

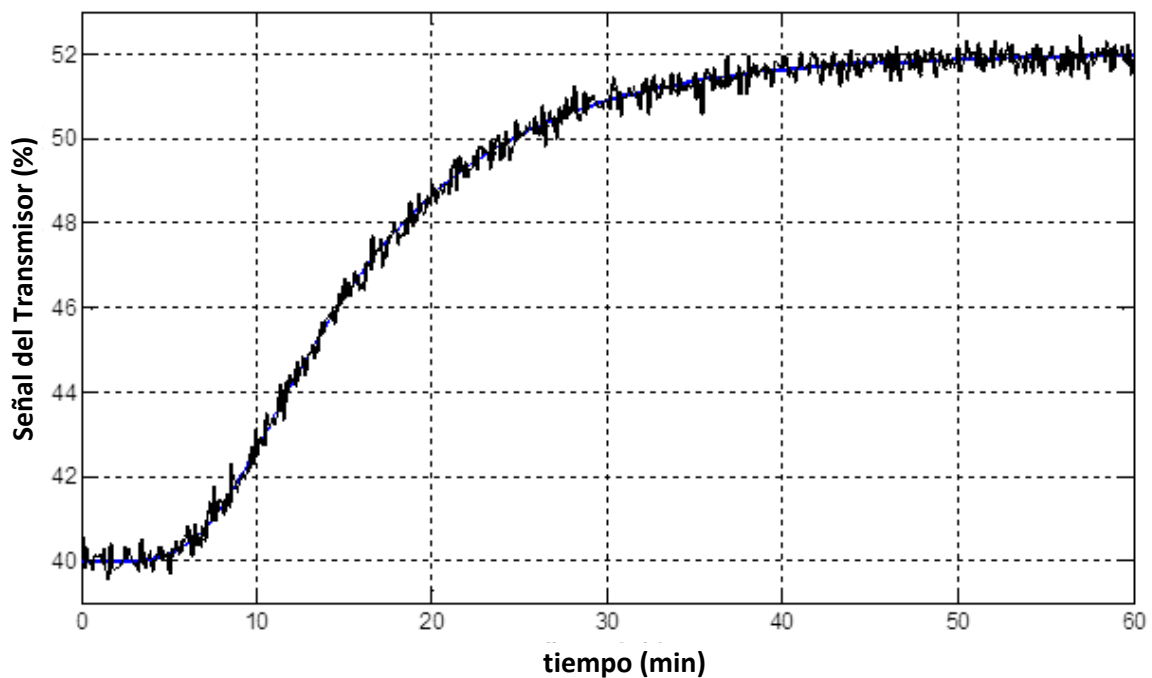
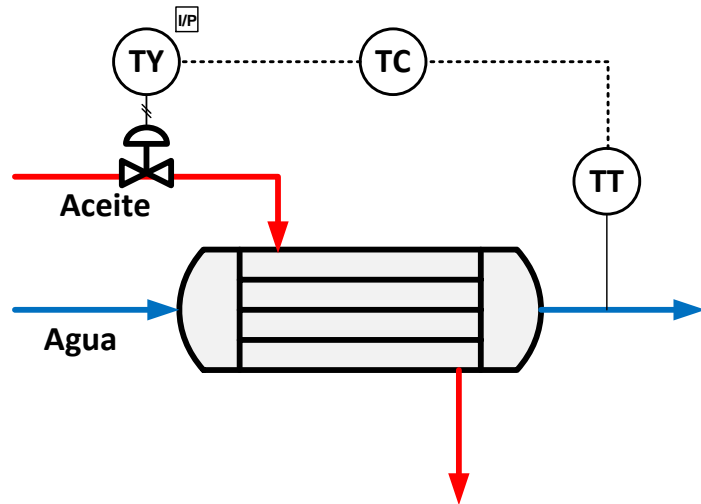


### TRABAJO PRÁCTICO Nº 5 Controladores de Proceso

#### PROBLEMA 5.1

Se desea controlar la temperatura a la salida en un intercambiador de calor con un lazo de control que manipula el flujo de la corriente caliente por medio de un controlador PI.

Un ensayo en lazo abierto proporcionó la siguiente curva de respuesta de la variable transmitida cuando la señal de control se cambia en forma escalón de 50 % a 60 %.

