



Trabajo de Diploma

Autor: Angel Antonio Remesal
Bychko

Tutores: MSc. Mónica Mulet Hing

Colaboradores: Liuber Vaillant
Sánchez

Santiago de Cuba

2017



Universidad de Oriente
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Control Automático

TRABAJO DE DIPLOMA

EN OPCIÓN AL GRADO DE INGENIERO EN AUTOMÁTICA

TÍTULO

*Propuesta de Automatización para el
Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey.*

AUTOR:

Angel Antonio Remesal Bychko

TUTOR:

MSc. Monica Mulet Hing

COLABORADOR:

Ing. Luiber Vaillant Sánchez

DEDICATORIA

- ❖ *A mis padres por ser los que estimularon y apoyaron durante todos estos años.*

AGRADECIMIENTOS

- ❖ *A mis tutores Mónica y Liuber por ayudarme en todo momento y dedicarme tanto tiempo.*
- ❖ *A mis padres por siempre estar cuando más me hizo falta.*
- ❖ *A toda mi familia por brindarme la ayuda necesaria.*
- ❖ *A mi esposa por estar conmigo en todo momento.*
- ❖ *A todos mis amigos por estar en las buenas y en las malas.*
- ❖ *A todos los que de una forma u otra me brindaron su ayuda.*

RESUMEN:

El siguiente proyecto es una propuesta de automatización para el pasteurizador del área de embotellado de la Fábrica de Cervezas Hatuey de la provincia de Santiago de Cuba, para así mejorar el estado técnico del mismo y tener un mayor control del proceso de pasteurización desarrollado por este para obtener una mayor calidad en el producto finalizado, ya que el pasteurizador carece de automatización. Se diseñó un lazo de control de temperatura para cada zona de la máquina, ya que al realizar un correcto control de la temperatura garantizamos la correcta pasteurización del producto. Para la realización de este proyecto se tuvo en cuenta las variables presentes en el proceso pues es de vital importancia la correcta elección de la instrumentación a utilizar. Se realiza además la programación del PLC Mitsubishi de la serie FX3U, el autómeta se programó utilizando lenguaje de Contactos (LD) y la interfaz para su conexión con la interfaz gráfica es RS-485. La implementación de este proyecto permitirá elevar notablemente la calidad del funcionamiento del sistema anteriormente mencionado, ya que propiciará estabilidad en el proceso en general y así garantizaría una mayor calidad de la cerveza o malta, así como mayor comodidad para interactuar con el proceso de los trabajadores de esta planta.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: Descripción del proceso de pasteurización y.	6
Introducción.....	6
1.1.1 Descripción del flujo de producción del Pasteurizador Flash de la Fábrica de Cervezas Hatuey.	9
1.1.2 Detalles de equipos de pasteurización:	9
1.1.3 Descripción del funcionamiento del pasteurizador flash:	12
1.2 Importancia de una eficaz pasteurización:.....	13
1.2.1 Determinación y medición de los grados de pasteurización (Up):	14
1.2.2Tiempo de reducción decimal (D):	14
1.2.3 Constante de resistencia térmica (z):	15
1.3 Pasteurizador con intercambiadores de calor:.....	16
1.4 Controladores lógicos programables (plc). Ventajas de los PLC.....	17
1.4.1 Ventajas del uso de los plc:	18
1.4.2 Capacidades de E/S en los PLC modulares.....	19
1.4.3 Componentes estructurales fundamentales de los PLC.:	19
1.4.4 Campos de aplicación.	20
1.4.5 Señales analógicas y digitales.....	21
1.5. Antecedentes de la planta:	21
Conclusiones del Capítulo:.....	22
CAPÍTULO 2: Propuesta de Automatización del pasteurizador.	23
Introducción.....	23
2.1. Instrumentación utilizada.....	23
2.1.1 RTD PT-100	23
2.1.2 Válvulas de control	25
2.2. Estrategia de Automatización	27

Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

2.3. Sistema de control propuesto.....	29
2.4 Controlador lógico programable (plc) Mitsubishi de la familia FX.....	31
2.4.1. Estructura del PLC.....	31
2.4.2. Características de la serie (FX3U) Mitsubishi a utilizar en la automatización del pasteurizador de la zona de embotellado de la fábrica de cervezas Hatuey.....	32
2.4.3. Ventajas de los PLC's Mitsubishi serie (FX3U).....	33
2.5. Módulos Analógicos DE ENTRADA del PLC FX3U.....	34
2.6. Comunicación PLC Mitsubishi con la PC.....	35
2.6.1. Fundamentos sobre el protocolo Modbus.....	36
2.6. 2. Modo de transmisión propuesto. MODBUS TCP/ IP.	36
2.6.3 comunicación entre la pc y el PLC. Red ETHERNET.....	37
2.7. Sistema de Supervisión o Supervisorio (SCADA).	39
2.8. Human machine interface (hmi). Mitsubishi Gt 1050/55.	
2.9. Comunicación del FX3U con la interfaz gráfica Gt 1050/55 (hmi).	43
2.9.1. Protocolo de Comunicación MELSEC-FX	46
2. 10. Configuración del HMI en la pantalla gráfica GT 1050/55.	47
2. 10. 1 Software de programación de la interfaz grafica	50
2.11. Software GX IEC Developer utilizado en la programación del autómeta.....	51
Valoración Económica:.....	53
Valoración Medioambiental:	53
Conclusiones del Capítulo 2:.....	53
Conclusiones Generales:.....	55
Bibliografía:.....	57
ANEXOS:.....	i

INTRODUCCIÓN

La automatización industrial es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales. Como una disciplina de la ingeniería más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

La automatización en las industrias consta de muchos años atrás desde el surgimiento de las primeras industrias se necesitaron métodos para lograr una mayor calidad en los productos así como eficiencia y se vio la necesidad de reducir el trabajo del hombre. Fue en 1801 que se utilizó la primera máquina automática, muy lejos del desarrollo de nuestros días, fue Joseph Marie Jacquard con un telar automático utilizando tarjetas perforadas, este hecho revolucionó la industria del textil.

En la actualidad existe una tendencia a una sociedad moderna automatizada, lo que significa ir perfeccionando en las industrias toda la automatización e instrumentación existente, con el objetivo de lograr mejores resultados productivos, mayor eficiencia y que esta se corresponda con la calidad requerida.

La industria cervecera no escapa de lo hablado anteriormente ya que en esta también se requiere de la automatización de las diferentes etapas del proceso de elaboración de la cerveza con el fin de mejorar la calidad del producto y así elevar las ventas y los consumos de esta ya que la competencia en el mercado es muy dura.

La fabricación de cerveza es un arte antiguo en el cual se prepara la cerveza a partir de la malta, el lúpulo, el agua y la levadura. Durante el proceso tienen lugar reacciones químicas complejas que acaban convirtiendo esas materias primas en cerveza. El vapor es esencial en este proceso para calentar, limpiar y pasteurizar. Los procesos de fabricación continuamente avanzan hacia mejorar la velocidad de producción, asegurando alta calidad de los productos. Este avance se logra desglosando los procesos a evaluar para así conocer cuales características son susceptibles de cambio o mejora. Ejemplo que el medio de producción ha venido

Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

mejorando por muchos años, ha sido la pasteurización de diferentes productos. Este proceso asegura que el producto que se trate, sea consumible por parte del ser humano, sin que pierda sus propiedades nutritivas.

En el proceso de pasteurización, los microorganismos que son utilizados para la fermentación y putrefacción de la cerveza son mayoritariamente eliminados mediante temperaturas elevadas. Por temas de coste y funcionalidad, este proceso se realiza con un pasteurizador flash.

En un sistema industrial se deben considerar dos procesos, el de pasteurización y el de limpieza de los equipos e instrumentos del sistema. El fin de este trabajo es que la pasteurización se realice de forma automática obteniendo así ventajas en costes, producción y sobre todo calidad del producto final. Para esto se considera un Controlador Lógico Programable para la adquisición, tratamiento y procesamiento de las señales generadas por los instrumentos de campo. El proceso estará monitoreado y supervisado continuamente, por lo que se desarrolla un sistema SCADA para monitoreo en sala de control, y para el campo se opta por una Interfaz Hombre Maquina.

La planta de elaboración de cervezas y maltas es un área fundamental en la Fábrica de Cervezas "Hatuey" de Santiago de Cuba, ubicada en Avenida Patria y que pertenece a la Unión de Cervecería de Cuba, del Ministerio de la Industria Alimenticia. En la misma se encuentra el Pasteurizador Flash que carece de automatización en el proceso, por tanto no se obtiene una cerveza con más calidad debido a esto. El mismo fue usado para realizar la pasteurización a la cerveza y para la producción de malta, aumentando la producción de la fábrica, lográndose como consecuencia una cerveza más duradera y por tanto con más garantía para el cliente como consumidor, pudiendo insertarse en el mercado de exportación lo que reportaría mejoras substanciales para la empresa y aumentando su producción. Por tanto la automatización en la planta pasteurizadora de la fábrica es de vital importancia en la mejora de la calidad de la cerveza y en consecuencia de la productividad de esta, para esto se propone la utilización de conceptos y herramientas de la ingeniería de control.

Al ser un proceso automatizado las decisiones del desarrollo del proceso se realizará mediante un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual se definió

según las necesidades de capacidad, comunicación con la red industrial de la planta y los requerimientos necesarios.

Existen tres tipos de pasteurizadores el VAT (o lenta), el HTST (rápido a altas temperaturas) y el UHT (que es un proceso el cual van intercambiando de altas a bajas temperaturas constantemente). En la industria el que se utiliza es el pasteurizador flash o HTST, ya que es el más conveniente, ya que expone al alimento a altas temperaturas durante un período breve y además se necesita poco equipamiento industrial para poder realizarlo, reduciendo de esta manera los costos de mantenimiento de equipos.

La pasteurización relámpago o pasteurización flash, también conocida por la sigla HTST (High Temperatura/Short Time) es un proceso térmico aplicado a ciertos alimentos con el objeto de reducir las poblaciones de bacterias. Se trata de uno de los métodos de pasteurización más habituales en el que se aplica una alta temperatura durante un corto período de tiempo. Además con la pasteurización se trata de obtener un balance entre cuanto tiempo se extenderá la duración de la cerveza con el tiempo de pasteurizado, que logrará un cambio de sabor en la misma. El proceso de pasteurización deberá lograrlo bajo condiciones consistentes todo el tiempo.

Un pasteurizador tiene cuatro funciones:

- Lograr el proceso de pasteurización.
- Lograr la temperatura de salida del producto.
- Minimizar los costos de servicios y mantenimiento.
- Ser consistente.

El pasteurizador flash requiere que el producto se exponga a temperaturas de 70-75°C por tiempos de 15 a 30 segundos dependiendo de su tipo. Los estándares para esta pasteurización se crearon en Estados Unidos en 1933 y definen que la temperatura debe ser de 71.7°C a 15 segundos para la reducción más eficiente de las bacterias.

La pasteurización HTST o flash recibe su nombre porque el producto que se trata una vez llega a la temperatura necesaria para la eliminación de patógenos, dura un corto tiempo a esa temperatura, para después recibir un choque térmico que

Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

baja su temperatura de nuevo. La corta duración del producto a altas temperaturas, se sostiene en una red de tubos que según su longitud, tarda un tiempo fijo donde se mantiene el producto en ese estado. Durante el mantenimiento del producto a las altas temperaturas tiene lugar la eliminación de microorganismos que afectan la salud humana. Una vez terminada la eliminación de microorganismos indeseados, el choque térmico asegura que en el producto no crezcan residuos bacterianos durante el almacenamiento del mismo.

Las plantas que desarrollan este proceso de pasteurización hacen la transferencia de calor al producto tratado por medio de un intercambiador de calor. Para realizar las operaciones de calentar lo más rápido posible la muestra y luego enfriarlo igualmente rápido, es necesario tener en cuenta ciertas propiedades térmicas de los alimentos, tales como la conductividad, la capacidad calorífica y otras.

Por lo anteriormente expuesto puede decirse que la investigación se propone resolver como:

- El **Problema** que se presenta es la carencia de automatización en el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey de Santiago de Cuba.
- **Objeto:** el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey de Santiago de Cuba.
- **Objetivo:** La elaboración de una propuesta de automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey de Santiago de Cuba.
- **Campo de Acción:** La utilización del autómeta programable para la automatización del Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey de Santiago de Cuba.
- La **Hipótesis** planteada es que si se lograra la ejecución del proyecto de automatización propuesto para el Pasteurizador, se obtendría en la Fábrica la producción y comercialización de una cerveza de más calidad así como la producción de maltas en la provincia de Santiago de Cuba.

Como tareas científicas de la investigación quedan definidas las siguientes:

1. Realizar un estudio del estado actual sobre el tema (revisión bibliográfica).
2. Interpretar el proceso a controlar.
3. Levantamiento de las necesidades y requerimientos de la instalación actual (estado técnico) para lograr el objetivo propuesto.
4. Definición de las variables de entrada y salida que definen la calidad del proceso.
5. Obtener la secuencia operacional del tratamiento de las señales, es decir, el algoritmo de control de la planta.
6. Implementar a nivel de simulación la programación de los ciclos de control.

Métodos Teóricos:

Para el levantamiento de la situación y la definición de posibles soluciones se ha recurrido al método de análisis y síntesis.

Métodos Empíricos:

Se ha logrado la defectación de la situación operacional mediante la indagación con personal experto, la observación y la revisión documental.

- ❖ La **significación práctica** de la investigación radica en que el logro del objetivo propuesto en este trabajo permitirá resolver las deficiencias productivas que actualmente limitan la productividad actual desde nuevas concepciones del control industrial.
- ❖ El **aporte práctico** de esta tesis radica en la proposición de un esquema de control, así como la proposición y configuración de un PLC, que solucione la ineficiencia del proceso productivo de pasteurización en la Fábrica Hatuey.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN Y TRABAJO CON LOS PLC.

Introducción

En este capítulo se realiza una descripción del proceso de pasteurización en la fábrica de cerveza, además de las diferentes etapas por las cuales debe pasar la misma hasta llegar a su estado final, los principios básicos que rigen el proceso para determinar el tiempo de pasteurización debido al tratamiento térmico de los alimentos (en este caso la cerveza o malta) según la cantidad de microorganismos que estén presentes y una vista teórica a los Controladores Lógicos Programables (PLC).

Elaboración de la cerveza.

Historia: La invención de la cerveza fue atribuida a Osiris, el dios de la agricultura en Egipto. En cambio, otras tradiciones sostienen que fue la diosa Hathor quien elaboró "*con sus propias manos*" la cerveza.

La cerveza es la bebida resultante de la fermentación alcohólica, mediante levadura seleccionada, de un mosto procedente de malta de cebada, solo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática (malta de otros cereales, granos crudos que contengan féculas, así como azúcares y féculas, siempre que estas sustancias añadidas no excedan del 50 por ciento en masa de la materia prima empleada), al cual se agrega lúpulo y/o sus derivados y se somete a un proceso de cocción. El producto elaborado se distribuye listo para su consumo.

Hay una serie de rasgos propios de las bebidas alcohólicas y de sus procesos (le fabricación que, históricamente, las diferencian de la mayoría de otros alimentos y bebidas, y que las han hecho inocuas desde el punto de vista de la salud del consumidor.

Ingredientes:

Malta: es de cebada germinada. Rica en hidratos de carbono y proteínas. Posee una película que protege el grano y facilita la filtración del mosto. Para 1 litro de cerveza se

Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

necesitan 170 grs de malta.

Agua: es pura, de composición óptima ligeramente mineralizada. Entre el 92 y el 96% del peso de la cerveza es agua, dependiendo el contenido de alcohol del tipo de cerveza (desde 0%, hasta una media del 4%), y siendo el resto extracto (dextrinas, proteínas, vitaminas...)

Lúpulo: se trata de una planta trepadora. Contiene resinas y aceites esenciales que confieren su particular amargor, aroma y sabor refrescante a la cerveza. Se adiciona en la cocción del mosto de 1,5 a 3 gr por litro.

