

## **22.88 Sensores y Actuadores**

**Año 2021**

### **Trabajo Práctico Final**

#### **Introducción**

El presente trabajo práctico consiste en la selección de sensores y actuadores, junto con el desarrollo de un programa de PLC para controlar una línea de fabricación de helados.

A modo general, el proceso de fabricación de helado puede dividirse en los siguientes subprocesos:

- Homogeneización y Pasteurización
- Mezcla de ingredientes
- Enfriamiento y maduración
- Congelamiento continuo
- Dosificación de ingredientes extras
- Envasado
- Endurecimiento para almacenaje y distribución

A continuación, se detallan las principales etapas del proceso de manera de brindar un contexto orientativo.

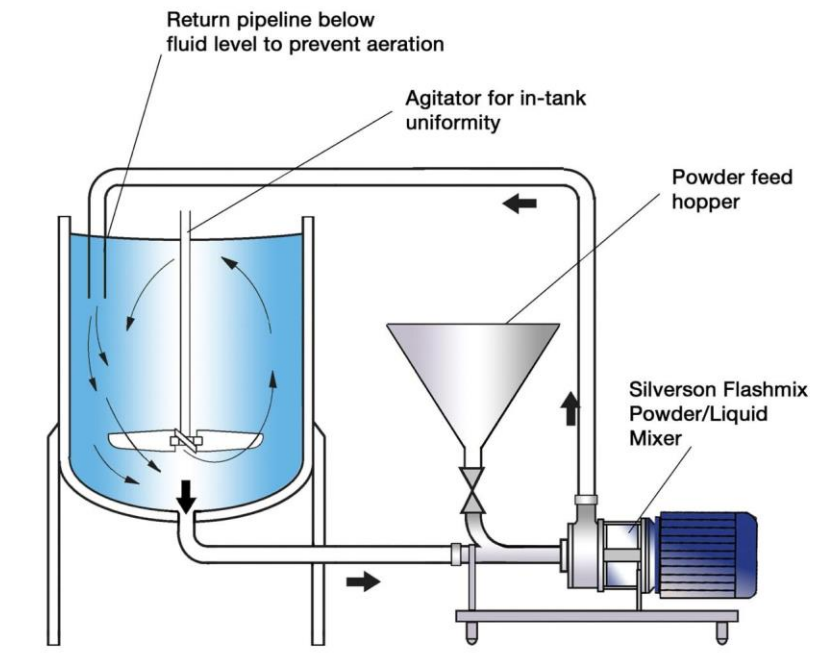
**La consigna principal de este Trabajo Práctico se centra en la automatización del proceso de los procesos de mezcla de ingredientes, maduración y congelamiento continuo.**

#### **Pasteurización y Homogeneización:**

En la producción a gran escala, la leche fluye a través de un filtro hasta un tanque de equilibrio. Desde allí se bombea a un intercambiador de calor de placas, donde se precalienta a 73-75 ° C. Después de la homogeneización a 14 a 20 MPa (140-200 bar), la mezcla se devuelve al intercambiador de calor de placas y se pasteuriza a 83 a 85 ° C durante aproximadamente 15 segundos. Luego, la mezcla pasteurizada se enfría a 5 ° C y se transfiere a un tanque de maduración. El propósito de la pasteurización es destruir las bacterias. El proceso de homogeneización da como resultado glóbulos de grasa uniformemente pequeños que mejoran la propiedad de batido y la textura de la mezcla de helado.

#### **Mezcla de ingredientes:**

Los ingredientes secos granulados, como leche en polvo, colorantes, saborizantes y azúcar, se añaden generalmente a través de una unidad de mezcla, a través de la cual se hace circular el agua, creando un efecto venturi que succiona el polvo en el flujo.