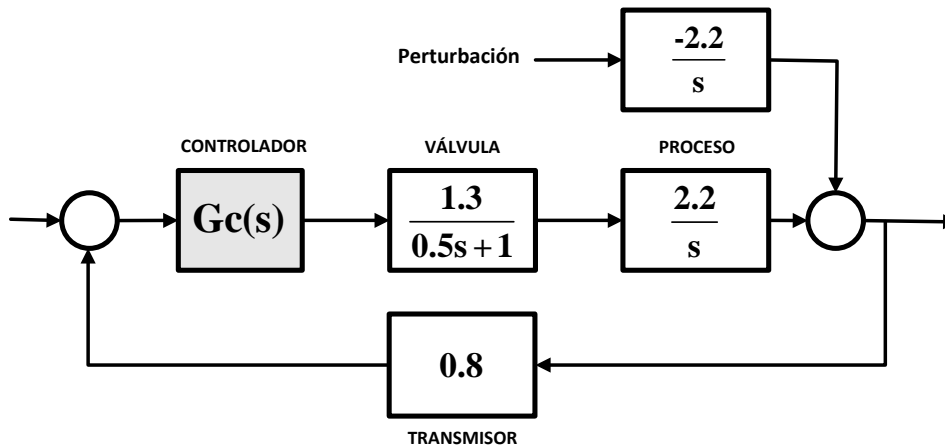


- Explique cómo se debe llevar adelante el ensayo en lazo abierto para obtener el transitorio de la figura.
- Sintonice el controlador.
- Estime cómo será la respuesta (período de oscilación y atenuación) cuando se practica un cambio escalón en el set point de 40 % a 45 %.
- ¿El sistema así sintonizado es estable?



### PROBLEMA 5.2

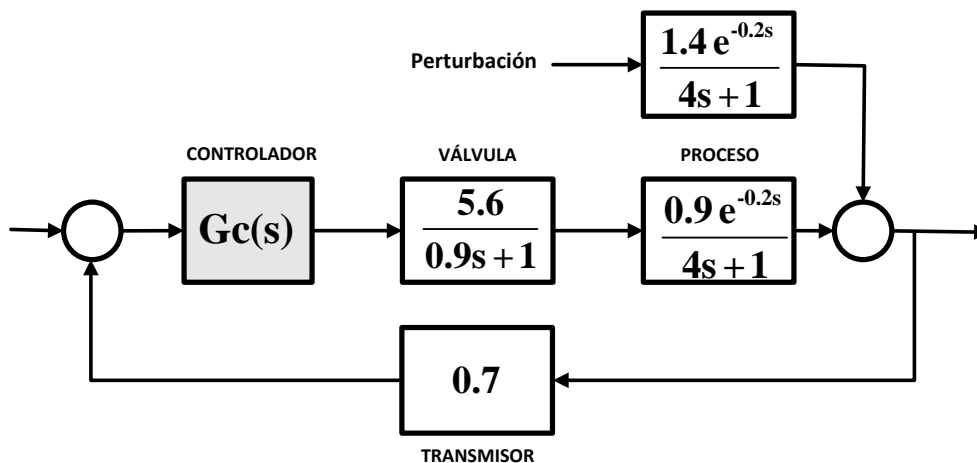
Un lazo de control con controlador ajustado con acción proporcional solamente está representado por el diagrama en bloques de la figura.



- Sintonizar el controlador para que la relación de atenuación de la respuesta sea 1:5
- Encuentre la respuesta temporal de la variable medida "y" a un cambio escalón de la perturbación de magnitud 4.
- Represente la respuesta temporal y verifique la relación de atenuación es la deseada.
- Calcule el error de estado estacionario
- Suponga que puede incrementar todo lo que desee la ganancia del controlador. ¿Para qué valor  $K_c$  se tornará inestable el lazo?
- ¿Un valor de  $K_c = 1.8$ , producirá una respuesta con una relación de atenuación mayor que 1:5? (No necesita hacer ningún cálculo adicional para responder).