Luego de tener las materias primas se lleva a cabo el proceso de elaboración:

Braceado

- Se transforman los granos de cebada en malta mediante la germinación, tueste y desgerminación de éstos.
- Se tritura la malta.
- Se mezcla la harina integral de la malta con agua en las calderas de maceración para su extracción, siguiendo diferentes métodos según el tipo de cerveza.

Método por infusión: (Cervezas de fermentación alta) se produce el calentamiento progresivo en caldera con estacionamientos a 60 y 72°C. Se emplea una sola caldera.

Método por decocción: (Cervezas de fermentación baja). Se macera la mezcla en tres etapas: a 45 - 65 y 75°C. Los pasos de la temperatura de 45 a 65°C y de 65 a 75°C se realizan mediante la ebullición de 1/3 de la mezcla a otra caldera y se transfiere de nuevo a la primera, con lo cual se consigue la elevación de la temperatura de ésta. Se precisan dos calderas.

- Se lleva a cabo la transformación por enzimas naturales de la malta del almidón en dextrinas y azúcares fermentables (maltosa).
- Filtración: se separa el mosto dulce del bagazo insoluble, que sirve para alimentación del ganado por su riqueza en nutrientes y fibra.

Cocción

1. El mosto hierve durante 2 horas, ya adicionado el lúpulo.

Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

2. Esterilización del mosto e inactivación de enzimas.
3. Coagulación de materias nitrogenadas complejas.
4. Solubilización de los principios amargos del lúpulo.
5. Ligera caramelización de los azúcares.
6. Depuración por evaporación de volátiles indeseables.
7. Precipitación de proteínas y taninos complejos.
8. Contribución al sabor, al aroma y al color de la cerveza final.

Fermentación:

Dos tipos: ALTA y BAJA

ALTA:

Cervezas ALE (oscuras, negras...).

Primaria: Temperatura de 15 a 25° C. La levadura al final (tercer día) sube a la superficie de la cuba y se cosecha para su reutilización parcial.

Secundaria: Temperatura de 4 a 5°C, una semana. Se clarifica, se carbonata y madura el sabor y el aroma.

BAJA:

Cervezas LAGER (claras, doradas...)

Primaria: Temperatura de 10 a 15°C. La levadura al final (una semana) se deposita en el fondo de la cuba y se recoge para su reutilización parcial.

Secundaria: Temperatura decreciente hasta 0°C. Dos a tres semanas. Se clarifica y se carbonata y madura el sabor, se afina y adquiere el bouquet de guarda.

Filtrado: Se clarifica por centrifugación o prefiltrado para eliminar sedimentos y turbiedad de bodega. Se efectúa una filtración muy fina para conseguir el brillo final y estabilidad.

Reposo: Después de fermentada la cerveza, es almacenada en bodegas a una temperatura de 0°C, durante un lapso de tiempo variable. Al mantener constante esta temperatura se logra disolver el O₂. Se filtra y se le da un segundo reposo quedando lista para su envasado y posteriormente pasteurización. [19]

1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN DEL PASTEURIZADOR DE LA FÁBRICA DE CERVEZAS HATUEY.

Para el proceso de pasteurización en la Fábrica de Cervezas Hatuey de Santiago de Cuba la cerveza o malta debe transitar por varias etapas para la obtención de un producto final con la calidad requerida dentro del dispositivo de pasteurización:

- Llegada al Pasteurizador Flash.
- Intercambiadores de calor.
- Sistema de temperatura de salida. Sistema de inyección superior de CO_2 .
- Sistema de tanque de almacenamiento.
- Sistema de tanque CIP (Cleaning in Place).

El pasteurizador presentaba 3 modos de operación:

Modo de inicio: la función de este modo es llevar todas las variables del proceso al inicio del estado de operación usando agua. Este proceso consiste en hacer circular el agua por el Pasteurizador sin llegar al tanque de almacenamiento, para lograr con esto los valores de referencia de la temperatura y el flujo que debe circular por el mismo, pues la esencia del mismo, es calentar y enfriar la cerveza rápidamente. Una vez que el sistema está en equilibrio el modo de operación puede ser cambiado al modo de “Corrida”.

Modo de corrida: cuando se opera en este modo, la cerveza debe pasar a través de la temperatura y presión de pasteurizado por un periodo de tiempo y luego enfriarse a una temperatura que permita el almacenaje en el tanque de almacenamiento.

Modo CIP: los tubos del proceso y el tanque de almacenamiento son limpiados usando una secuencia de lavados.

1.1.2 DETALLES DE EQUIPOS DE PASTEURIZACIÓN:

Los equipos que conforman el proceso de la pasteurización son los siguientes:

Tanque de cerveza filtrada: Se encuentra instalado en el cuarto frío, y se encarga de recibir la cerveza que sale del proceso de filtración.

Bomba de cerveza: Se encuentra instalada a la entrada del intercambiador de calor y es la encargada de extraer la cerveza del tanque de cerveza filtrada hacia el proceso de pasteurización.

Serpentín: es una tubería donde se mantiene la cerveza a temperatura elevada durante un intervalo de tiempo fijo determinado para la esterilización de la cerveza, como se puede observar en la figura 1.2.



Fig. 1.2

El serpentín de tubos proporciona uno de los medios más baratos de obtener superficie para transferencia de calor.

Sistema de refrigeración directo: Se encuentra al final del proceso. Consiste en provocar la expansión del gas refrigerante (amoníaco) en una cámara cerrada concéntrica al tanque, realizando su compresión en un equipo exterior.

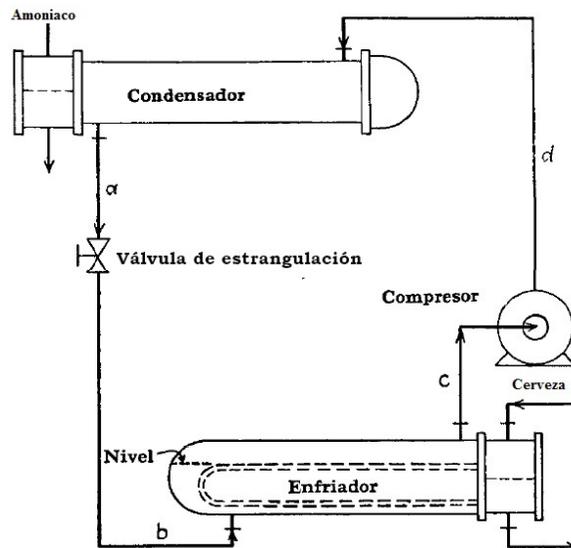


Fig. 1.3

Los enfriadores se usan en los procesos de refrigeración del tipo compresión de vapor, como se muestra en la figura 1.3. El ciclo de refrigeración comienza en el

punto a, donde el líquido refrigerante a temperatura mayor que la del agua del condensador y a alta presión, pasa por una válvula de estrangulamiento de entalpía constante donde se reduce su presión. Por supuesto, la presión y la temperatura del líquido después de la válvula son menores que en el lado de la alta presión

Intercambiador de calor por vapor: se encuentra ubicado en el circuito de calentamiento. Es el encargado de calentar agua por medio de vapor de agua realizando una transferencia de calor de tipo tubular (figura 1.4). Es el más común de los medios de calentamiento.

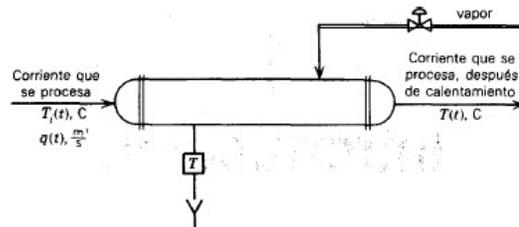


Fig. 1.4

Como medio de calentamiento el vapor introduce algunas dificultades:

- (1) El condensado caliente es muy corrosivo, y se debe tener cuidado para evitar que el condensado se acumule dentro del intercambiador donde el contacto con las partes metálicas causa daños.
- (2) Las líneas de condensado deben conectarse con bastante cuidado.

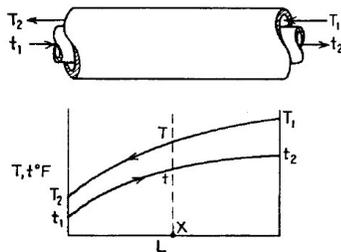


Fig. 1.5a

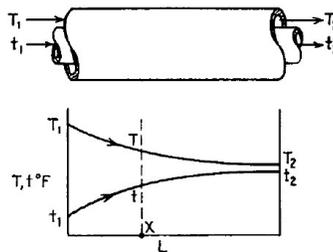


Fig. 1.5b

En la figura 1.5a se puede apreciar que la temperatura del vapor disminuye con respecto a la temperatura del fluido a calentar al final del tubo cuando la disposición de los flujos es en contracorriente, en cambio en la figura 1.5b la disposición de los flujos es en paralelo y al final del tubo las temperaturas del vapor y del fluido a calentar tienden a igualarse.

Recipiente de balance: se encuentra ubicado en el circuito de calentamiento del agua que va a ser usada como medio de calentamiento para la cerveza en el intercambiador de placas paralelas.

Bomba de agua: se encuentra ubicado en el circuito de calentamiento. Es la encargada de mantener en constante circulación el agua a través del circuito mientras sea necesario.

Aire comprimido: se lo encuentra en los dispositivos neumáticos para el accionamiento de válvulas. Trabajan con una presión de 60 psi.

Energía eléctrica: se lo encuentra en los paneles de fuerza y control. Para el panel de fuerza (motores de las bombas) se trabaja con un suministro de 440Vac. Para los paneles de control se trabaja con un suministro de 110Vac y 24Vdc según lo que se necesite.

1.1.3 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PASTEURIZADOR FLASH:

El pasteurizador flash tiene como característica principal de operación usar un intercambiador de placas con tres zonas de temperaturas específicas:

- Zona de intercambio
- Zona de calentamiento
- Zona de enfriamiento

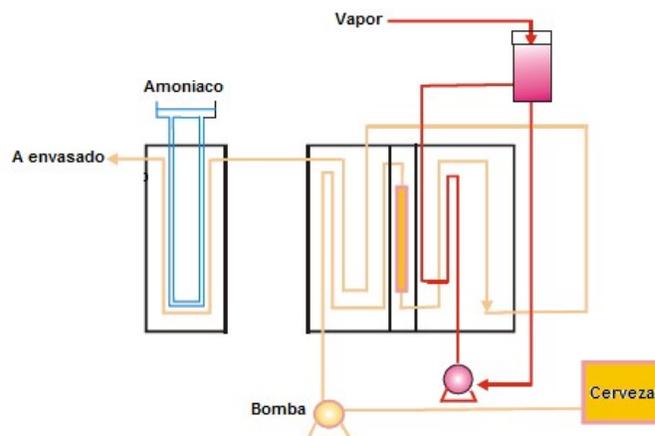


Fig. 1.6

En la figura 1.6 se puede apreciar un circuito básico para un pasteurizador flash. La cerveza se mantiene en el tanque de cerveza filtrada, desde donde es bombeada al pasteurizador de placas por las tres secciones.

La primera sección, llamada regenerativa, de intercambio o ahorro energético, donde la cerveza entrante se encuentra en contracorriente con la ya pasteurizada que cede calor a la primera. Esta sección se puede calcular con unos coeficientes de recuperación energética del 80 – 95%.

La segunda sección, es la pasteurización propiamente dicha, donde la cerveza se calienta hasta unos 72°C. Esto se lo realiza con un circuito secundario cerrado donde se mantiene circulando vapor de agua externo. Como el parámetro físico a controlar es la temperatura, por sus características, la regulación es lenta por lo que los cambios a realizar deben ser pequeños, de esta forma no se cometerá errores de desviación con respecto al valor nominal requerido.

La tercera sección, es la de enfriamiento, donde la cerveza se enfría a 0°C con amoníaco. Esta etapa final es de gran importancia debido a que la cerveza por ser un producto obtenido de material orgánico y de forma natural, si se la deja durante un tiempo largo expuesta a altas temperaturas, tenderá a fermentarse y por consiguiente con dañarse. Además el cambio extremo de temperatura no es propicio para algunos microorganismos por lo que colabora con el proceso de eliminación de los mismos.

En el tubo de mantenimiento la cerveza está a 72°C durante unos 30 segundos. El tratamiento total en el pasteurizador lleva sólo dos minutos, con lo que las cualidades organolépticas de la cerveza no se ven afectadas.

El circuito lleva unas válvulas de seguridad de forma que si no se alcanza la temperatura de pasteurización, la cerveza no pasa al tanque de mantenimiento, recirculándose hasta que se restablecen las condiciones de funcionamiento normal.

1.2 IMPORTANCIA DE UNA EFICAZ PASTEURIZACIÓN:

Si se lograra la correcta implementación de un control para el proceso de pasteurización, se obtendría un proceso de envasado más rápido y con más calidad, así como una cerveza de mayor calidad al eliminarle las bacterias que se destruyen

con este proceso. El correcto funcionamiento de cada uno de los componentes, así como la programación del autómatas que controla el proceso, reduciría las pérdidas y garantizaría la eficiencia de la producción, además, es de gran importancia por su influencia en el proceso tecnológico de la fábrica en el acabado de cerveza y la producción de maltas.

1.2.1 DETERMINACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS GRADOS DE PASTEURIZACIÓN (UP):

La medición de grados UP, se basa en una regulación de temperatura para la cual se determina el tratamiento térmico en forma previa y luego se calculan las temperaturas correspondientes. Para el cálculo de las UP generalmente se considera sólo la zona de mantenimiento a alta temperatura, ya que el efecto germicida, según Louis Pasteur, comienza a los 60°C. No obstante, esa temperatura ya se alcanza en la zona de calentamiento durante un breve período.

Se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de las unidades de pasteurización:

$$UP = tiempo \cdot 1.393^{(t-60)}$$

El pasteurizador flash es un equipo que mantiene altas temperaturas en un tiempo cercano a los 30 segundos, con esto se alcanza valores UP de 15 a 20 para el rango comprendido dentro de los primeros 60°C. Para el rango de temperatura restante, por la exposición de tiempo se consigue alcanzar de 1 a 2.5 grados UP adicionales.

1.2.2 TIEMPO DE REDUCCIÓN DECIMAL (D):

Es importante indicar que la pasteurización no elimina todos los microorganismos de los productos que se tratan, esto por cuanto algunos son necesarios para la salud del humano. Se han desarrollado varios estudios donde se determinan los tiempos que se demoran las colonias de bacterias en desaparecer cualitativamente de algún producto para determinar la efectividad del proceso.

A un número inicial de microorganismos se le reduce su cantidad según pasa el tiempo si se está expuesto a altas temperaturas. La pendiente de esta reducción aumenta según la temperatura aumenta. La reducción de los microorganismos no es total, el número de estos se acerca cada vez más a 0 pero nunca es 0.

Ya que no se puede eliminar el 100% de los microorganismos se determina el tiempo necesario a una temperatura determinada para destruir el 90% de los microorganismos presentes, lo cual se conoce como el tiempo de reducción decimal (D).

$$D = \frac{t}{\log N_0 - \log N_t}$$

t = tiempo de calentamiento (minutos).

N_0 = número de microorganismos originalmente presentes.

N_t = número de microorganismos tras el tratamiento térmico.

La medida D (tiempo de reducción decimal), determina el tiempo que cierta colonia de microorganismos tarda en desaparecer hasta subsistir solo el 10% de la población total.

1.2.3 CONSTANTE DE RESISTENCIA TÉRMICA (Z):

Número de grados centígrados que es necesario aumentar la temperatura para que el valor D disminuya a la décima parte de su valor.

$$Z = \frac{T_2 - T_1}{\log D_1 - \log D_2}$$

Para $D_1 = 10D_2$, $Z = T_2 - T_1$

Z = número de grados (°C).

T_1 y T_2 = temperaturas de tratamiento (°C).

D_1 y D_2 = valores D a las temperaturas anteriores.

➤ Tiempo de muerte térmica (F).