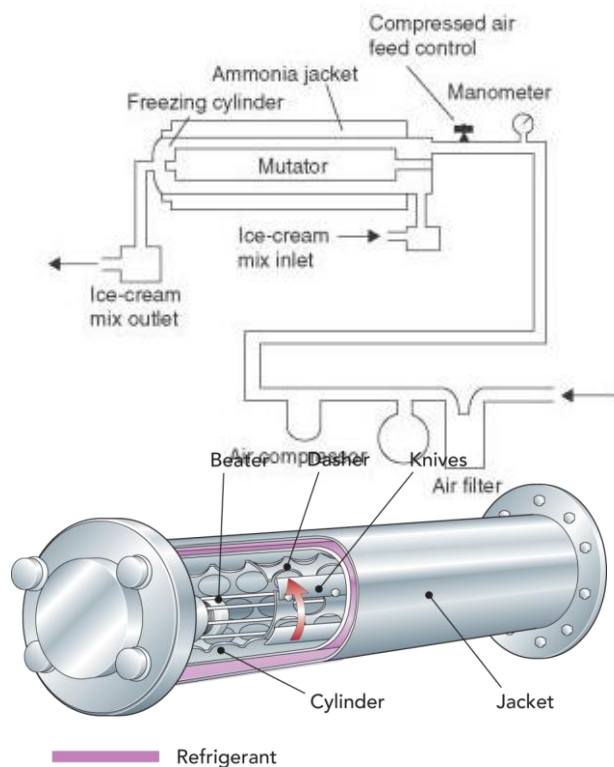
#### Enfriamiento y maduración:

La mezcla debe envejecer durante al menos 4 horas a una temperatura de 2 a 5 ° C con agitación suave continua. El envejecimiento permite que las proteínas de la leche y el agua interactúen y que la grasa líquida se cristalice. Esto da como resultado una mejor incorporación de aire y una mejor resistencia a la fusión.

#### Congelamiento continuo:

El principal objetivo de esta etapa es congelar una parte significativa del contenido de agua de la mezcla en una gran cantidad de pequeños cristales de hielo.

La mezcla de helado se dosifica en el cilindro de congelación mediante una bomba de engranajes. Al mismo tiempo, se introduce un flujo de aire constante en el cilindro y se mezcla con un batidor. El refrigerante (glycol) que rodea el cilindro genera el proceso de congelación. La capa de mezcla congelada en la pared interior del cilindro es raspada continuamente por la cuchilla giratoria, y una segunda bomba de engranajes impulsa el helado hacia un alimentador de ingredientes o una máquina llenadora. La temperatura de salida es de -8 a -3 ° C dependiendo del tipo de producto helado, donde del 30 al 55% del agua se congela en cristales de hielo dependiendo de la composición de la formulación de la mezcla.



**Proceso de congelamiento continuo**

**Cilindro de un congelador**

#### **Parámetros de la receta:**

- Volumen leche pasteurizada [litros]
- Velocidad agitación mezcla y enfriamiento [%]
- Temperatura de enfriamiento [°C]
- Tiempo maduración [minutos]
- Velocidad agitación maduración y congelado [%]
- Velocidad bomba congelador [%]
- Temperatura congelado [°C]
- Caudal inyección aire [kg/h]

#### **Descripción del proceso:**

1. Condiciones iniciales: Al momento de dar inicio a un nuevo lote de producción, el programa verificará que el tanque se encuentre vacío.
2. Posición inicial: Se pasarán los equipos a automático, se cerrarán todas las válvulas y detendrán todos los motores.
3. Ingreso de leche pasteurizada: Se abrirá la válvula V01 para llenar el tanque hasta que el LT01 indique un nivel igual o superior al parámetro "Volumen leche pasteurizada".
4. Mezcla de ingredientes: Se abrirán las válvulas V02 y V03, y se encenderá la bomba B02. Con la activación del flow switch FS01 se abrirá la válvula V04 y se la mantendrá abierta hasta tanto el LSL02 indique que la tolva ha sido vaciada. Paralelamente se activará el agitador SC01 con una velocidad igual al parámetro "Velocidad agitación mezcla y enfriamiento".