### PROBLEMA 5.3

El lazo de control de composición de la figura se va a emplear para comparar el desempeño de distintos tipos de controladores con operación regulatoria. Las ganancias se encuentran expresadas en unidades consistentes y los parámetros dinámicos en minutos.





Considere tres tipos de controladores: **P**, **PI** y **PID**. Para cada uno de ellos:

- Sintonizar
- Encontrar la respuesta de la variable medida a un escalón de la perturbación de magnitud 1.5
- Calcular los siguientes índices de calidad de respuesta: máximo sobrevalor, relación de atenuación, período propio de oscilación, off set.
- Superponga los transitorios y vuelque los índices en una tabla a fin de poder comparar el comportamiento de los distintos controladores. Indique las ventajas y desventajas de las acciones integral y derivativa.

Suponga ahora que el controlador **PID** debe rechazar una perturbación tipo escalón de magnitud -2.0. ¿Cómo se modifican los índices de comportamiento?

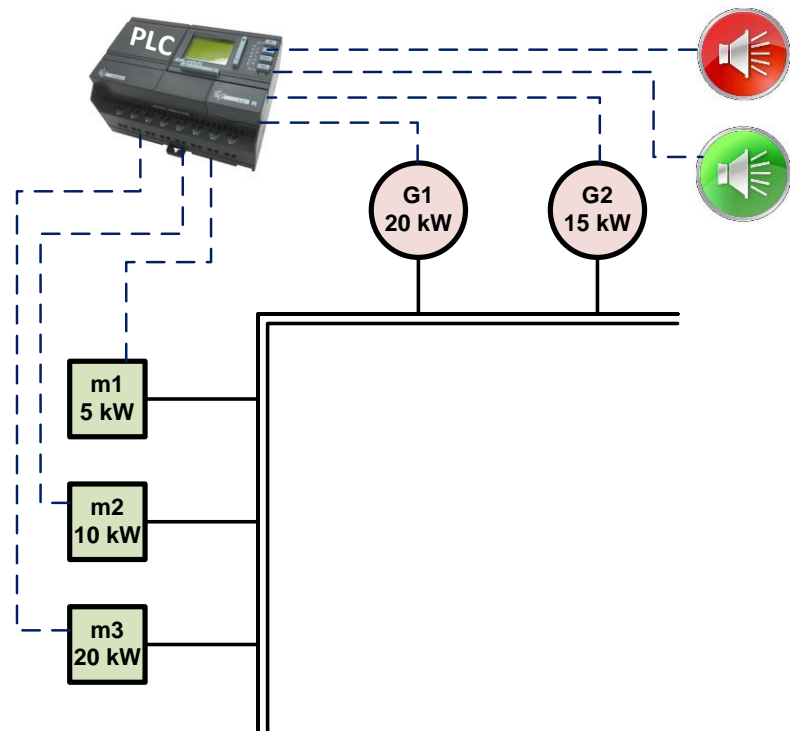
#### PROBLEMA 5.4

En una citrícola se dispone de dos generadores: G1 de 20 kW y otro de 15 kW. Se emplean para alimentar tres motores de 5, 10 y 20 kW que funcionan en forma cambiante, demandando cambios en la potencia suministrada.

Se necesita un sistema de control automático que

Detecte los motores que están encendidos y que de acuerdo a esto haga entrar en funcionamiento primero el generador de 20 kW y si no es suficiente, activar el otro generador.

- Si ningún motor está activado, G1 deberá estar apagado.
- Si el consumo total de potencia no supera 35 kW, se deberá encender una luz verde y si se llega a ese valor, se deberá activar una luz roja.
  - a) Genere una estrategia de control lógico que cumpla con los objetivos planteados para la operación.
  - b) Haga un programa con lógica escalera (Ladder) que permita implementar la estrategia en un autómata programable.