Se define como el tiempo necesario, a una temperatura definida, para reducir la población microbiana presente en un alimento hasta un nivel deseado.

$$F = nD \quad \left| \begin{array}{l} N_0 = 10N_t \Rightarrow F = D \\ N_0 = 10^2 N_t \Rightarrow F = 2D \\ N_0 = 10^6 N_t \Rightarrow F = 6D \end{array} \right. \quad F = D(\log N_0 - \log N_t)$$

Cada microorganismo presente en el alimento tiene su propio valor F y el valor F que habrá que aplicar será el más elevado de ellos.

En los tratamientos térmicos se intenta conjugar la consecución de la esterilidad comercial con el mínimo deterioro posible de las propiedades nutritivas y sensoriales del alimento.

Este deterioro depende de:

- Tiempo del proceso.
- Temperatura del proceso.
- Composición y propiedades del alimento.

La pasteurización pretende la higienización de un producto destruyendo los microorganismos patógenos y al mismo tiempo disminuir el nivel de aquellos organismos que más pueden deteriorar el alimento y así puede ser consumido en un corto plazo.

1.3 PASTEURIZADOR CON INTERCAMBIADORES DE CALOR:

El intercambio de calor es un proceso que tiene como objetivo transferir calor entre dos medios que pueden estar o no separados. En los dispositivos con sistemas de calentamiento indirecto, los medios que intercambian calor se mantienen separados. Esta separación se da habitualmente por medio de una barrera construida por acero inoxidable de manera que no exista ningún contacto físico entre el medio de calentamiento y el producto a tratar.

Por otro lado en los sistemas de calentamiento directo el producto es mezclado directamente con el medio que calienta, que por lo general es vapor. De esta manera el medio se evapora y su calor latente de vaporización es destinado al calentamiento muy rápido del producto. Después el producto es diluido por el vapor condensado, lo cual cambia la composición del mismo. Este fenómeno puede ser compensado para la producción de distintos productos o llevado a su temperatura original utilizando el enfriamiento flash.

En la planta de pasteurización se desarrolla el intercambio de calor indirecto desde el medio calentador que es vapor, hacia el producto a pasteurizar. Dicha transferencia se lleva a cabo en un dispositivo llamado intercambiador de calor donde su diseño tiene como objetivo transferir la mayor cantidad de calor al producto.

Observando la clasificación de la pasteurización en relación al tiempo:

- **Baja: 62 – 68°C.** Duración: 30 minutos. Proceso discontinuo en volúmenes pequeños y envasados. Se realiza en tanques de doble pared con agitación.
- **Alta o HTST (High temperature/ Short time): 72 – 90°C.** Duración: 15 - 30 segundos. Sistemas de flujo continuo con intercambiadores de calor.
- **Relámpago (“Flash”): 88 – 97°C.** Duración: 1 - 12 segundos.

Teniendo esto se puede realizar una representación general de cómo sería el proceso de pasteurización continuo con intercambiadores de calor, el cual se muestra en la figura 1.7.

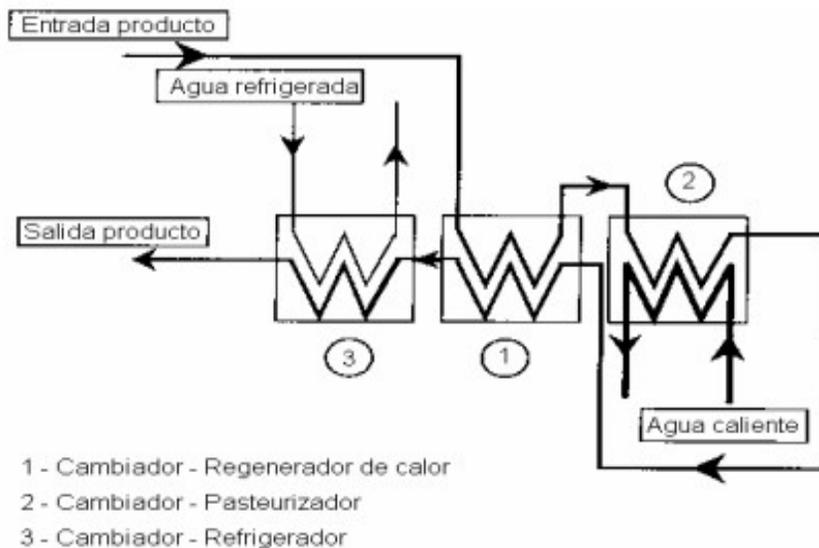


Fig. 1.7. Diagrama de flujo de un pasteurizador continuo con cambiadores de calor.

1.4 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC). VENTAJAS DE LOS PLC.

Un autómata programable es un dispositivo de automatización industrial que dispone de n entradas y m salidas digitales y/o analógicas que lo comunican con el proceso a controlar u otros dispositivos, donde la relación funcional entre las entradas y salidas se establece a través de un programa. Puede considerarse como una microcomputadora de propósito específico que además está diseñada para controlar en tiempo real y en un medio industrial procesos secuenciales.

Las facilidades de modularidad y programación permiten crear estructuras redundantes y sistemas de alta fiabilidad con relativa sencillez. Se puede programar con obligatoriedad los mantenimientos periódicos de la instalación (el PLC prácticamente no los necesita). Además poseen una elevada capacidad de procesamiento en un volumen mínimo, a gran velocidad y con un costo mínimo, así como robustez frente a sollicitaciones mecánicas y ambientales severas.

En países industrializados se trata de normalizar los lenguajes de PLC, pero manteniendo su raíz estructurada. Por otro lado la IEC-1131, que normaliza el mercado internacional desde 1993, incluye sólo lenguajes estructurados a pesar de los cambios evolutivos que frecuentemente asume dígase por ejemplo la inclusión de la lógica borrosa en los PLC. El trabajo del PLC se realiza en forma cíclica y las operaciones que se ejecutan en cada uno de estos ciclos es como se muestra en la figura 1.8.

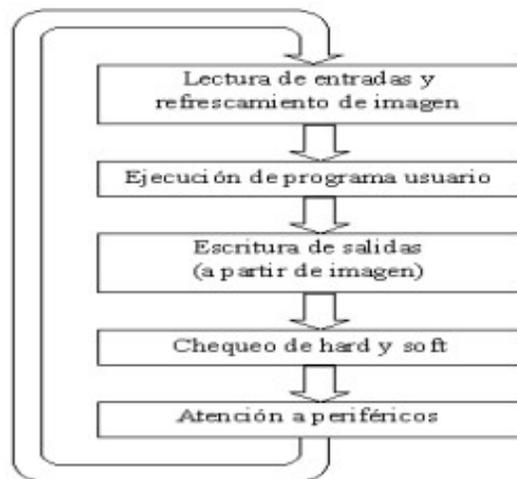


Fig. 1.8 Ciclo de trabajo de un PLC.

1.4.1 VENTAJAS DEL USO DE LOS PLC:

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones nos obligan a referirnos a las ventajas e inconvenientes que proporciona un autómata de tipo medio estandarizado.

- Diseñados y construidos para su aplicación en ambiente industrial.

- Son equipos flexibles, por su carácter programable.
- Son fáciles de instalar y reutilizables.
- Gran capacidad de procesamiento de información.
- Mayor número de entradas y salidas.
- Las operaciones son controladas por software, debiendo tener conocimientos de programación para poder variarla.
- Puede conectarse a una computadora, permitiendo tener interfaces gráficas de usuarios, con animaciones del proceso en tiempo real.
- Concentración de los lazos.
- Permite configurar los lazos.
- Tecnología moderna.
- Elevado por ciento de confiabilidad.

1.4.2 CAPACIDADES DE E/S EN LOS PLC MODULARES..

Los PLC modulares tienen un limitado número de conexiones para las entradas y las salidas. Normalmente, hay disponibles ampliaciones si el modelo base no tiene suficientes puertos E/S.

Los PLC con forma de rack tienen módulos con procesadores y con módulos de E/S separados y opcionales, que pueden llegar a ocupar varios racks. A menudo hay varias entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. Algunos de los PLC actuales pueden comunicarse mediante un amplio tipo de comunicaciones incluidas RS-485, coaxial, e incluso Ethernet.

Los PLC usados en grandes sistemas de E/S tienen comunicaciones entre los procesadores. Esto permite separar partes de un proceso complejo para tener controles individuales mientras se permita a los subsistemas comunicarse mediante links. Estos links son usados a menudo por dispositivos de Interfaz de usuario (HMI) como teclados o estaciones de trabajo basados en ordenadores personales.

1.4.3 COMPONENTES ESTRUCTURALES FUNDAMENTALES DE LOS PLC.:

El controlador lógico programable es el elemento fundamental del sistema de automatización y ocupa distintos niveles jerárquicos dentro de la red en dependencia de los módulos que lo componen y las facilidades que permiten éstos. Los módulos fundamentales son:

1. Fuente de alimentación: Genera todos los voltajes y corrientes utilizados por el PLC.

2. Módulo procesador central: Módulo central de gobierno del PLC, que incluye entre sus circuitos básicos:

- CPU: microprocesador que controla el sistema y sus circuitos estándares.
- Memorias: sistemas de media o alta integración que almacenan el software central del PLC.
- Comunicación con periféricos o red: sistema serie que permite la comunicación del equipo con distintos periféricos.
- Comunicación del bus interno del PLC.

3. Módulos de entradas y salidas digitales.

4. Módulos de entradas y salidas analógicas.

5. Módulos inteligentes.

- Módulos de procesamiento de señales.
- Módulos reguladores.
- Procesadores de comunicación.

1.4.4 CAMPOS DE APLICACIÓN.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización; por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, entre otros.

Su eficacia hace que se aprecie su uso fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales. Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

1.4.5 SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES.

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de On/Off (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente). Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta, estas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al On y otro rango al Off.

Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos.

1.5. ANTECEDENTES DE LA PLANTA:

Este proyecto surge por la carencia de automatización que existe en el pasteurizador flash de la cervecería, en el cual el control de temperatura se realiza de forma manual abriendo y cerrando una válvula neumática a través de un filtro manorreductor. De esta forma, de no controlar la temperatura trae como consecuencia que los campos de bacterias en las botellas de cerveza están fuera de normas y lo que trae consigo que este producto se fermente y exploten las botellas al cabo de 72 horas trayendo pérdidas sustanciales para la industria e inconformidad con los clientes.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO:

En el capítulo, a raíz del estudio del proceso de pasteurización en la elaboración de la cerveza y la importancia que tiene este proceso para la calidad de la misma y por tanto para la productividad de la Fábrica de Cervezas Hatuey se demuestra la importancia que tiene la automatización de la planta pasteurizadora y las ventajas que tiene este proceso en la industria. Además a partir de este estudio y de la definición de los PLC, sus campos de aplicación, ventajas de los mismos y partiendo de la caracterización del proceso productivo en la Fábrica de Cervezas Hatuey, se demuestra la factibilidad del empleo de los PLC en la automatización de este proceso industrial.

CAPÍTULO 2: PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL PASTEURIZADOR.

Introducción.

En este capítulo se realizará una descripción de cada uno de los elementos que intervienen en el Pasteurizador Flash en función de elaborar una propuesta para la automatización del mismo, pues para la selección del soporte técnico a utilizar se hace necesario la valoración de diferentes variantes, de esta depende la selección adecuada que permitirá lograr una mayor eficiencia en el proceso productivo. En la actualidad, estas máquinas se encuentran completamente deterioradas, sin embargo, el principal problema radica en la automatización del proceso, pues no existe un controlador (PLC), ni la instrumentación de campo adecuada, por tanto, no existe un control en el sistema de pasteurización, lo cual incide en la ineficiencia del proceso de producción de cerveza, que se traduce en pérdidas para la fábrica.

2.1. INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA.

El pasteurizador de la fábrica de cervezas Hatuey tiene 6 zonas donde en cada una de estas es necesario controlar la temperatura para completar el proceso correctamente. Para esto es necesario medir la temperatura y en consecuencia de las mediciones actuar sobre el proceso regulando las válvulas en dependencia de la temperatura medida hasta llegar a la temperatura que se requiere en cada zona. A continuación se brinda los datos de los instrumentos que se proponen para el buen funcionamiento del proceso.

2.1.1 RTD PT-100



Fig 2.1. Termometro de resistencia PT-100 y transmisor en la cabeza.

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohm y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

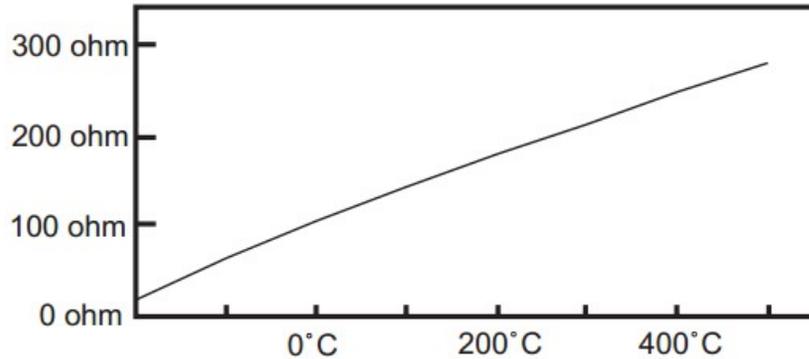


Fig. 2.2. Gráfica del comportamiento del sensor de temperatura PT-100.

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo). Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que los termopares, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal). Esta lleva un transmisor montado en la cabeza.

Este tipo de termorresistencia puede trabajar en un rango de -200 a 850 °C que comprenden sobradamente los rangos de temperatura que se esperan. Las PT-100 son las termorresistencias más utilizadas en la industria y suele dar unos resultados muy buenos. La medida se completa con el transmisor montado en la cabeza, este tiene una salida de 4-20mA.

El instrumento se conecta al proceso mediante una brida. La inserción depende del diámetro de la tubería o el depósito. En las tuberías se intenta que el punto de medición quede más o menos al centro. En los depósitos lo que se busca es alejarse lo suficiente de la pared para coger la medida en un punto representativo del mismo. Para cada punto de medida se elige la longitud y el rango más adecuado.

Ventajas del Pt100

Las Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como los termopares, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200°).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave.

Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables. El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone".

2.1.2 VÁLVULAS DE CONTROL

La **válvula automática de control** generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea del proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varía continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada.

Partes de la válvula de control: Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: la parte motriz o actuador y el cuerpo.

Actuador: el actuador también llamado accionador o motor, puede ser neumático, eléctrico o hidráulico, pero los más utilizados son los dos primeros, por ser las más sencillas y de rápida actuaciones. Aproximadamente el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente. Los actuadores neumáticos constan básicamente de un diafragma, un vástago y un resorte. Lo que

se busca en un actuador de tipo neumático es que cada valor de la presión recibida por la válvula corresponda una posición determinada del vástago. Teniendo en cuenta que la gama usual de presión es de 3 a 15 lb/pulg² en la mayoría de los actuadores se selecciona el área del diafragma y la constante del resorte de tal manera que un cambio de presión de 12 lb/pulg², produzca un desplazamiento del vástago igual al 100% del total de la carrera.

Cuerpo de la válvula: este está provisto de un obturador o tapón, los asientos del mismo y una serie de accesorios. La unión entre la válvula y la tubería puede hacerse por medio de bridas soldadas o roscadas directamente a la misma. El tapón es el encargado de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y puede accionar en la dirección de su propio eje mediante un movimiento angular. Esta unido por medio de un vástago al actuador.

Válvula de globo: Al seleccionar la válvula para el control del pasteurizador se tuvieron en cuenta varios elementos para garantizar el buen funcionamiento del proceso. Se seleccionó la válvula de globo por sus ventajas mostradas a continuación.



Fig 2.3. Valvula de globo

La válvula de globo es recomendada para

- Estrangulación o regulación de circulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Para corte positivo de gases o aire.
- Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.

Aplicaciones

- Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

Ventajas

- Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.
- Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarlas, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y el bonete.
- Control preciso de la circulación.
- Disponible con orificios múltiples.

Desventajas

- Gran caída de presión.
- Costo relativo elevado.

