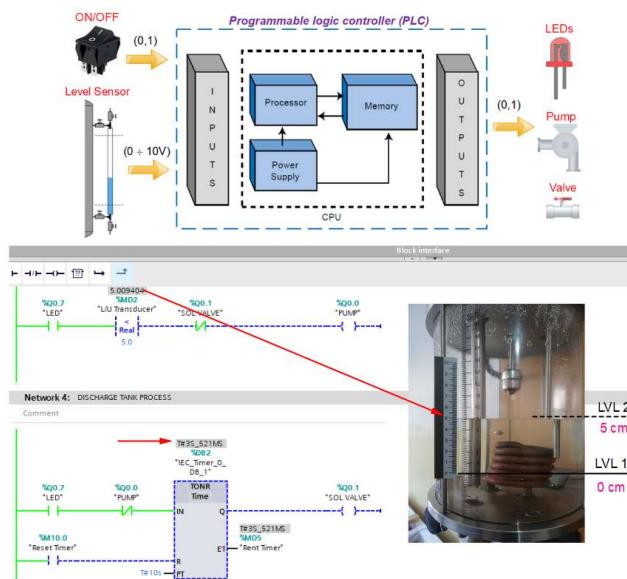
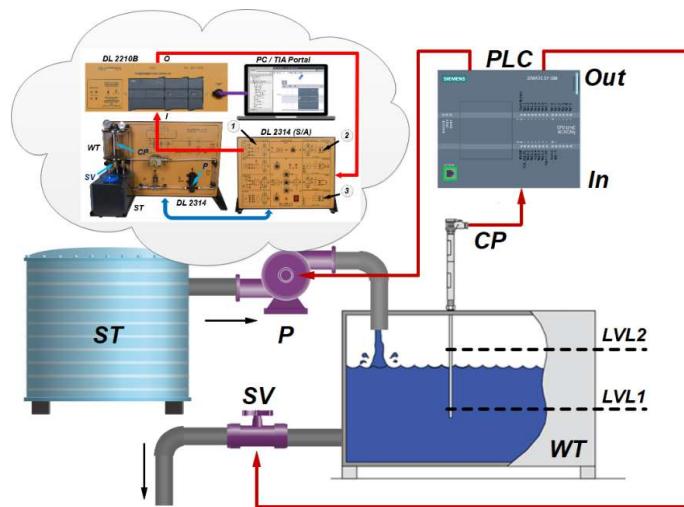


# AUTOMATIZACIÓN

## **Sistema de control de nivel. Estación de bombeo de agua**

Este primer experimento de control automático de procesos estudia una estación de bombeo de agua. Luego, el PLC controlará el flujo de agua hacia el tanque de agua.

Un método para ajustar los umbrales del nivel de control es usar la sonda de capacitancia incluida en el entrenador de control de proceso. La sonda monitoreará el nivel, con puntos de control ajustados por el PLC.



## **Sistema de control de nivel con respuesta en tiempo. Sistema de distribución de solvente líquido**

Este experimento introduce a los estudiantes a un sistema de control con respuesta de tiempo. Un ejemplo de sistema automatizado real es un sistema de distribución de solvente líquido ubicado en una fábrica. Su propósito es liberar el solvente en el sistema después de que el producto, en un recipiente de proceso, se haya vaciado hasta un cierto nivel.

Los estudiantes pueden cambiar el retraso propuesto utilizando el conocimiento de los experimentos anteriores.

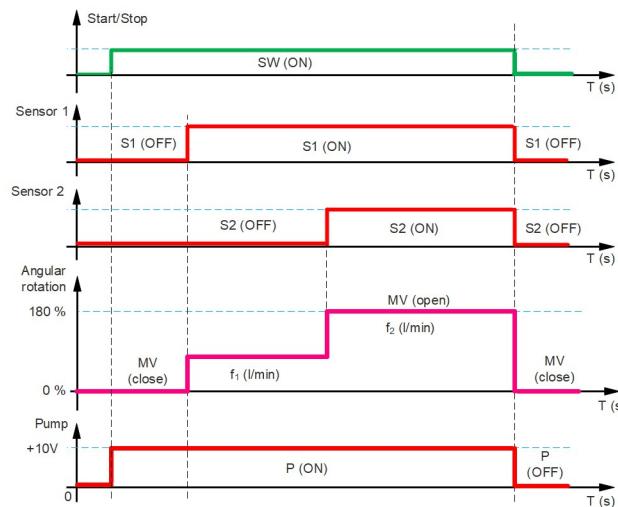
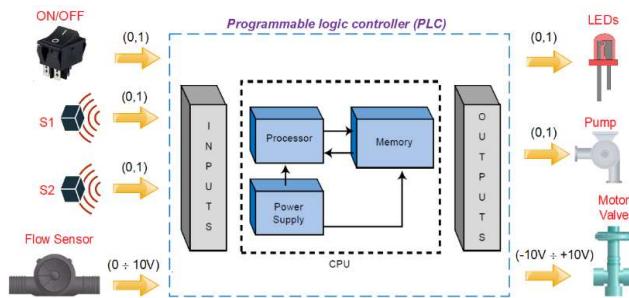
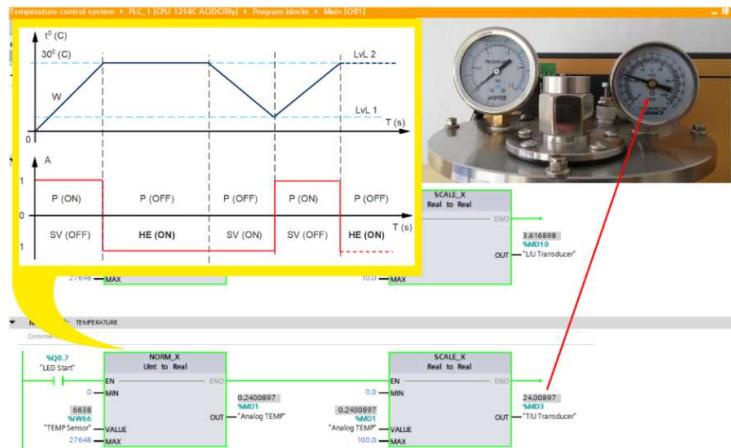