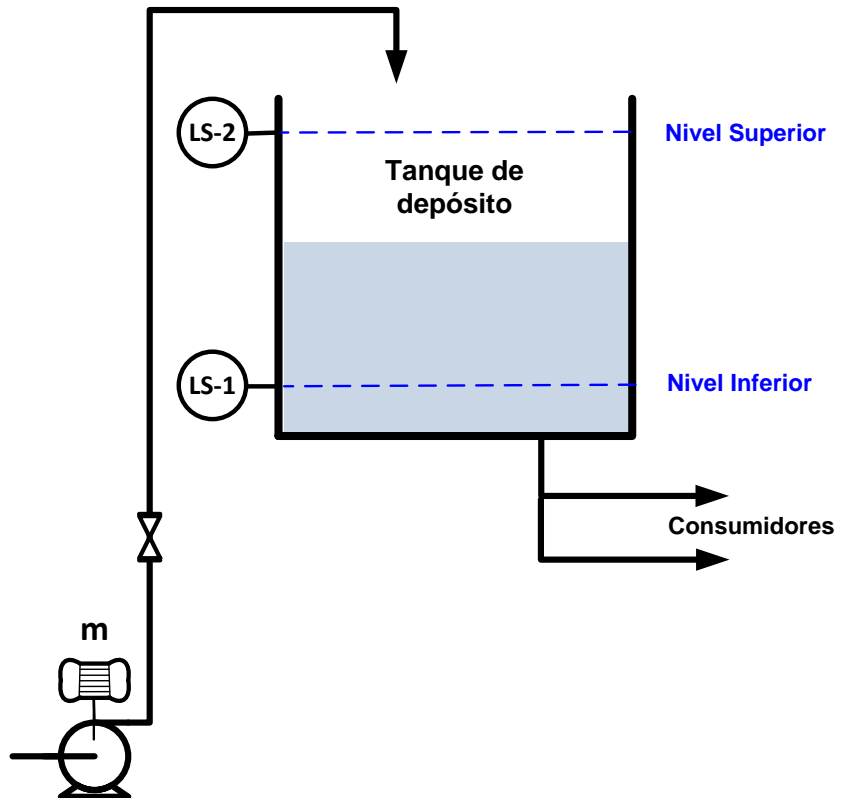
#### PROBLEMA 5.5

Estudie un sistema de nivel de un tanque elevado que se debe mantener entre un nivel mínimo y otro máximo y que opere de la siguiente forma:



*Si el nivel llega al mínimo, se debe activar la bomba que deberá permanecer activa hasta que el nivel llegue al máximo, en ese momento la bomba se desactiva hasta que el nivel llegue a la cota mínima.*

- Identifique todos los estados por los que deberá pasar el proceso, consignando las condiciones para la transición de un estado a otro.
- Confeccione grafo de transición de estados que muestre cómo debe operar el sistema automatizado.
- Indique todos los elementos que son requeridos para la automatización del proceso y especifique su tipo.
- Desarrolle un GRAFCET del ciclo de operación para programar la automatización en un PLC.



- Confeccione un esquema lógico de contactos (Ladder) para programar un autómeta. Ayúdese planteando la tabla de la verdad de las señales de entrada y salida del PLC.
- Dibuje un transitorio del nivel del tanque e indique en todo el rango como es la evolución de las señales de entrada y salida del PLC. Marque en ese mismo gráfico los estados.

### PROBLEMA 5.6

Se debe diseñar un programa para la puesta en marcha y el paro de un agitador instalado en un reactor tanque agitado continuo. El agitador es accionado por un motor eléctrico. Se disponen de dos botones (pulsadores), uno para el arranque del agitador y otro para paro. Realice:

- Esquema de la instalación y un diagrama de estados
- Tabla de la verdad
- Encuentre la relación de las salidas en función de las entradas y simplifique la expresión indicando teoremas, postulados y propiedades que usa
- Programa en Ladder



### PROBLEMA 5.7

Se pretende automatizar la barrera de un estacionamiento de autos y se dispone de un detector de proximidad ultrasónico para los vehículos. La barrera de acceso se moviliza con un motor, que mientras permanece encendido eleva la barrera y la mantiene en esa posición, mientras que cuando se desactiva, la barrera baja por su propio peso. Se consideran dos alternativas para automatizar el ingreso de los autos:

- **CASO 1.** Cuando el detector se activa (auto llegando), el motor se debe permanecer activo por un intervalo de tiempo de 30 segundos, al cabo del cual el motor se detendrá.
- **CASO 2.** Cuando el vehículo llega (el detector se activa), en forma inmediata el motor debe elevar la barrera y cuando el detector indica que el vehículo ya pasó (desactivado), el motor deberá desactivar el motor después de transcurridos 5 segundos.