Materiales

- Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, plásticos.
- Componentes: diversos.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- Instalar de modo que la presión este debajo del disco, excepto en servicio con vapor a alta temperatura.

Registro en lubricación.

- Hay que abrir ligeramente la válvula para expulsar los cuerpos extraños del asiento.
- Apretar la tuerca de la empaquetadura, para corregir de inmediato las fugas por la empaquetadura.

2.2. ESTRATEGIA DE AUTOMATIZACIÓN

Para el control del pasteurizador el sistema de control propuesto está concebido por un procesador central lógico programable encargado de recibir todas las señales de los elementos del campo, como son: las seis termo resistencia PT-100 para medir la

Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

temperatura en cada una de las zonas, así como las bombas que permiten la entrada de agua en cada zona, todas las señales que llegan a través de estos elementos se procesan para actuar sobre los mismos. Como actuador se tienen a las válvulas mediante las cuales se realiza el control abriendo o cerrando estas en dependencia de las mediciones de temperatura en cada zona.

En el nivel de control se emplea un PLC Mitsubishi de la serie FX3U el mismo tiene incluido sistemas de comunicación para equipos periféricos, en este caso a la pantalla táctil GT 1050/55 (de la misma familia Mitsubishi del PLC) para interactuar con el proceso. Se propone un SCADA en la oficina del Jefe de Planta donde a través de su Registro Histórico se determina el comportamiento de las temperaturas en las zonas. Dicho histórico sirve como herramienta para el personal del Laboratorio, que es el encargado de llevar y supervisar la calidad de la cerveza y la malta.

Para establecer la comunicación con estos dispositivos primeramente se tienen en cuenta el cableado de los mismos. Como se puede observar en la figura 2.3 el PLC FX-3U tiene un módulo de comunicación Ethernet FX3U-ENET mediante el cual, utilizando el protocolo Modbus TCP/IP se comunica con el SCADA EROS. El HMI o Interfaz gráfica GT 1050/55 establece su comunicación con el PLC en cuestión a través de la red RS 485 utilizando el protocolo MELSEC-FX propio del fabricante, este protocolo es muy potente y fácil de configurar.

Los elementos del campo formado por válvulas, sensores de temperatura y bombas van a estar divididos en dos ramales, una para lo que es el conexionado de las señales 4-20 mA utilizando el módulo de entrada analógica FX2N-8AD, aquí entran los lazos de control PID de temperatura en las diferentes zonas y el otro ramal formado por la conexión de las salidas digitales a relé 24V/DC del PLC hacia los contactores magnéticos trifásicos de las bombas de las diferentes zonas.

En la siguiente figura se muestra las tendencias de automatización destinada para dicha propuesta:

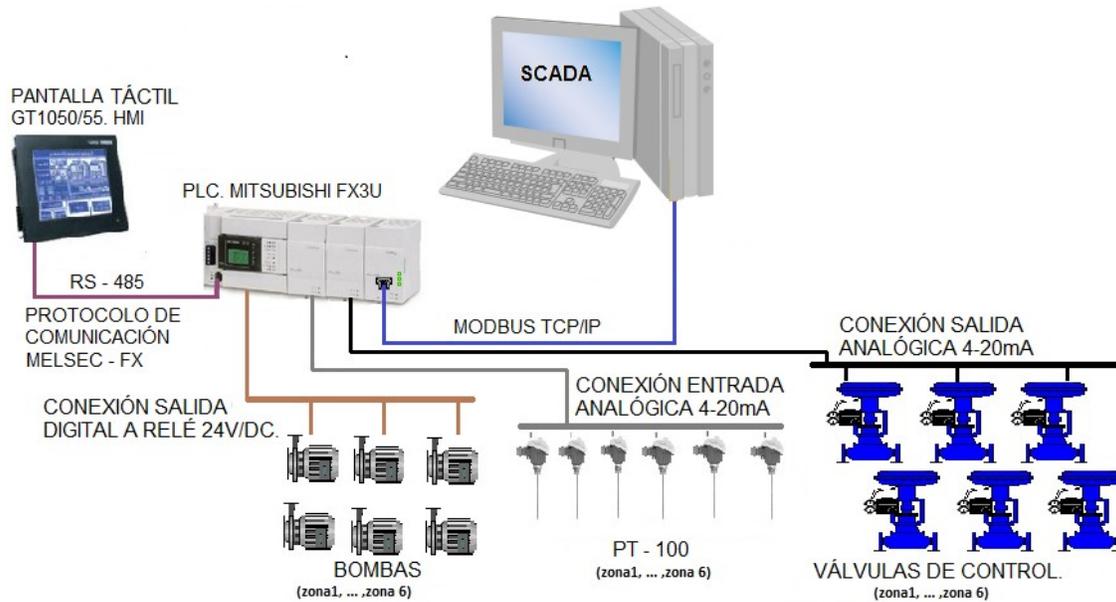


Fig. 2.4. Arquitectura de Automatización.

2.3. SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO.

El diagrama de bloques que se muestra en la siguiente figura conforma el lazo de control que se propone para el control de la temperatura en el pasteurizador de la zona de embotellado de la fábrica.

Funcionamiento del lazo de control

El lazo de control de temperatura para cada una de las zonas del pasteurizador se proyectó de la siguiente manera:

En la pantalla grafica GT 1050/55 se propone la siguiente interfaz (ver figura 2.5) donde se muestra una ventana de control de temperatura. Cada zona tendrá una ventana compuesta por los siguientes elementos: un botón automático/ manual del lazo, un set point (SP) para la malta y otro para la cerveza, un botón que conmuta entre los dos set point, también tendrá teclado numérico para introducir los set point y la abertura de la válvula en caso de que se opere en modo manual, un botón de bloqueo para el caso que exista un fallo en la bomba de agua y barras en colores que muestran en tiempo real el por ciento (%) del SP, la variable del proceso (PV) y la variable manipulada (MV), y por último a través del botón PID se accede a la ventana donde se ajustan las ganancias (K_p , T_i , T_d) del lazo de control PID implementado en el PLC.

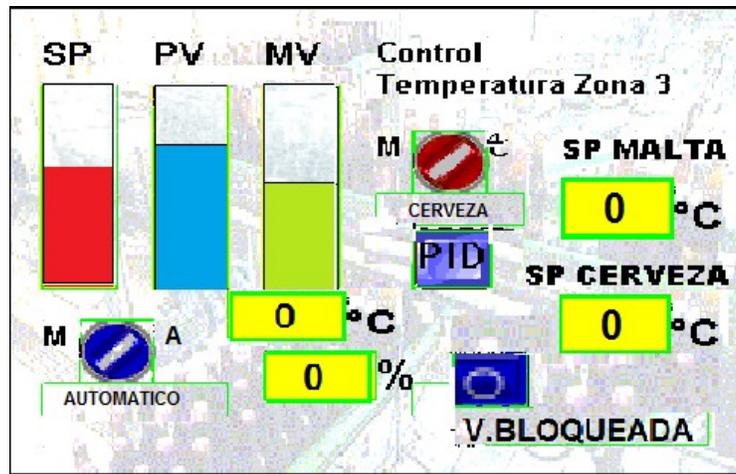


Fig.2.5. Ventana Lazo de Control para cada zona.

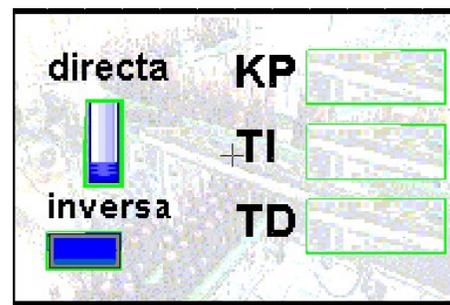


Fig. 2.6. Ventana donde se ajustan los parámetros del PID.

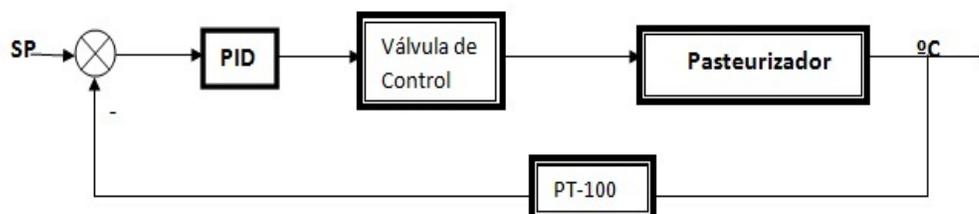


Fig.2.7. Diagrama de bloques del lazo de control.

2.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) MITSUBISHI DE LA FAMILIA FX.



Fig. 2.8. PLC FX3U de la familia Mitsubishi.

Los PLC's de las series FX ofrecen soluciones económicas para tareas pequeñas a medias de control y posicionamiento de 100 a 256 entradas/salidas integradas en la industria, artesanía y técnica doméstica. Este autómata cuenta con las siguientes series FX1S, FX1N, FX2N, FX2NC, FX3U, con la excepción de la serie FX1S, en caso de modificaciones de las instalaciones se pueden ampliar todas las series FX, por lo cual ofrecen la posibilidad de seguir creciendo en función de la necesidad real, además existe la posibilidad de integración en redes. De esta forma los controles de la familia FX pueden comunicarse con otros PLCs y Sistemas de Regulación MMI (Tarjetas de reguladores PID de la familia Mitsubishi). [12] [15]

2.4.1. ESTRUCTURA DEL PLC

El autómata Mitsubishi tiene 5 partes fundamentales, éstas son:

- ❖ **CPU.** Unidad Central de Procesos, el auténtico cerebro del sistema. Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.
- ❖ **Módulo de comunicación.** Permite la interface con RS232/RS422/RS485 para la conexión de dispositivos periféricos y enlaces autómata-autómata. Tiene módulos de red para Profibus/DP, CC-LINK, interface AS, CANopen, Ethernet y para la configuración de las redes propias de Mitsubishi.
- ❖ **Módulos analógicos de entrada y salida.** Se utilizan para el procesamiento de señales de corriente/tensión y para el registro de temperatura con una

opción de conexión directa para termómetros de resistencia Pt100 y para termopar.

- ❖ **Módulos digitales de entrada y salida.** Diseñado para gran variedad de niveles de señales con salidas de relé o de transistor.
- ❖ **Módulos de posicionamiento.** Son módulos contadores de alta velocidad con soporte para la conexión de encoders rotatorios incrementables y de módulos de posicionamiento para servomotores y motores de paso a paso.

2.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE (FX3U) MITSUBISHI A UTILIZAR EN LA AUTOMATIZACIÓN DEL PASTEURIZADOR DE LA ZONA DE EMBOTELLADO DE LA FÁBRICA DE CERVEZAS HATUEY. [13] [15]

- ❖ Memoria de programa: 64K pasos (estándar).
- ❖ Procesamiento de instrucciones básicas: 0,065 μ s/instrucción lógica.
- ❖ Rango de entradas/salidas: 16, 32,48, 64, 80 ó 128 puntos.
- ❖ Resolución analógica: 8, 12 y 16 bits.
- ❖ Procesamiento de instrucciones básicas: 0,065 μ s/instrucción lógica.
- ❖ Extensiones analógicas: Disponibles 14 módulos diferentes con entradas y salidas analógicas y para el registro de la temperatura.

Posicionamiento Integrado:

- ❖ 6 contadores de alta velocidad (100 KHz).
- ❖ 2 contadores de alta velocidad (10 KHz).
- ❖ 3 salidas de tren de pulsos (100 KHz).
- ❖ Sólo módulos de salida de transistor.

Opcionalmente:

- ❖ ADP (Módulo de comunicación definido por el fabricante) con contadores de alta velocidad (200 KHz)
- ❖ ADP con salidas de tren de pulsos (200 KHz)
- ❖ ADP con salidas de tren de pulsos (1 MHz).

Características de equipamiento:

- ❖ Se puede elegir entre modelos con salidas de relé o de transistor.
- ❖ Interfaz serie integrado para la comunicación con PC y HMI: Interfaz Hombre Máquina.

- ❖ Control de posicionamiento integrado.
- ❖ Módulos de interface intercambiables para el montaje directo en la unidad base.
- ❖ LEDs para la indicación de los estados de entrada y salida.
- ❖ Sistemas de programación de fácil funcionamiento, como software de programación según IEC1131-3 (EN 61131), equipos HMI y equipos de programación manuales.
- ❖ Reloj de tiempo real integrado.
- ❖ Ampliable mediante módulos de entradas/salidas digitales, módulos especiales y módulos ADP.

2.4.3. VENTAJAS DE LOS PLC'S MITSUBISHI SERIE (FX3U). [13]

- ❖ Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que el tiempo que tarda en ejecutar una instrucción es 0.065 μ s.
- ❖ Su pequeño tamaño compacto con un estilo de diseño común.
- ❖ De buen funcionamiento y costo.
- ❖ De control y alta precisión de alta velocidad.
- ❖ Muy avanzados en funciones integradas y fáciles de usar funciones analógicas.
- ❖ Mayor número de puntos de control.
- ❖ Capacidad de memoria expandida, hardware y software, compatibilidad de software para FX2N.
- ❖ Mejora de la comunicación y la demanda de trabajo en redes.
- ❖ Los modelos estándar en conformidad con las normas internacionales.
- ❖ Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- ❖ Manejo fácil, gracias a un montaje simple y diferentes técnicas de conexión.
- ❖ Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar los contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar averías.
- ❖ Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo Autómata.
- ❖ Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.

- ❖ Comunicación sencilla con otros autómatas y ordenadores a través de procesadores de comunicación y redes locales propias.
- ❖ Programación sencilla, gracias a la estructuración del programa y al empleo de partes de programas normalizadas.
- ❖ Adaptabilidad máxima, gracias a las diferentes opciones de entrada/salida y a la expansibilidad modular.
- ❖ Puesta en marcha fácil, gracias a los aparatos de programación y mantenimiento con numerosas ayudas en programas y pruebas.

2.5. MÓDULOS ANALÓGICOS DE ENTRADA Y DE SALIDA DEL PLC

FX3U. [12]

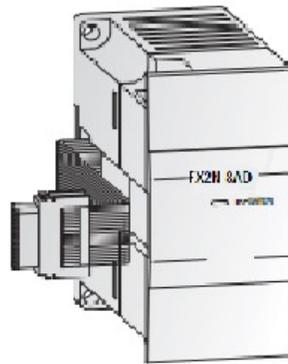


Fig. 2.9. Módulo Analógico de entrada FX2N-8AD.

El PLC FX3U presenta módulos analógicos de entrada, el que se propone es el FX2N-8AD, este proporciona 8 entradas analógicas. El módulo convierte señales analógicas del proceso en valores digitales que son procesados después por el controlador FX3U. Pueden entregarse los valores actuales o los valores medios de varias mediciones. Características del módulo analógico de entrada FX2N-8AD:

- Canales analógicos: 8 entradas.
- Rango analógico de entrada: -10 a +10V/ -20 a +20mA/ 4 a +20mA.
- Precisión total escala completa: $\pm 0,3 - 0,5\%$ (Dependiente de la temperatura ambiente).
- Fuente de alimentación de 5V/DC: 50mA (desde la unidad base).
24V/DC: 80mA.
- Puntos de E/S ocupados: 8.

2.5.1. MÓDULO ANALÓGICO DE SALIDA. FX2N-4DA.

El módulo analógico de salida FX2N-4DA proporciona 4 salidas analógicas. Este módulo convierte valores digitales del controlador FX3U a las señales analógicas requeridas por el proceso. Puede entregar señales tanto de corriente como de tensión.

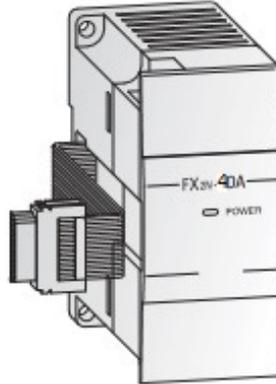


Fig. 2.9.1. Módulo de salida analógico FX2N-4AD.