# AUTOMATIZACIÓN

## Sistema de control de temperatura. Estación de agua de calefacción

En comparación con los experimentos anteriores, se agregará una segunda entrada analógica al PLC. El experimento de control del proceso de temperatura presenta los principios del control de circuito único mediante la calibración de sensores y el ajuste del PLC para el control ON-OFF de temperatura.

El elemento calentador calentará el agua hasta un valor de temperatura predefinido.



## Sistema de control de flujo. Sistema de distribución de líquidos con bomba de flujo constante

Un sistema de control de flujo es un sistema de distribución de líquido con bomba de flujo constante para llenar botellas de agua que tienen 2 volúmenes diferentes. El PLC asegura un caudal bajo  $f_1$  cuando en la cinta transportadora hay una botella de agua pequeña y un caudal alto  $f_2$  cuando en la cinta transportadora hay una botella de agua grande.

El propósito del PLC es encender y apagar la bomba y controlar una válvula de motor para regular el caudal. El sensor de flujo que mide el flujo está ubicado en la tubería de agua.

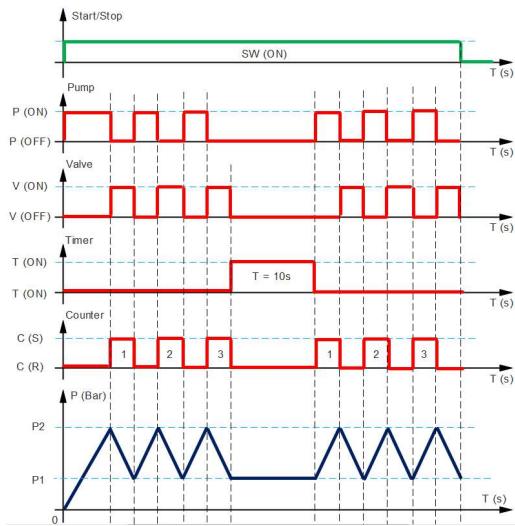
El transductor de flujo está conectado a la entrada analógica (AI 0.0) del PLC. La salida del transductor de flujo corresponde a una salida de 1 V a 0.5 litros por minuto.



# AUTOMATIZACIÓN

## **Sistema de control de presión con respuesta de tiempo rápido. Estación de limpieza a presión**

En esta aplicación, los estudiantes desarrollarán un controlador de presión ON-OFF (también conocido como controlador de histéresis). Este es un controlador de retroalimentación que cambia abruptamente entre dos estados. En el experimento se describe la funcionalidad de una estación de limpieza a presión para paneles solares. Su propósito es liberar la solución limpia a los paneles solares (SP) después de que el producto en un tanque de agua (WT) se haya llenado hasta cierto nivel de presión. A medida que el disolvente fluye a través de las tuberías de conexión, limpia un conjunto de 3 paneles solares en preparación para el siguiente conjunto.

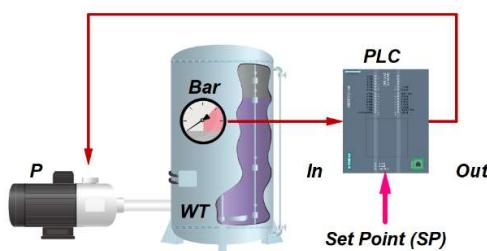
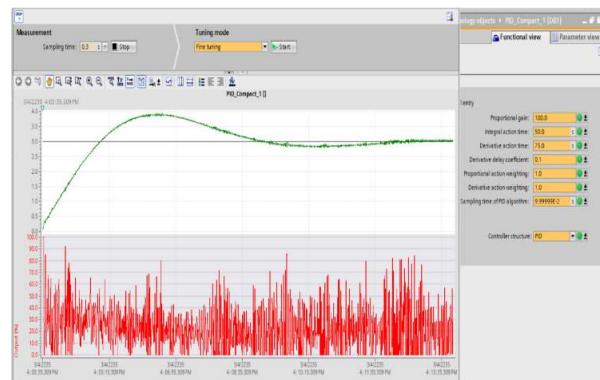


## **Sistema PID con respuesta de tiempo lento. Control PID de nivel de circuito cerrado**

Los estudiantes aprenden cómo realizar las conexiones de cableado de las interfaces de entrada, salida y controlador PID DL 2314 para controlar el agua.

Nivel en el tanque de proceso.

Se puede sintonizar el PID manualmente utilizando diferentes valores de P, I y D, y pueden probar fácilmente cómo reaccionan el control P, el control PI y el control PD a la misma configuración del entrenador.



## **Sistema PID con respuesta rápida. Control PID de presión de circuito cerrado**

El principal objetivo de este experimento es medir la presión. Los estudiantes aprenderán a realizar el preajuste y el ajuste fino del controlador PID.

Con los objetos tecnológicos para el control PID, crean circuitos de control con respuesta PID y optimización integrada en modo manual y automático.