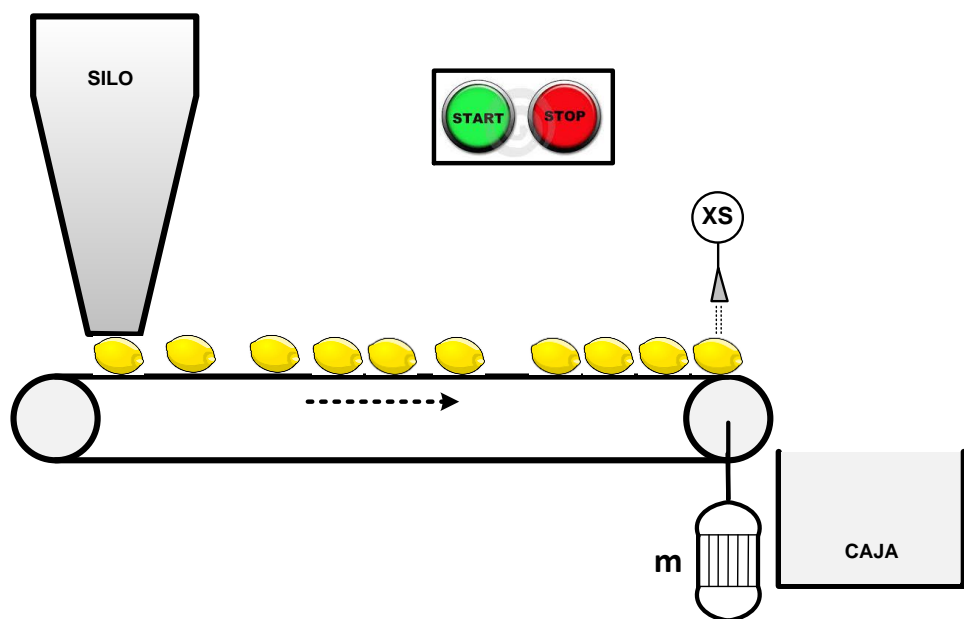


Para cada caso programe en lenguaje de contactos esta etapa de la automatización.

### PROBLEMA 5.8

Una cinta transportadora accionada por un motor (m) traslada limones desde un silo hasta el extremo donde cae en una caja para su embalaje.

Se pretende operar el sistema en forma automática mediante un autómata programable con las premisas que se dan a continuación:



- Usar dos pulsadores, uno para arranque y otro para la detención de la cinta en cualquier momento (sistema arranque-parada).



- En el extremo de la cinta, un sensor fotoeléctrico permite activar un bit cada vez que cruza un limón. Cuando el sensor haya detectado el paso de 60 limones, se deberá detener la cinta para que el operario retire la caja llena y coloque otra vacía y la cinta se pondrá en marcha en forma automática a cabo de 30 segundos.
- a) Identifique los estados y las acciones que deben llevar a cabo en cada uno de ellos.
  - b) Desarrolle un grafo de estados indicando todas las transiciones
  - c) Realice una tabla de entradas y salidas del PLC.
  - d) Proponga un detector alternativo para el conteo de los limones.
  - e) Genere un esquema de lógica de contactos (Ladder) que permita su implementación en un autómatas programable. Precise si se requiere algún elemento adicional a los que ya están instalados.
  - f) Desarrolle el programa del autómatas en un GRAFCET