Características:

Canales analógicos de salida: 4

Rango analógico de salida: -10 a 10 V/DC, 0-20mA, 4-20mA

Resolución: Tensión de 5mV (10 bit) Corriente de 20uA (11bit signo+)

Precisión total a escala completa: $\pm 1\%$

Fuente de alimentación: a 5V/DC—30mA (desde la unidad de base) y a 24V/DC—200mA.

Puntos E/S relacionados: 8.

2.6. COMUNICACIÓN PLC MITSUBISHI CON LA PC.

En principio ante la necesidad existente de comunicar el PLC propuesto con la computadora de este proceso debía utilizarse un protocolo de comunicación cuyas reglas en conjunto le permitieran transferir e intercambiar datos entre los distintos dispositivos que conforman la red. Precisamente para el desarrollo de esta tarea se utilizó el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP, este protocolo es ampliamente aceptado como un fabricante neutral y es estándar para la automatización.

2.6.1. FUNDAMENTOS SOBRE EL PROTOCOLO MODBUS

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por *Modicon* para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar en la industria y que goza de gran disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos por su fácil implementación que requiere poco desarrollo.

Modbus es un protocolo de transmisión para sistemas de control y supervisión de procesos (SCADA) con control centralizado, puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas (RTU) ó TCP/IP con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso. Las Interfaces de Capa Física pueden estar configuradas mediante RS-232, RS-422, RS-485 ó Ethernet.

2.6. 2. MODO DE TRANSMISIÓN PROPUESTO. MODBUS TCP/ IP. (Ver figura 2.4.)

La transmisión en el modo MODBUS/TCP se establece mediante paquetes TCP/IP. En este modo de transmisión se emplea un encabezamiento para la identificación de la unidad MODBUS (capa de aplicación). El campo de dirección esclavo MODBUS utilizado en MODBUS serie es sustituido por un único byte, identificador de unidad. El identificador de unidad se emplea para la comunicación a través de dispositivos como puentes, routers o gateways que emplean una única dirección IP que soportan múltiples e independientes unidades finales de MODBUS.

Cuando MODBUS se transmite en TCP, se le añade en el encabezamiento una información adicional de longitud del mensaje, que permite conocer el límite del mismo, incluso si se envía en múltiples paquetes.

Encabezamiento	Código de la Función	Datos
7 byte	1 byte	n bytes

El encabezamiento tiene una longitud de 7 bytes distribuidos de la siguiente forma:

- Identificador de trama: Se usa para la transacción, el servidor MODBUS copia en la respuesta el identificador de la trama de la petición.
- Identificador de protocolo: Se emplea para los sistemas multiplexados. El protocolo MODBUS es identificado por el valor 0.

- Longitud: Este campo es un contador de bytes de los siguientes campos, incluyendo el identificador de unidad y el campo de datos.
- Identificador de unidad: Este campo se emplea para enrutados. Típicamente se utiliza para la comunicación MODBUS o en MODBUS + esclavo serie a través de Gateway entre una red Ethernet TCP-IP y una línea serie MODBUS. Este campo es puesto por el cliente MODBUS en la petición y debe ser devuelto con el mismo valor en la respuesta del servidor.

2.6.3 COMUNICACIÓN ENTRE LA PC Y EL PLC. RED ETHERNET.

La comunicación del PLC con la PC se realiza a través de la Red Ethernet ya que esta está muy bien establecida en el campo de la automatización a nivel mundial. Ethernet es una plataforma para una gama muy amplia de protocolos de comunicación.

La combinación entre Ethernet y el tan extendido protocolo TCP/IP permite una comunicación de datos de alta velocidad entre el SCADA y el PLC FX3U. Los módulos Ethernet compatibles con los PLC FX también proporcionan funcionalidad de servidor FTP, además de los servicios de comunicación normales TCP/IP. Esto significa que un ordenador personal con software de comunicación estándar está en condiciones de leer y escribir en la secuencia de programa CPU del PLC.

Características de la red Ethernet para la comunicación del PLC FX con la PC:[12]

- Comunicación de hasta 100 Mbps.
- El módulo de la serie FX se añade al sistema.
- Permite la conexión a PC, PLC y a dispositivos de terceras partes.
- Método de conexión preferido para SCADA.
- Protocolo Modbus TCP/IP.

Módulo de Comunicación Ethernet FX3U-ENET: [12]

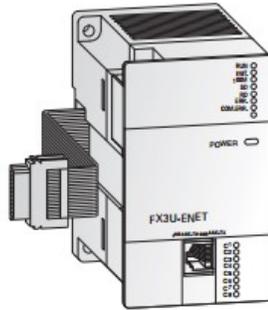


Fig. 2.10. Modulo Ethernet FX3U-ENET.

Con el módulo de comunicación Ethernet FX3U-ENET es posible unir el controlador FX3U directamente con la red Ethernet. A través de este módulo un PLC FX3U puede intercambiar datos rápida y directamente con el SCADA. Además, a través de Ethernet es posible transmitir (subir y bajar), analizar y modificar programas PLC. La configuración se lleva a cabo con el software FX Configurator-EN.

Características del Módulo Ethernet FX3U-ENET:

- Protocolo: TCP/IP
- Modo de comunicación: full duplex, semi duplex.
- Número de conexiones abiertas simultáneamente: 8
- Comunicación de búfer fijo: 1023 palabra X 8
- Comunicación con servidor de correo: SMTP, POP3
- Interface: IEEE802.3u(100 Base TX), IEEE802.3(10 Base T)
- Conector: RJ45
- Tasa de transferencia máxima: 100Mbits/seg
- Longitud máx. de segmento: 100m
- Cable: CAT5 STP ó 3STP.
- Fuente de alimentación (24 V/DC): 240 mA (desde la unidad de base).

2.7. SISTEMA DE SUPERVISIÓN O SUPERVISORIO (SCADA).

El sistema de supervisorio (SCADA) que se propone es el software de supervisión EROS, que trabaja en ambiente Windows, el cual permite las lecturas de las mediciones, así como el trabajo con los lazos de regulación (cambios en el *Set Point*, constantes, modo de operación manual o automático, etc.)

El software EROS es el sistema de supervisión y control de procesos que se destaca por la facilidad con que puede ser operado y configurado. Ofrece funciones predeterminadas (estadísticas, alarmas, recetas y datos históricos), lo que disminuye los costos de puesta en marcha. Posee una capa de red poderosa que a través del protocolo TCP-IP, habilita la comunicación entre diferentes computadoras y permite la operación remota. Actualmente se conecta con autómatas, redes MODBUS, servidores OPC y otros dispositivos.

Constituye además un potente registrador histórico que permite visualizar y analizar la información de todas las variables que se configuran de forma sencilla y en línea, lo que permite que un usuario no especializado con orientaciones sencillas pueda configurarlo sin tener que depender de especialistas para ello. Su ambiente de trabajo es amistoso y la presentación es agradable, otorga un conjunto de posibilidades que lo hacen sumamente robusto y flexible para todos los requerimientos de este trabajo.

El uso del supervisor EROS permite un número prácticamente ilimitado de variables, además todas las señales tanto analógicas como digitales que son procesadas por el autómata son visualizadas en la pantalla de la PC. Los mímicos posibilitan visualizar las variables y la interacción física de los diferentes elementos del proceso, pueden ejecutarse comandos para el control manual o régimen de operación automático. Para realizar cambios de parámetros y acción de reguladores, el operador con solo pulsar en la pantalla de la PC los íconos designados para ello puede monitorear y controlar el proceso. Además de mostrar una ventana de mando mediante la cual se puede seleccionar arranques y paradas de emergencia en dicho proceso.

A continuación se muestra la configuración del SCADA EROS de la PC para el pasteurizador del área de embotellado de la fábrica de cervezas Hatuey con las siguientes configuraciones:

- ❖ **Mediciones Analógicas:** La temperatura en cada una de las zonas de trabajo del pasteurizador.
- ❖ **Funcionamiento de los equipos (Entradas Digitales):** El funcionamiento de las bombas de agua en cada una de las zonas.

Con todas las mediciones, funcionamientos y lazos de control mostrados anteriormente, el operador desde la PC o desde la HMI del área del pasteurizador tiene conocimiento del desarrollo del proceso tecnológico, lo que le permite tomar decisiones desde su puesto de trabajo. Todas estas variables mencionadas tendrán la opción de salvarse en el registro histórico del software y a su vez se tendrá presente para realizar cálculos estadísticos en caso de las mediciones analógicas. La Figura 2.11, que se muestra a continuación es una representación del proceso a través del supervisorio (EROS).

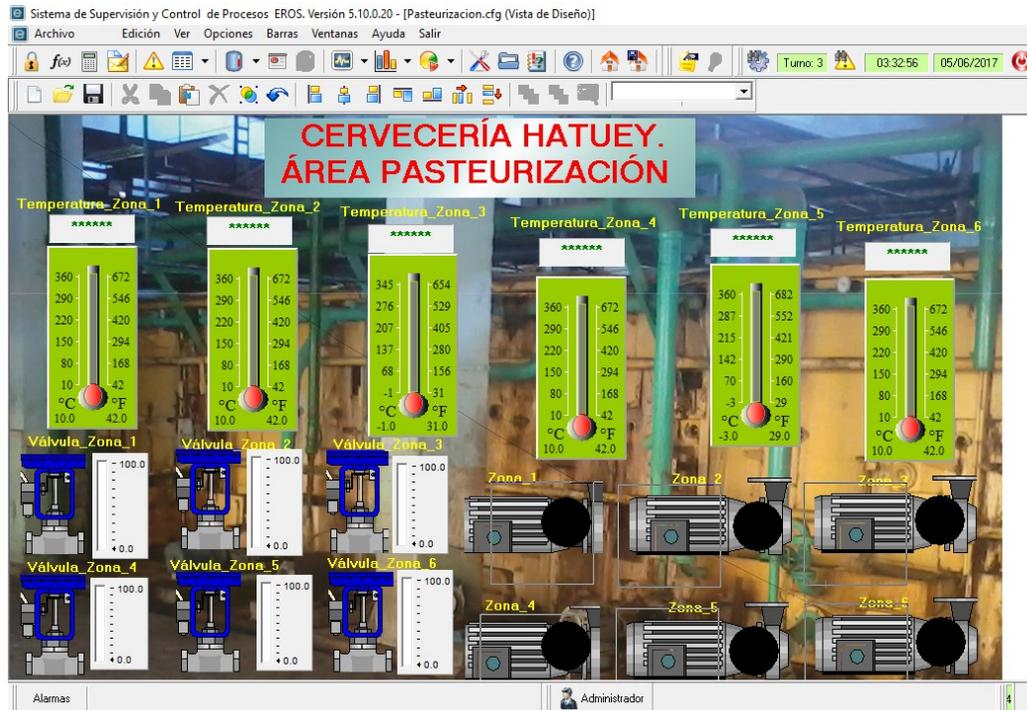


Fig. 2.11. Representación en el EROS para el control del pasteurizador.

En la siguiente figura (Figura 2.12.) se muestra la ventana desde donde se accede al lazo de control de la zona 1 del pasteurizador, la misma está configurada con las siguientes opciones: *Set Point*, variable del proceso (VP), variable manipulada (VM), el modo de operación (manual/automático), ajuste de las parámetros del lazo de control PID (KP, TI y TD) y la opción de visualización del *Set-Point*. Se puede ver la

respuesta del mismo durante su comportamiento en tiempo real. Cuando se trabaja en modo manual la barra de visualización de la variable manipulada da la opción de mover el valor de dicha variable a través de un cursor que solamente aparece en modo manual. En el caso de la Zona 1 del pasteurizador el *Set-Point* y la variable del proceso estarán dentro de un rango de 0 a 100°C y la variable manipulada de 0 a 100% que significa la posición del vástago de la válvula.

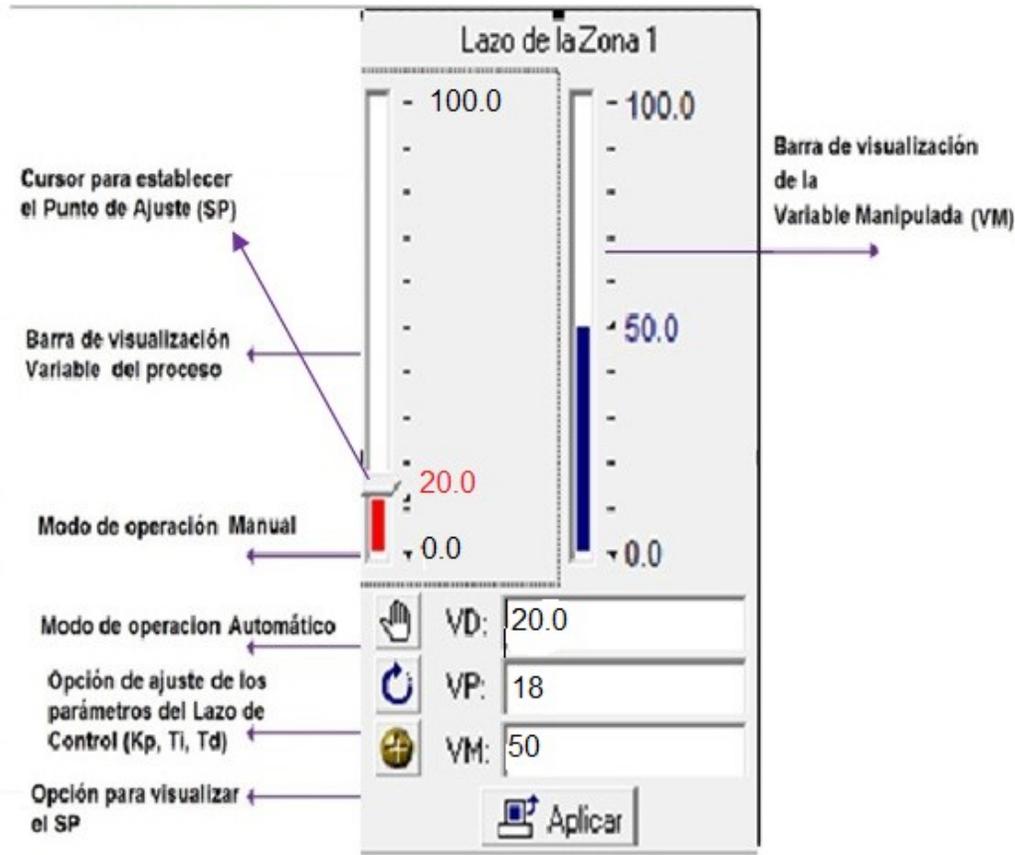


Fig. 2.12. Ventana del lazo de control desde el supervisor EROS.

Desde el supervisor EROS se puede ajustar el lazo de control por la vía experimental o a prueba y error, introduciendo valores de inicio a K_p y T_I y T_D . Mediante el registrador gráfico o histórico se puede graficar la tendencia de medición de la variable del proceso contra el set point y según las desviaciones entre ellas o el error, se va ajustando el lazo de control de modo tal que su comportamiento sea lo más estable posible. En caso que se apliquen técnicas de identificación utilizando herramientas de desarrollo como MATLAB los datos obtenidos se evalúan en el lazo de control y al mismo tiempo se pueden observar los resultados en el gráfico del histórico.

2.8. HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI). MITSUBISHI GT 1050/55. [20]



Fig.2.13. Pantalla táctil Gt 1050/55.

La HMI o **interfaz de usuario** es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, equipo, computadora o dispositivo, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo. Normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar, aunque en el ámbito de la informática es preferible referirse a que suelen ser "amigables e intuitivos" porque es complejo y subjetivo decir "fácil".

La GT 1050/55 brinda una gran ventaja ya que al ser Mitsubishi al igual que el PLC que se propone brinda una fácil comunicación entre ambos y así facilita el trabajo. Además esta pantalla es muy útil por sus características.