5. Enfriamiento: Con la bomba B02 encendida y el camino de recirculación abierto, mantendrá el agitador en funcionamiento y se habilitará el lazo PID01 con un setpoint igual al parámetro "Temperatura de enfriamiento" menos 1°C. La etapa de enfriamiento finalizará cuando la temperatura del tanque TT01 sea igual o menor a "Temperatura de enfriamiento". Al cumplirse esta condición, se detendrá el lazo PID y se apagará la bomba B02, para luego cerrar las válvulas V02 y V03.
6. Maduración: Se mantendrá el agitador M01 en funcionamiento, pero ahora con una velocidad igual a "Velocidad agitación maduración y congelado". Se mantendrá esta situación por un tiempo total igual al parámetro "Tiempo maduración".
7. Congelado y envío: Se mantendrá el agitador encendido. Se abrirá la válvula V05 y se encenderá la bomba SC01 a una velocidad igual a "Velocidad bomba congelador". Paralelamente encenderá el motor M03 y se activará el lazo PID02 de manera tal de lograr una temperatura TT03 igual al parámetro "Temperatura congelado". A su vez, se abrirá la válvula V07 y se activará el lazo PID03 para conseguir un caudal de aire igual a "Caudal inyección aire". La producción finalizará cuando se detecte tanque vacío en el sensor LSL01.

La falla de cualquier elemento detendrá la secuencia, la cual deberá luego ser re-iniciada manualmente por el operador.

## **Desarrollo del Trabajo Práctico**

### **1) Selección de bomba**

Seleccione la bomba B02 de manera tal que la misma genere una depresión mínima de 0,05 bar con el tanque lleno (2mca totales) y genere en esta condición un caudal de al menos 15000 litros/hora. Considere un largo total de 5m lineales de cañerías entre el tanque y B02, más 25m totales equivalentes (considerando enfriador) de B02 al tanque. Tener en cuenta que la bomba estará en contacto con el producto, con lo cual deberá ser de tipo sanitaria.

### **2) Selección de sensores**

Seleccione los siguientes sensores:

- LT01
- LSL01 y LSL02
- TT01, TT02 y TT03
- FT01
- FS01

NOTA:

- Se deberá indicar el código completo del sensor elegido (no basta con indicar la familia).
- Todos los sensores deberán contar con una conexión a proceso sanitaria, siendo el tipo DIN11851 el más comúnmente utilizado en la industria láctea.
- Todo el instrumental analógico deberá ser 4-20mA.
- Justifique la elección de cada uno de los instrumentos. Releve atentamente los datos necesarios del enunciado e indique TODAS las características de los sensores elegidos.

Marcas sugeridas: Endress Hauser, Vega e IFM.

### **3) Calcular el KV requerido para la válvula CV02**

Calcular el KV considerando un caudal máximo de aire de 100kg/h, con una presión de entrada de aire de 6 bar y una presión de salida de 2 bar.

Marcas sugeridas: Gea, Norit Sudmo y Valtol Samson.

### **4) Selección actuadores**

Seleccionar una válvula mariposa sanitaria para la V01, elegir su actuador y electroválvula para el comando de la misma desde el PLC.

Realice un esquema eléctrico completo del arranque trifásico del variador de velocidad SC01. Suponga un variador Danfoss FC-302 de 1,5kW y señales convencionales (24VDC digitales y 4-20mA analógicas) para su comando desde el PLC.

### **5) Desarrollo del sistema de control**

Se pretende que todo el sistema sea controlado por un PLC Siemens S7-1500 y que su funcionamiento responda a los lineamientos descritos anteriormente.

También se pretende desarrollar una interfaz gráfica en un panel Siemens TP900 Comfort. Deberán utilizarse los objetos de la librería Basic Process Library v2.4 o superior.

Para el desarrollo del programa se deberá utilizar el software TIA Portal v16 de Siemens.

### **6) Probar el sistema en detalle**

Finalizadas las pruebas, realizar una presentación ante la cátedra en la fecha de final donde se expongan los criterios de selección de los equipos junto con el programa desarrollado.

#### **Link de descarga Instaladores:**

<https://drive.google.com/drive/folders/1cFVTIWdLuePpe4szuZXcggj6S1O3f8Mq?usp=sharing>