### PROBLEMA 5.9

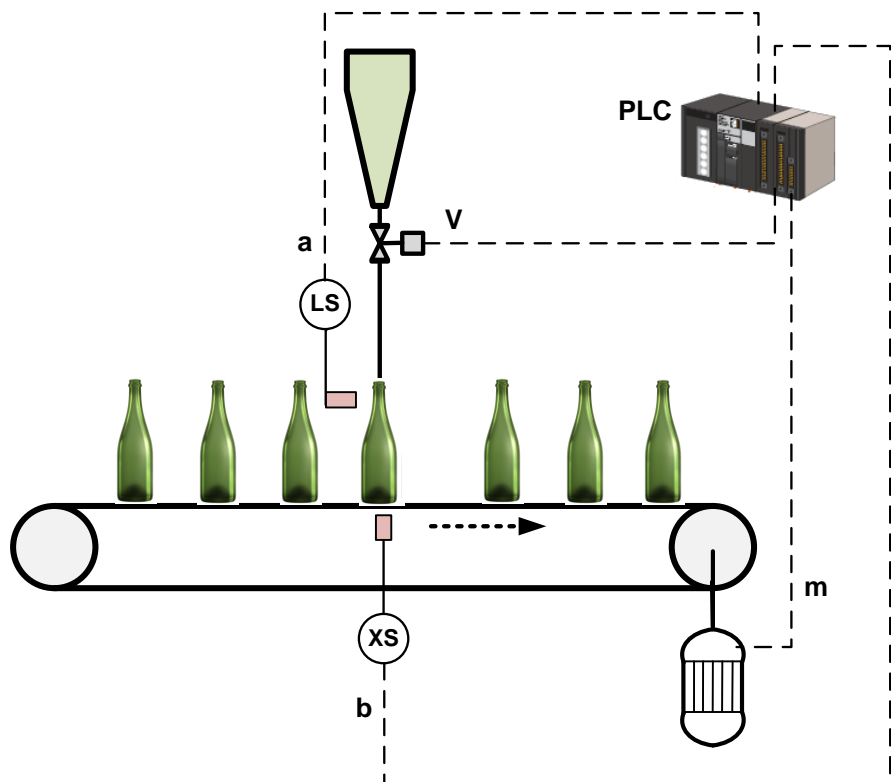
Considerar una embotelladora como la que se esquematiza en la figura. Existen dos señales producidas por sensores:

- Señal a: generada por un sensor de proximidad que produce una salida de 24 Vcc si tiene una botella encima y cero en caso contrario.
- Señal b: sensor fotoeléctrico que produce una señal de 24 Vcc si el nivel de líquido llena la botella, de lo contrario es nula.

Hay dos actuadores:

- Motor de la cinta (m): se pone en marcha ante una señal no nula de 24 Vcc
- Válvula solenoide V: abre y deja caer líquido con una señal de 24 Vcc y cierra completamente cuando la señal es nula.

El sistema debe operar de la forma siguiente:



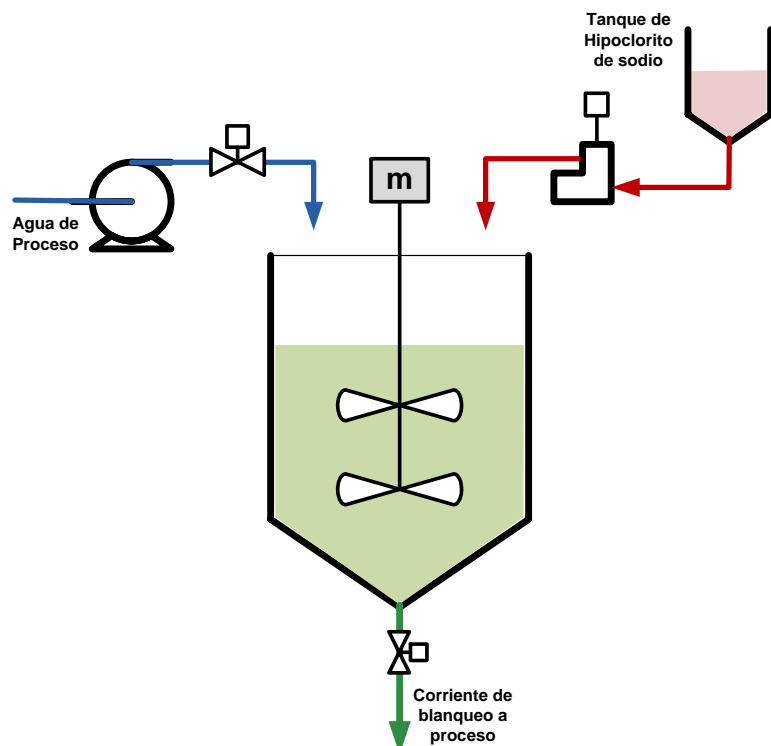


- Cuando la botella se acerca a conducto de llenado lo detecta el sensor a y detiene la cinta
  - Cuando la cinta se detuvo y hay una botella debajo del elemento de alimentación de líquido, se debe abrir la válvula hasta que se llena (detectado por el sensor b), momento en el que se debe cerrar.
  - Cuando la válvula se cerró se pone en marcha de nuevo la cinta alejando la botella llena y produciendo el acercamiento de la siguiente botella vacía.
- a) Desarrolle un diagrama de estados (máquina de estados finitos) del proceso.  
b) Produzca un GRAFCET que permita programar un PLC  
c) Escriba un programa con lógica escalera que pueda ser implementado en un autómata programable para automatización el proceso.