- Las unidades de control se pueden configurar mediante el software de programación GT Designer 2, ejecutable en cualquier PC con Windows instalado. Los programas de aplicación creados así se pueden transferir luego a través de la interfaz integrada USB a la memoria de 3MB de la unidad GOT.
- Posee una brillante pantalla táctil de alta definición LCD (cristal líquido). La elevada resolución de la pantalla garantiza una visualización nítida de los datos de la máquina.
- La gran velocidad de procesamiento del microprocesador integrado garantiza la rapidez de reacción a cada contacto en la pantalla táctil.
- Manipulación sencilla y cómodo montaje tanto vertical como horizontal.

Comunicación de la interfaz gráfica GT 1050/55 y PLC.

Las unidades GT 1050/55 ofrecen una amplia compatibilidad de comunicación con distintas conexiones y enlaces a protocolos y otros dispositivos.

Pueden conectarse a numerosos tipos de dispositivos gracias a las interfaces RS 232, RS 422 y RS 485 que llevan integrados. En cada PLC de la familia FX de Mitsubishi puede conectarse en serie sucesiva dos unidades de control con un solo

cable. Todos los driver necesarios para los PLC de la familia FX vienen incluidos de fábrica. El driver FX presente se puede sustituir en el programa GT Designer 2 por un driver para la serie Q o para dispositivos de otros fabricantes.

Fig 2.14 Conexión de la GT 1050/55 al PLC



2.9. COMUNICACIÓN DEL FX3U CON LA INTERFAZ GRÁFICA GT 1050/55 (HMD).

Red RS-485

RS-485 o también conocido como EIA-485, está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35Mbps hasta 10 metros y 100Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19200bps y la comunicación half-duplex (semiduplex). Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto.

Especificaciones generales

- ❖ Interfaz diferencial
- ❖ Conexión multipunto
- ❖ Alimentación única de +5V
- ❖ Hasta 32 estaciones (ya existen interfaces que permiten conectar 256 estaciones)
- ❖ Velocidad máxima de 10 Mbit/s (a 12 metros)
- ❖ Longitud máxima de alcance de 1200 metros (a 100 kbit/s)
- ❖ Rango de bus de -7V a +12V

Características de la Interfaz RS-485:

- ❖ Es una mejora sobre el RS-422 ya que incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32) y define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima.
- ❖ El RS-485 soporta distintos tipos de conectores como DB-9 y DB-37.
- ❖ Posibilidad de conectar más dispositivos a la misma red (equipos emisores/receptores), es decir, que puedo conectar a los dos hilos del RS-485 una gran cantidad de dispositivos electrónicos, anteriormente los transceptores, soportaban solamente 32 dispositivos en la misma red, ahora hay chips que soportan muchos más.

Generalmente, cuando se conectan en la red varios dispositivos uno de ellos es llamado maestro y los otros esclavos, observe la (Figura 2.15), muestra la conexión RS-485 de dos hilos con varios esclavos, en la figura por simplicidad no se muestra el transceptor.

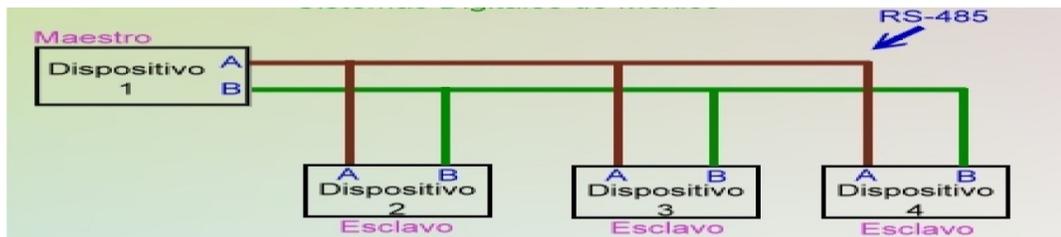


Figura. 2.15. Conexión de la red RS-485.

- Existen dos opciones para crear una red RS-485:

Usando 4 cables, llamada en inglés full-duplex.

Usando 2 cables, llamada half-duplex.

A continuación se detallan cada una de estas opciones:

Comunicación RS-485 a cuatro hilos (full-duplex)

Como se sabe dos dispositivos pueden comunicarse serialmente usando dos cables, uno llamado receptor (Rx) y otro llamado transmisor (Tx), pues basta con agregar un dispositivo electrónico llamado transceptor (*transceiver*) para protocolo RS-485. Este chip es capaz de manejar la recepción y transmisión de datos con los niveles de voltaje requeridos en la especificación que se definió para el protocolo RS-485.

Observe la (Figura 2.16), el transceptor se conecta a las terminales Tx y Rx de un dispositivo serial, para así tener lista la conexión RS-485 a 4 hilos, así de simple.

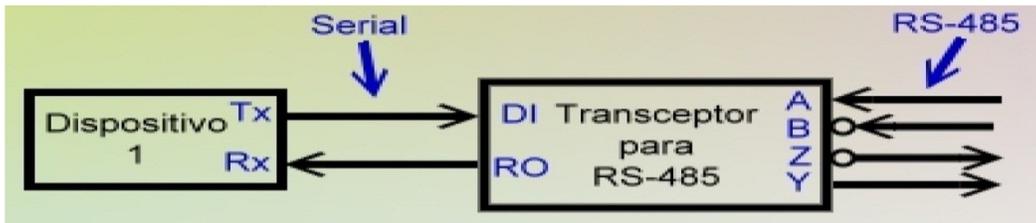


Figura. 2.16 Conexión de la red RS-485 a cuatro hilos.

Ahora observe en la (Figura 2.17.), la conexión para formar la red RS-485, con únicamente dos dispositivos seriales.

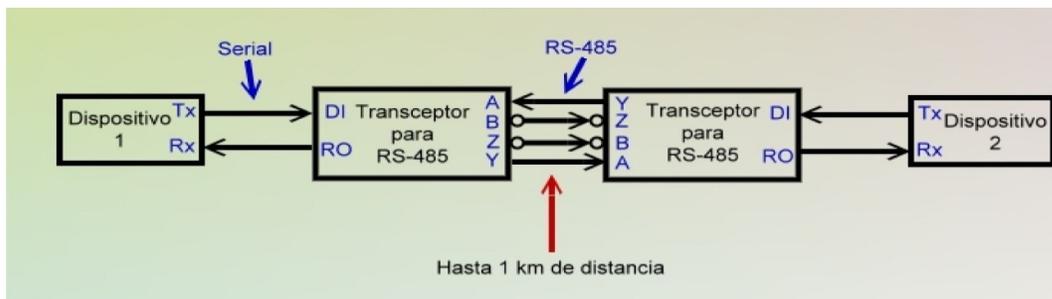


Figura.2.17. Conexión con dos dispositivos.

Si es el hardware necesario para la comunicación RS485 a 4 hilos, el transmisor y receptor son totalmente independientes, en un instante ambos pueden estar transmitiendo y recibiendo información, por eso es llamado "*full-dúplex*" pues es más rápida este tipo de conexión que su contraparte, la conexión RS-485 a 2 hilos.

Comunicación RS-485 a dos hilos (half-dúplex)

La otra conexión posible es la de dos hilos, en este caso se usa igual un transceptor para RS-485, pero que sea para dos hilos, la diferencia, es que a dos hilos, el transmisor y el receptor nunca están funcionando en el mismo instante, o el dispositivo transmite información o la recibe, pero nunca al mismo tiempo. Este tipo de conexión, es más lenta que usando la conexión RS-485 a 4 hilos, pero tiene como ventaja a la hora de diseñar el hardware y es que solo requiere de dos simples cables. La (Figura 2.18.), muestra dos dispositivos conectados para funcionar con la

especificación RS-485 a dos hilos, observe como es necesaria una línea más de control.

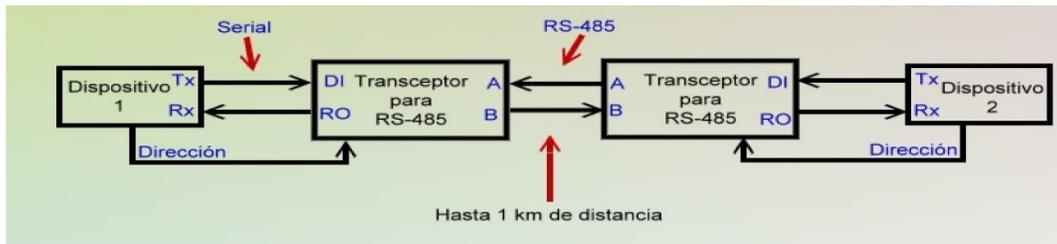


Figura. 2.18. Conexión de la Red a dos hilos.

Como se mencionó arriba, la ventaja en modo “*half dúplex*” es evidente, requiere solamente dos cables para su conexión, lo que ahorra en cableado, sobre todo si son largas las distancias entre los dispositivos.

2.9.1. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MELSEC-FX: [15] (Ver figura 2.4)

MELSEC-FX es la red especializada propia de Mitsubishi, esta usa una funcionalidad de alta velocidad redundante para la entrega determinista de grandes volúmenes de datos.

Tiene además una configuración de cable doble lo cual ofrece gran fiabilidad de la red, ya que las posibles roturas de cable se detectan de inmediato, con lo que el canal de comunicación activo es redirigido de inmediato para rodear la rotura detectada. La red MELSEC-FX permite un maestro flotante, ello permite a su vez que otros PLC de la red asuman la función de maestro en caso de que se produzca un fallo con el maestro actualmente seleccionado y tiene una cobertura de red muy amplia de hasta 30 km.

Características de la red MELSEC-FX:

- Hasta 64 estaciones por red.
- Es posible unir hasta 255 redes.
- Maestro flotante ofrece una excelente redundancia si falla el maestro seleccionado.
- Fibra óptica (cable GI o SI) y conexión coaxial 50q.
- Usada para P2P o control E/S remoto.

- Sencilla configuración, no hace falta programación.
- Potentes diagnósticos integrados en la interface de la red, CPU del PLC y software de programación.
- Hasta 16 k de palabras de datos por red.
- Velocidad máxima de transmisión de 50 Mbps (solo fibra SI, comunicación full duplex).
- Máxima distancia de transmisión para una red simple, 30 km circuito de fibra o 500m coaxial.

2. 10. CONFIGURACIÓN DEL HMI EN LA PANTALLA GRÁFICA GT 1050/55.

Para acceder a la interfaz gráfica se realiza desde la Pantalla de Inicio



Fig. 2.19. Pantalla de Inicio de la interfaz gráfica.



Presionando este icono se accede a la pantalla que permite la autenticación del usuario a través de la contraseña de operador, instrumentista o especialista. Esta contraseña es necesaria para poder operar en el sistema. Cuando se accede como instrumentista, se puede realizar cambios en los ajustes del sistema ya sea ajustar lazos de control, cambios de los parámetros de la linealización de las mediciones de temperatura y acción de los lazos de control ya sea directa o inversa. Cuando se cambia a la sección de operador este solamente puede pasar los lazos de control a manual o automático y operar las válvulas en modo manual. En la

sección de especialista se tiene el control completo del proyecto de la terminal gráfica.



Presionando este icono se accede a la pantalla que permite manipular las válvulas de control.

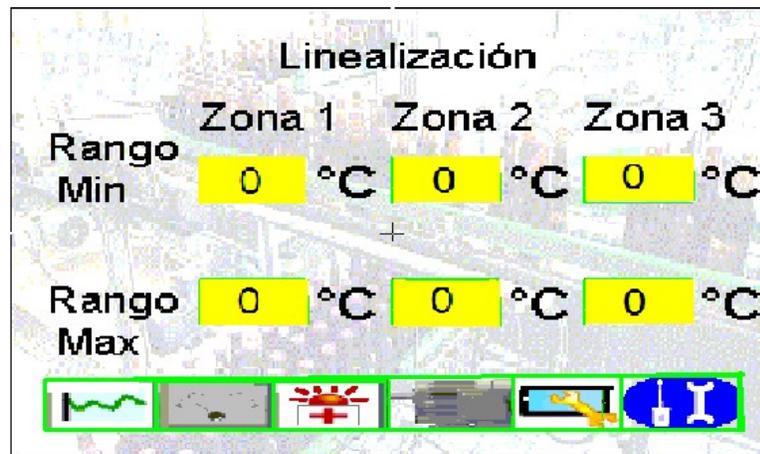


Fig. 2.20. Ajuste del rango de medición de los instrumentos.

En la figura... se muestra la pantalla donde se pueden ajustar los valores máximos y mínimos del rango de medición de los instrumentos. Presionando el icono  se muestra la pantalla de linealización de las temperaturas de las zonas 4,5 y 6.

Los rangos de temperatura, se introducen mediante teclado numérico, se presiona sobre  y cuando aparezca el teclado numérico se introduce el valor respectivo de temperatura. Observe que el rango mínimo no puede ser mayor que el rango máximo, esto introduciría error en la medición.

En la pantalla que se observa en la figura 2.21 se observará el mímico de las bombas funcionando; se accede a la misma a través del ícono . Estas bombas están relacionadas con las válvulas automáticas de los lazos de control de temperatura. Si las bombas no están funcionando, las válvulas automáticas se cierran y no se pueden operar ni en el modo Automático ni en el Manual, para operarlas con los motores de la bomba detenido hay que desbloquear la válvula

automática a través del interruptor de válvula bloqueada **V.BLOQUEADA** y solo el instrumentista y el especialista a través de su sección tienen la autoridad para hacerlo.

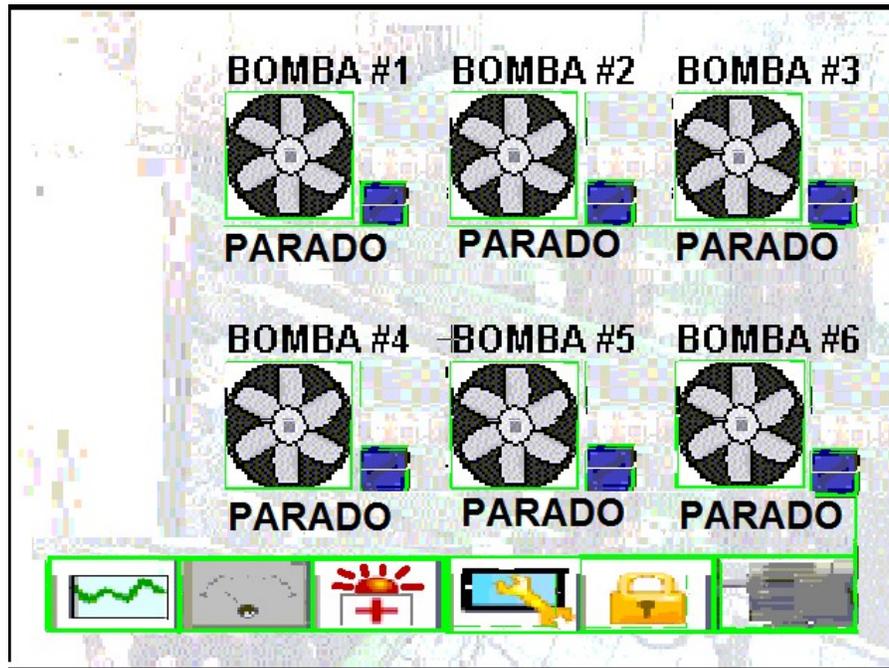


Fig. 2.21. Mímico de las bombas de cada zona.

En la siguiente pantalla:

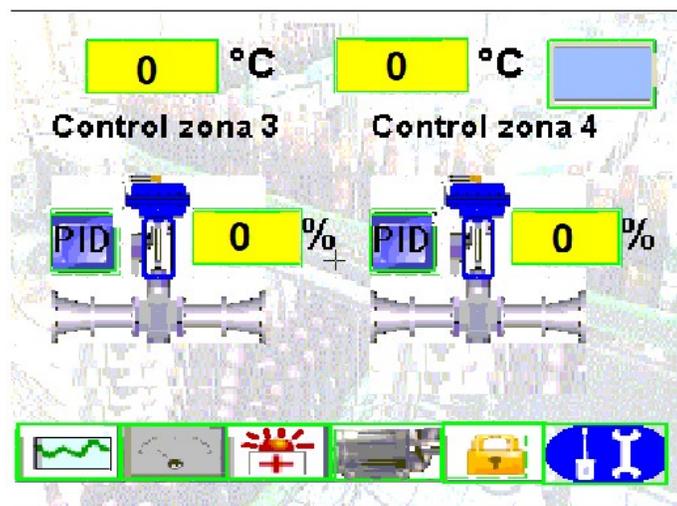


Fig. 2.22. Pantalla para el control de los lazos de control.

Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

Se puede observar el funcionamiento de los lazos de control, para ello se muestra el % de apertura de las válvulas de control de cada zona y las temperaturas asociadas.



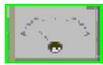
Desde esta pantalla se accede, presionando el icono  a la pantalla que permite cambiarle el punto de ajuste del sistema de control o sus parámetros.



A esta pantalla se accede desde otras pantallas presionando el ícono .



Presionando este icono se accede a la pantalla que muestra los gráficos de barras.



Presionando este icono se accede a la pantalla que muestra las mediciones de temperatura.



Presionando este icono se accede a la pantalla que permite el ajuste de las alarmas.

2. 10. 1 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ GRAFICA GT 1050/55. GT DESINGER 2.

El programa de edición gráfica GT Desinger 2 es el que posibilita la creación de las pantallas de operación de todas las consolas de mando GOT como la interfaz propuesta la GT 1050/55. Con ayuda de la sencilla interfaz de usuario de Windows, se capacita al usuario para operar el programa de forma fácil y rápida sin largos intervalos de procesamiento y costes de trabajo.

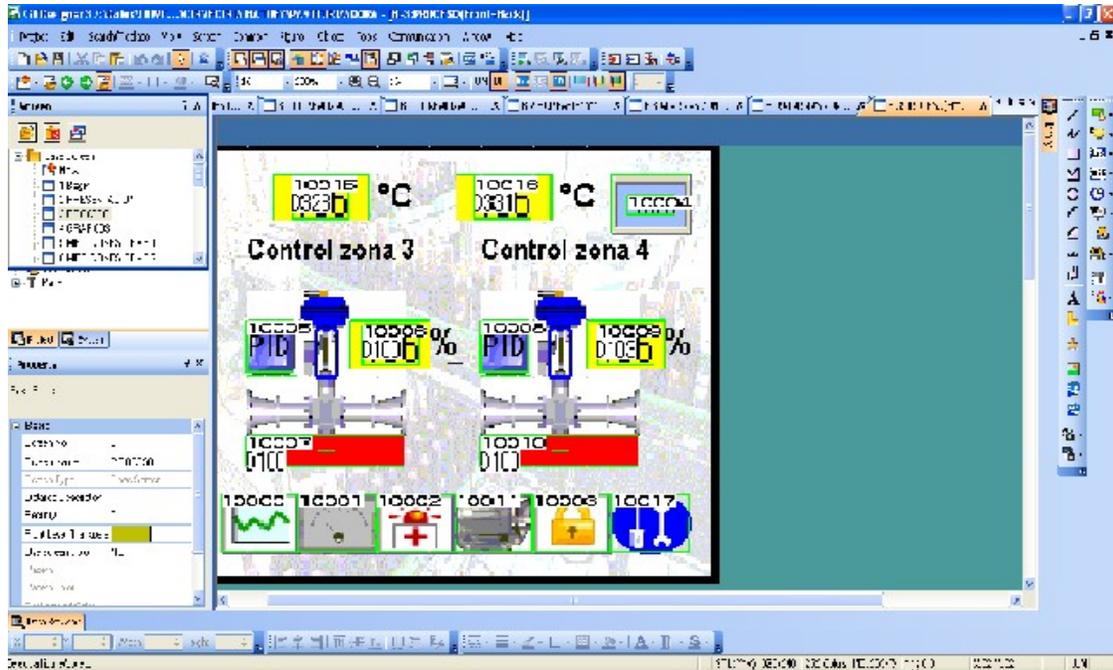


Fig. 2.23. Entorno de programación del software GT Desinger 2.

El software consta de los elementos siguientes:

- Una biblioteca gráfica y de objetos exhaustiva y editable que permite una adaptación rápida e individualizada de los gráficos existentes a la aplicación que se necesite.
- Una estructura en forma de árbol de los proyectos que facilita la visión general rápida. Así es posible navegar fácilmente por el proyecto y añadir pantallas, borrarlas o modificarlas.
- La combinación de simulador GT y simulador GX ofrece la posibilidad de uso en la consola de mando de la máquina, así como de comprobar exhaustivamente el programa del PLC sin tener conectado el hardware correspondiente.

2.11. SOFTWARE GX IEC DEVELOPER UTILIZADO EN LA PROGRAMACIÓN DEL AUTÓMATA.

El software GX IEC Developer es un potente paquete de programación y documentación. Soporta la implementación de la totalidad de PLCs de la familia Mitsubishi. Ofrece un cómodo entorno MS Windows y tiene la posibilidad de optar

Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

entre cinco lenguajes de programación, entre ellos el lenguaje LD (Ladder Diagram / diagrama de escalera).

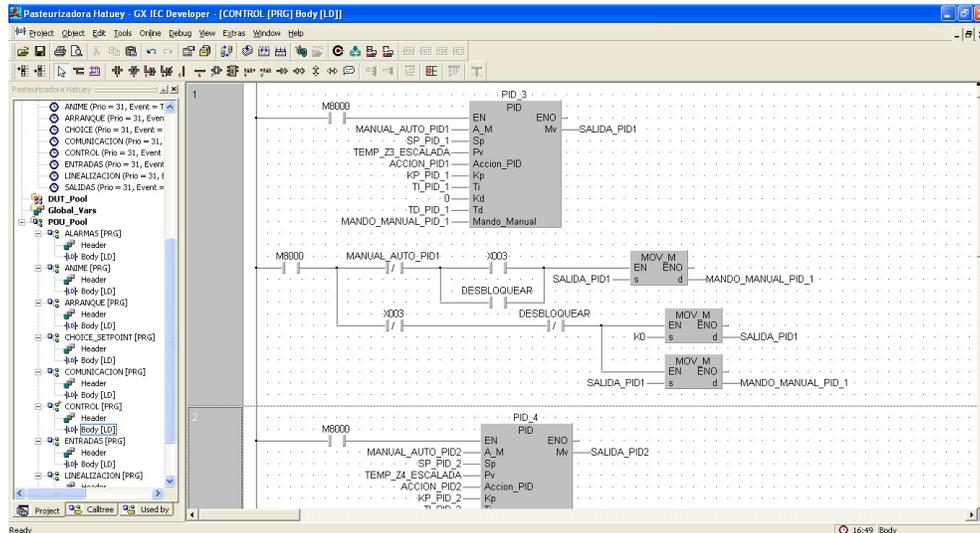


Fig. 2.24. Entorno de programación del software GX IEC Developer.

Propiedades principales del GX IEC Developer:

- Satisface el estándar IEC 1131.3 de programación de PLC. Le permite crear código estándar PLC y bloques funcionales reutilizables, permitiendo ahorrar tiempo y costos de desarrollo.
- Es posible importar y usar en el programa complejas funciones y código de programación creados por ingenieros informáticos especializados.
- El uso de este software favorece una buena gestión y estructuración de los datos. A menudo, los programas son desarrollados por varias partes, todas las cuales contribuyen entre sí. Esta estructura asegura que todas las partes implicadas informan de los cambios y se mantienen al día.
- Fácil y rápido de configurar, los componentes de control pueden programarse rápidamente con ayudas de tablas, diálogos interactivos y soporte gráfico.
- También es compatible con software de programación de Mitsubishi más antiguo. Los beneficios resultantes son una interrupción mínima de los programas existentes y un tiempo reducido de reprogramación, a la vez que

se disfruta del acceso a las nuevas funciones propiciadas por GX IEC Developer.

VALORACIÓN ECONÓMICA:

VALORACIÓN MEDIOAMBIENTAL:

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2:

A partir de la descripción detallada de cada uno de los elementos que intervienen en el control del proceso de pasteurización así como de los requerimientos técnicos de los mismos, se lleva a cabo la propuesta de control, seleccionando como soporte técnico la utilización del PLC Mitsubishi FX 3U, debido a las grandes ventajas que proporcionan en el control de procesos en comparación con otras variantes. Se realizó la propuesta de la estrategia de automatización a llevar a cabo, la programación del PLC para la misma y la propuesta del SCADA. Además se realizó la valoración económica de los resultados.

CONCLUSIONES GENERALES:

Con el desarrollo de la propuesta de automatización realizada para el proceso de pasteurización en el área de embotellado de la Fábrica de Cervezas Hatuey de Santiago de Cuba, se cumplieron los objetivos trazados en la investigación, puesto que se logró:

1. Caracterizar la instrumentación propuesta a utilizar en el campo.
2. La elaboración del diseño de una estrategia de automatización basado en un PLC.
3. Se realizó el algoritmo de control para facilitar la comprensión de la programación.
4. Se programaron las secuencias establecidas para el control de las variables más importante del proceso, con la ayuda de la función PID implementada en el autómata Mitsubishi FX3U.
5. Se realizaron las descripciones técnicas de cada uno de los elementos que intervienen en la propuesta de automatización.
6. SCADA y HMI

Con el desarrollo de esta propuesta se pretende dar solución a problemas existentes en la fábrica donde han existido grandes pérdidas por no realizarse una pasteurización correcta y salir defectuoso el producto.

RECOMENDACIONES

A pesar de que este trabajo aborda la solución al problema tecnológico actual es prudente realizar las siguientes recomendaciones en aras de ampliar el espectro de las soluciones factibles:

- Implementar la estrategia de supervisión y control en el pasteurizador del área de embotellado de la Cervecería “Hatuey”.
- Empezar en una segunda etapa la automatización del resto del proceso, integrado al Sistema de Control y Supervisorio.

Bibliografía:

1. Aguilera Castillo Álvaro y Vázquez Seisdedos Luis: "Consideraciones preliminares elaboración de Proyectos de Automatización". Enero 2010.
2. Balda, Milán. "Control Automáticos para Procesos". Editorial Universitaria. La Habana, Cuba, 1966.
3. Bishop R. & Dorf, R. Sistemas de Control Modernos. 8va Edición. Editora LTC. Río de Janeiro. Brasil. 2001.
4. Colectivo de Autores. "Autómatas Programables, Fundamentos, Manejos, Instalación y Prácticas". Edición Revolucionaria; 1999.
5. Colectivo de autores. "Química General". 3ra Edición.
6. Beer pasteurization: (manual of good practice) Prepared by the EBC Technology and Engineering Forum. Nürnberg: Getränke – Fachverlag Hans Carl, 1995.
7. Grupo de Ingeniería y Desarrollo. "EROS". División Nicaro.
8. Informe Técnico: Manejador de comunicación con SCADA EROS. Driver: Modbus. SERCONI, División Automatización.
9. K. Ogata: Ingeniería de Control Moderna. 3ra Edición.
10. Loyola Zubia, Iban. "Curso Básico de Autómatas Programables". Grupo Tecnológico Maser; 2007.
11. Moreno Galindo, Juan Nicolás. Modelamiento y Control de Planta Pasteurizadora. Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Departamento Electrónica. Junio 2013
12. Manual de Introducción de la serie FX, "Mitsubishi Electric".
13. MITSUBISHI PROGRAMMABLE CONTROLLERS, "Manual de Introducción".
14. MITSUBISHI PROGRAMMABLE CONTROLLERS," Programming manual Basic & Applied Instruction Editions".
15. MITSUBISHI ELECTRIC, "Automatización Industrial".
16. Manual Básico, "SENSORES MICROONDAS PARA MEDICIÓN BRIX." Versión Nº: V8 2010-11-30.

17. Manual del Usuario, SCADA EROS. “Sistema de supervisión y Control de Procesos” Grupo de Desarrollo EROS.

18. Romeo J, Díaz L, González-Gross M, Wärnberg J y Marcos A. 2006. Contribución a la ingesta de macro y micronutrientes que ejerce un consumo moderado de cerveza.

19. Bonilla Rodríguez, Jorge Gabriel y Cordero Loo, Edison Xavier 2010. “Diseño y análisis de un sistema de instrumentación y automatización industrial aplicado al proceso de pasteurización de una planta de elaboración de cerveza”.

20. MITSUBISHI ELECTRIC, “Unidades de control gráficas”.

ANEXOS:

Anexo 1. Autómata programable MITSUBISHI FX con sus módulos.



Módulo de Comunicación ADP-RS485



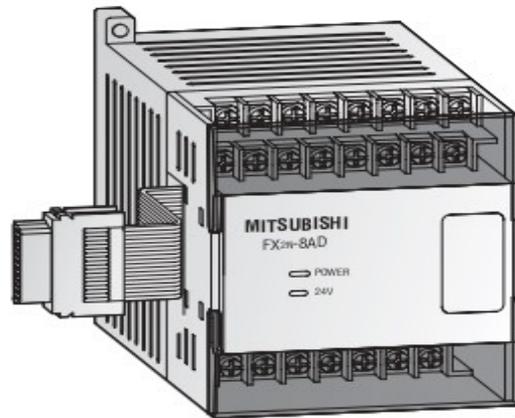
**Módulo de comunicación para MODBUS RTU
Convierte la norma RS485/RS422 a RS232**



Cable de programación

Anexo 2. Características de los Módulos de entrada.

- **Módulo de entrada analógica.**



Canales de entrada analógica: 8.

Rango de entrada analógica: de -10 a 10 Vdc. -20 a 20mA. 4 a 20mA.

Precisión total de escala completa $\pm 0,3$ a 0,5% dependiendo de la temperatura ambiente.

Fuente de alimentación 24VDC.

Rango de operación de 0 a 55°C.

Resolución

Voltaje de entrada.

- 0.63 mV ($20 \text{ V} \times 1/32000$)

- 2.5mV ($20 \text{ V} \times 1/8000$)

Corriente de entrada

- 2.50 μA ($40 \text{ mA} \times 1/16,000$)

Para entrada de -20 to +20 mA

- 5.00 μA ($40 \text{ mA} \times 1/8,000$)

Para entrada de -20 to +20 mA

- 2.00 μA ($16 \text{ mA} \times 1/8,000$)

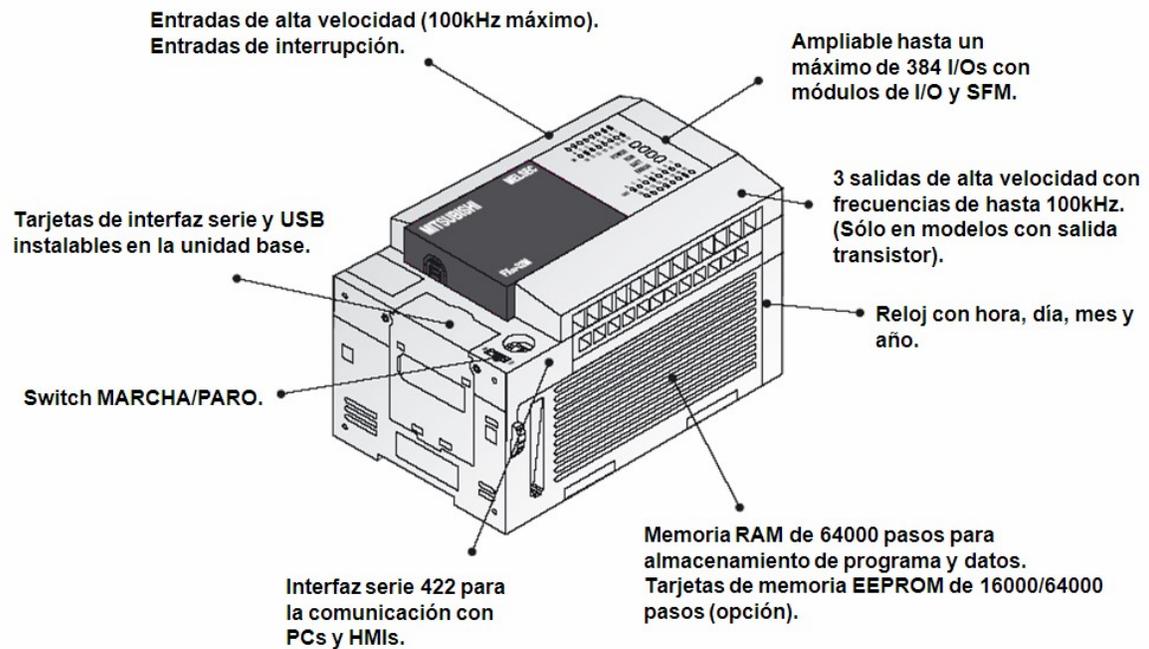
Para entrada de +4 to +20 mA

- 4.00 μA ($16 \text{ mA} \times 1/4,000$)

Anexo 3. Descripción de los accesorios de la serie FX3-U.