### PROBLEMA 5.10

El blanqueo de pasta de celulosa para la fabricación de papel se realiza empleando soluciones de hipoclorito de sodio. Considere que debe preparar un volumen determinado de solución con una concentración también fijada. Para eso se dispone de un tanque al que llegan dos corrientes: agua de proceso impulsada por una bomba centrífuga y solución concentrada de hipoclorito que se alimenta con una bomba de dosificadora que asegura un caudal constante. Un sistema de control automático debe realizar las siguientes tareas:

- Activar el **inicio** del ciclo con un pulsador.
- Alimentar agua de proceso. Para esto primero se debe activar el motor de la bomba centrífuga y 5 segundos después abrir una válvula de carga al tanque. El proceso debe continuar hasta que el tanque contenga un prefijado volumen de agua (determinado por un sensor apropiado). Cumplido esto cierra la válvula y apaga el motor de la bomba.
- Poner en funcionamiento el motor que agita el líquido en el interior del tanque durante 300 segundos ( $t_A$ ). En forma simultánea, alimentar hipoclorito concentrado durante un tiempo prefijado de 60 segundos ( $t_B$ ) para asegurar una concentración acorde a las necesidades de proceso.
- Parar el motor del agitador y abrir la válvula de descarga hasta que el tanque quede vacío.
- Aguardar hasta que se reinicie el ciclo mediante el pulsador.





- Defina claramente las etapas del proceso y las condiciones para la transición entre ellas. Realice un diagrama de estado si lo considera necesario
- Indique que elementos de medición y de actuación se requieren para implementar una estrategia de automatización de la operación.
- Desarrollar un GRAFCET que describa la secuencia de automatización
- Desarrollar un esquema de lógica de contactos (Ladder) a partir del GRAFCET.

### PROBLEMA 5.11

El proceso de preparación de solución de hipoclorito diseñado e implementado según el desarrollo del problema anterior resultó muy provechoso. Ahora se pretende usar la misma instalación y PLC, pero para preparar lotes de soluciones de dos “recetas” distintas:

RECETA	VOLUMEN	CONCENTRACIÓN	AGITACIÓN
<b>A – Original</b>	3 m <sup>3</sup>	2 % (t <sub>B</sub> = 60 s)	t <sub>A</sub> = 300 s
<b>B - Alternativa</b>	2 m <sup>3</sup>	3 % (t <sub>B</sub> = 80 s)	t <sub>A</sub> = 300 s

Cada tipo de solución sirve para aplicaciones distintas y para seleccionar cual producir se utilizarán dos pulsadores, uno para iniciar la preparación de la receta A y el otro para la B. Además se prevé un tercer pulsador para detención del proceso en forma inmediata en cualquier momento. Además, para que el operario conozca el tipo de solución que se está preparando, una luz verde indicará preparación de la receta A y una luz amarilla si se prepara la otra.

- Definir los estados y las acciones de cada uno de ellos. Trabajar modificando el grafo que desarrolló antes. Indique todas las transiciones.
- Especificar qué sensores adicionales deberá usar.
- Confeccione una tabla con las entradas y salidas del autómata. ¿Se puede seguir usando el nano PLC de 6 entradas y 6 salidas digitales?
- Desarrollar un GRAFCET que describa la secuencia de automatización
- Desarrollar un esquema de lógica de contactos (Ladder) a partir del GRAFCET.

### PROBLEMA 5.12 (Para los alumnos)

Un sistema de envasado está formado por una cinta por la que se transportan botellas de vidrio pigmentadas. El sistema permite el llenado de un producto A o uno B que se selecciona de acuerdo a la necesidad. Para la operación con cada producto dispone de detector de posición (XS), detector de nivel de llenado (LS) y electro-válvula. La cinta es traccionada por un motor (m) que puede activarse o desconectarse a través de señales eléctricas.

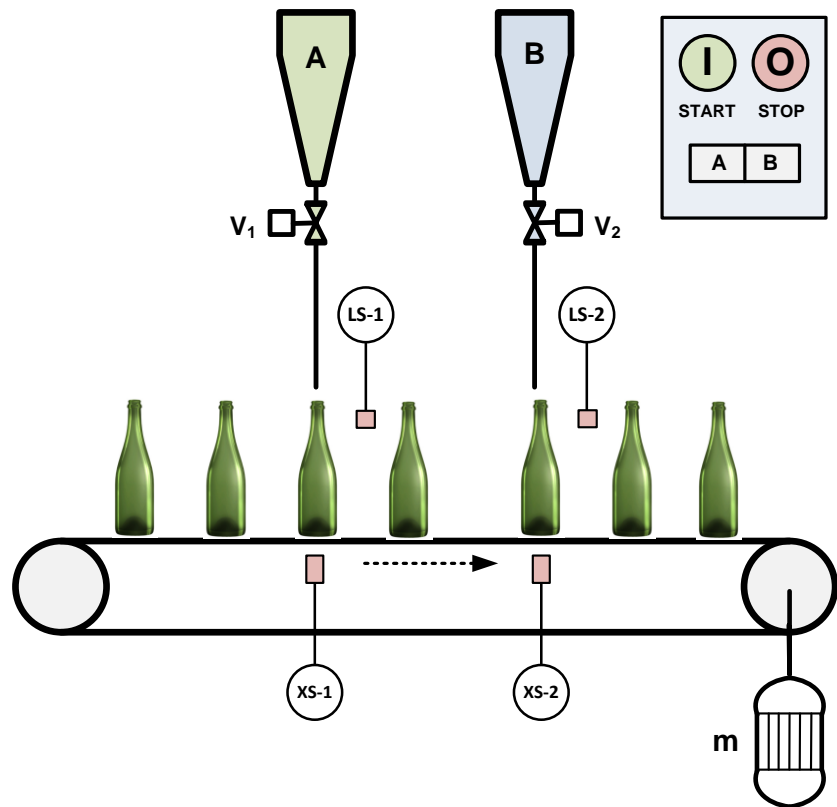
Se va automatizar el proceso mediante un PLC y se desea que el sistema trabaje así:

- El operario debe seleccionar mediante un interruptor ubicado el tablero de comando si debe llenarse las botellas con A o con B.
- Para iniciar el proceso de llenado, el operario debe pulsar START. Con esta acción el motor de la cinta debe ponerse en movimiento
- Dependiendo de la elección del producto a envasar, cuando la botella se acerca a conducto de llenado lo detecta el sensor correspondiente (XS-1 si se envasa A o XS-2 si el llenado es con B) y detiene la cinta.





- Cuando la cinta se detuvo y hay una botella debajo del conducto de alimentación se debe abrir la válvula hasta que se llene (detectado por el detector de nivel correspondiente), momento en el que se debe cerrar.
- Cuando la válvula se cerró se pone en marcha de nuevo la cinta alejando la botella llena y produciendo la aproximación de la siguiente botella vacía.
- El proceso puede ser detenido en cualquier momento por el operario pulsando el botón STOP del tablero de comando, pero una vez que se completa el llenado en curso.
- El proceso se deberá detener automáticamente cuando se hayan llenado 100 botellas.



- (a) Proponga el tipo de detectores se requieren para la automatización del proceso.  
(b) Indique entradas y salidas del PLC  
(c) Haga un programa para la automatización según el estándar IEC 61131-3.

**Al finalizar este tema el alumno sabrá:**



- Aplicar procedimientos para sintonización de controladores PID
- Comprender el significado y utilidad de los índices de calidad de respuesta
- Utilizar Simulink como herramienta de simulación dinámica de ejemplos sencillos
- Identificar las características generales de los Autómatas Programables (PLC)
- Desarrollar programas elementales de control lógico y secuencial de la industria de procesos.