Función	Descripción
Conexión para adaptador de tarjetas	En esta interfaz se pueden aplicar adaptadores de ampliación opcionales. Los adaptadores están disponibles para todas las series FX (con excepción de FX2NC) en diferentes diseños y ofrecen al equipo base ampliaciones adicionales o interfaces de comunicación. Los adaptadores pueden insertarse directamente en la entalladura.
Conexión para equipos de programación	En esta conexión se puede conectar el equipo de programación manual FX-20P-E o un PC/computador portátil externo con software de programación (p. ej. GX Developer/FX).
EEPROM	Memoria de escritura/lectura en la cual se escribe o lee el programa de trabajo a través del software de programación. Estas memorias son memorias fijas que mantienen su información incluso en caso de interrupción de tensión, por lo cual no requieren un tamponaje de batería.
Ranura disponible para tarjeta de memoria	En esta ranura se pueden insertar las tarjetas de memoria opcionalmente disponibles. Mediante inserción de estas tarjetas se desactiva la memoria interna del control y se procesa exclusivamente el programa contenido en la tarjeta de memoria respectiva.
Bus de ampliación	En este bus de ampliación, junto a los equipos adicionales de ampliación de entrada y salida, se pueden conectar también módulos especiales para la ampliación del sistema de PLC. Una vista sinóptica respectiva se encuentra en el Cap. 6 de este manual.
Potenciómetros analógicos	Con los potenciómetros analógicos se pueden definir los valores nominales. El ajuste respectivo se consulta a través del programa y se utiliza para los temporizadores, emisión de impulsos, etc.
Fuente de tensión de servicio	La fuente de tensión de servicio (excepto FX2nc) suministra una tensión continua regulada de 24 V para la alimentación de las señales de entrada y de los sensores. La capacidad de carga de esta fuente de tensión depende del tipo de control (p. ej. FX1S y FX1N: 400 mA, FX2N-16M□-□□ a FX2N-32M□-□□: 250 mA, FX2N-48M□-□□ a FX2N-64M□-□□: 460 mA)
Entradas digitales	A través de las entradas digitales se registran las señales de control de los interruptores, teclas o sensores conectados. Se pueden registrar los estados CON (tensión aplicada) o DESC (tensión no aplicada).
Salidas digitales	En las salidas digitales pueden conectarse componentes de regulación y actores, en función de la aplicación y del tipo de salida.
LEDs para estados de entrada	A través de los LEDs para los estados de entrada se puede indicar la entrada en la cual se aplica una señal, o sea, una tensión definida. Cuando se enciende el LED correspondiente, se aplica una tensión y por lo tanto una señal de control en la entrada, y se activa la entrada.
LEDs para estados de salida	Los estados de salida, o sea, el estado de activación o desactivación de una salida, se señalizan a través de los LEDs. Las salidas del control pueden conmutar diferentes tensiones en función de su tipo y modo.
LEDs para indicación del estado operacional	Los LEDs „RUN“, „POWER“ y „ERROR“ identifican el estado operacional actual del PLC e indican si está activada la tensión de alimentación (POWER), si el PLC está procesando el programa almacenado (RUN) o bien si se ha generado un fallo (ERROR).
Batería	La batería asegura la alimentación de la memoria RAM interna del PLC de MELSEC en caso de una interrupción de tensión (sólo para FX2N, FX2NC y FX3U). Además sirve para la conservación de los rangos de detención para temporizadores, contadores y relés internos. Adicionalmente alimenta el reloj de tiempo reloj en caso de una interrupción de tensión del PLC.
Interruptor RUN/STOP	El PLC cuenta con dos modos de operación: „RUN“ y „STOP“. Con el interruptor RUN/STOP se puede realizar la conmutación entre ambos modos de operación. En la operación „RUN“, el control procesa el programa indicado. En la operación „STOP“ no se ejecuta un procesamiento de programa y el control se puede programar.

Anexo 4. Hardware de la serie FX32-U.



Anexo 5. Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey. Zonas de trabajo.

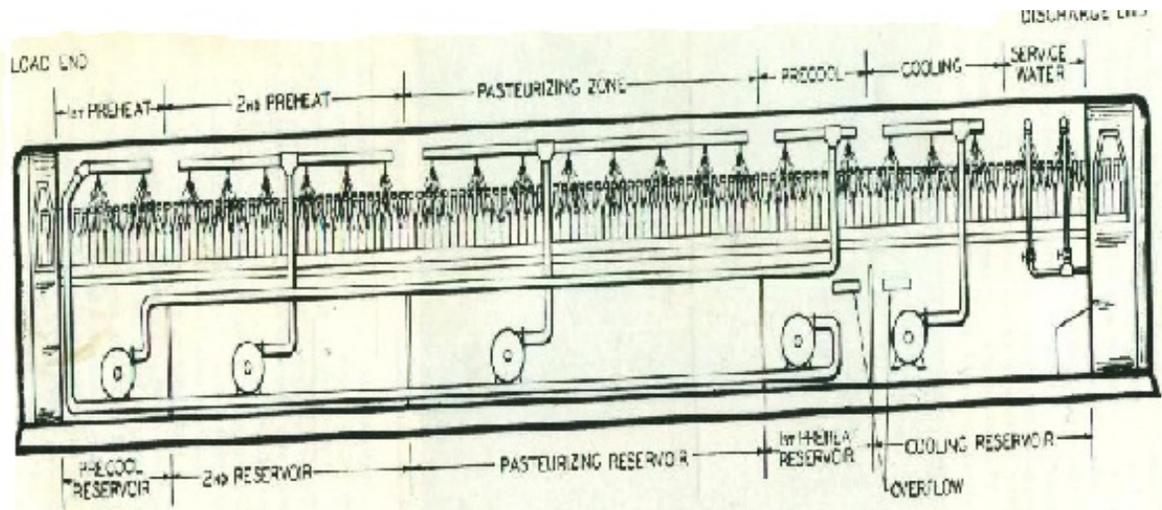
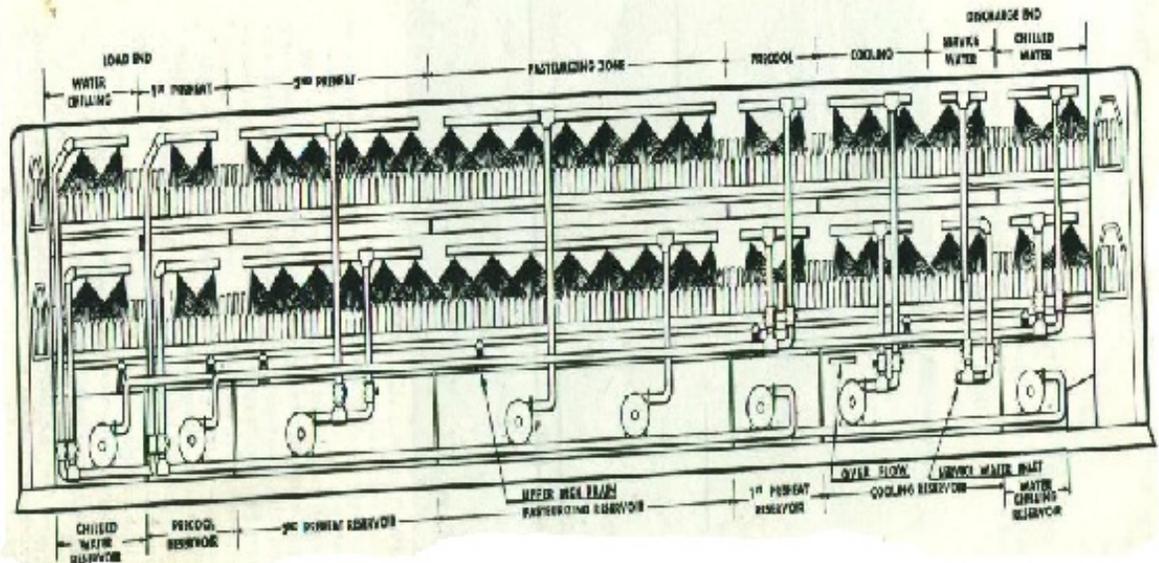


FIG. 136—Regenerative "Vorwerk" pasteurizer. (Courtesy Bruylar/Weissler Mch. Co.)

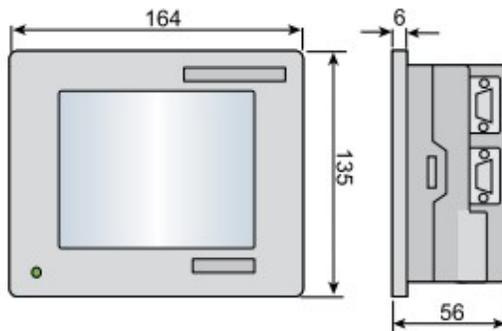


Anexo 6. Pantalla táctil. Unidad de control grafica GT 1050/55.

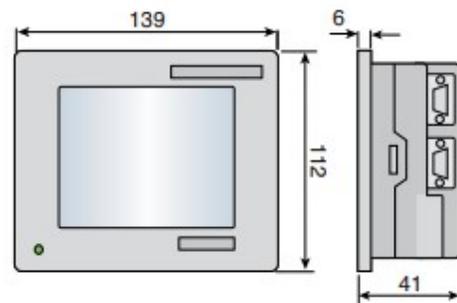
- **Ficha técnica.**

Modelo	GT1055-QSBD	GT1045-QSBD	GT1050-QBBD	GT1050-QBBD
Tipo de visualización	Visualización de cristal líquido STN en color (con iluminación de fondo)		Visualización de cristal líquido STN monocroma (con iluminación de fondo)	
Dimensiones de visualización (mm)	115 (ancho) x 86 (alto)	96 (ancho) x 72 (alto)	115 (ancho) x 86 (alto)	96 (ancho) x 72 (alto)
Diagonales de la visualización	5,7"	4,7"	5,7"	4,7"
Resolución	320 x 240 (QVGA)		320 x 240 (QVGA)	
Colores	256 colores		16 graduaciones de blanco/azul	
Ángulo de observación (grados)	55° hacia la derecha e izquierda, 65° hacia arriba y 70° hacia abajo		45° hacia la derecha e izquierda, 20° hacia arriba y 40° hacia abajo	
Brillo	380 cd/m ²	150 cd/m ²	260 cd/m ²	300 cd/m ²
Entrada de teclado /de datos	Pantalla táctil (tipo de matriz, 16 x 16 puntos)			
Número de campos de función sensibles	Máx. 50 por pantalla (configuración de matriz 20 x 15)			
Capacidad de memoria	Flash ROM integrada (3 MB)			
Interfaces de comunicación	1 x RS232, 1 x RS422, 1 x USB (12 Mbps)			
Sonido	Al presionar una tecla táctil se escucha un tono acústico (de duración ajustable)			
Batería	Batería de reserva integrada para la hora, los mensajes de alarma y los datos de recetas			
Alimentación eléctrica	24 V DC (+10 %, -15 %)			
Consumo de corriente	9,84 W como máx. (410 mA/24 V DC)	3,6 W como máx. (150 mA/24 V DC)	9,36 W como máx. (390 mA/24 V DC)	3,6 W como máx. (150 mA/24 V DC)
Tipo de protección	IP67f			
Temperatura ambiente	de 0 a 50 °C			
Peso (en kg)	0,7	0,45	0,7	0,45
Software de programación (opcional)	GT Designer2 (para programar las funciones de visualización)			

- **Dimensiones de la pantalla.**



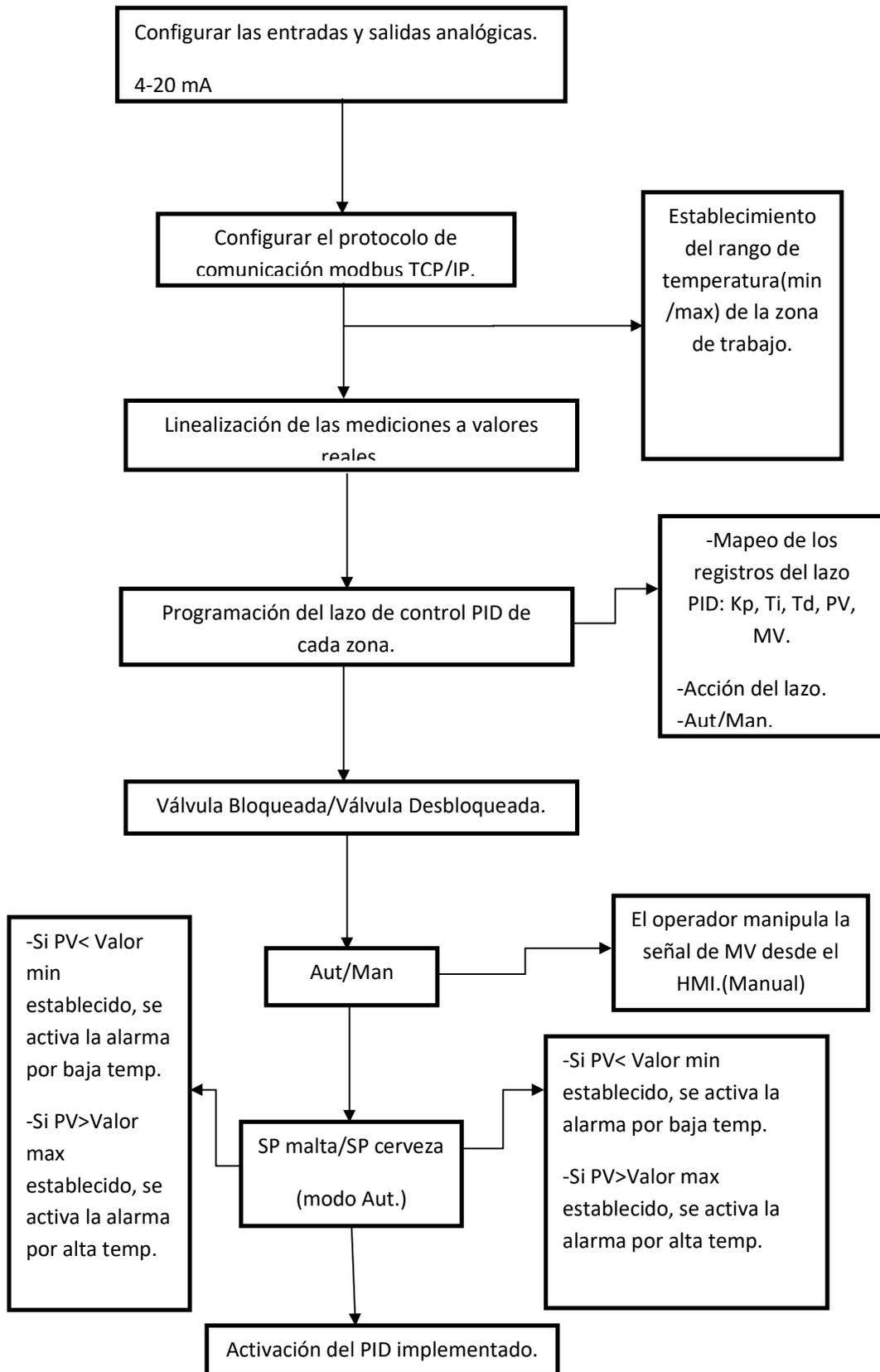
GOT1050/1055



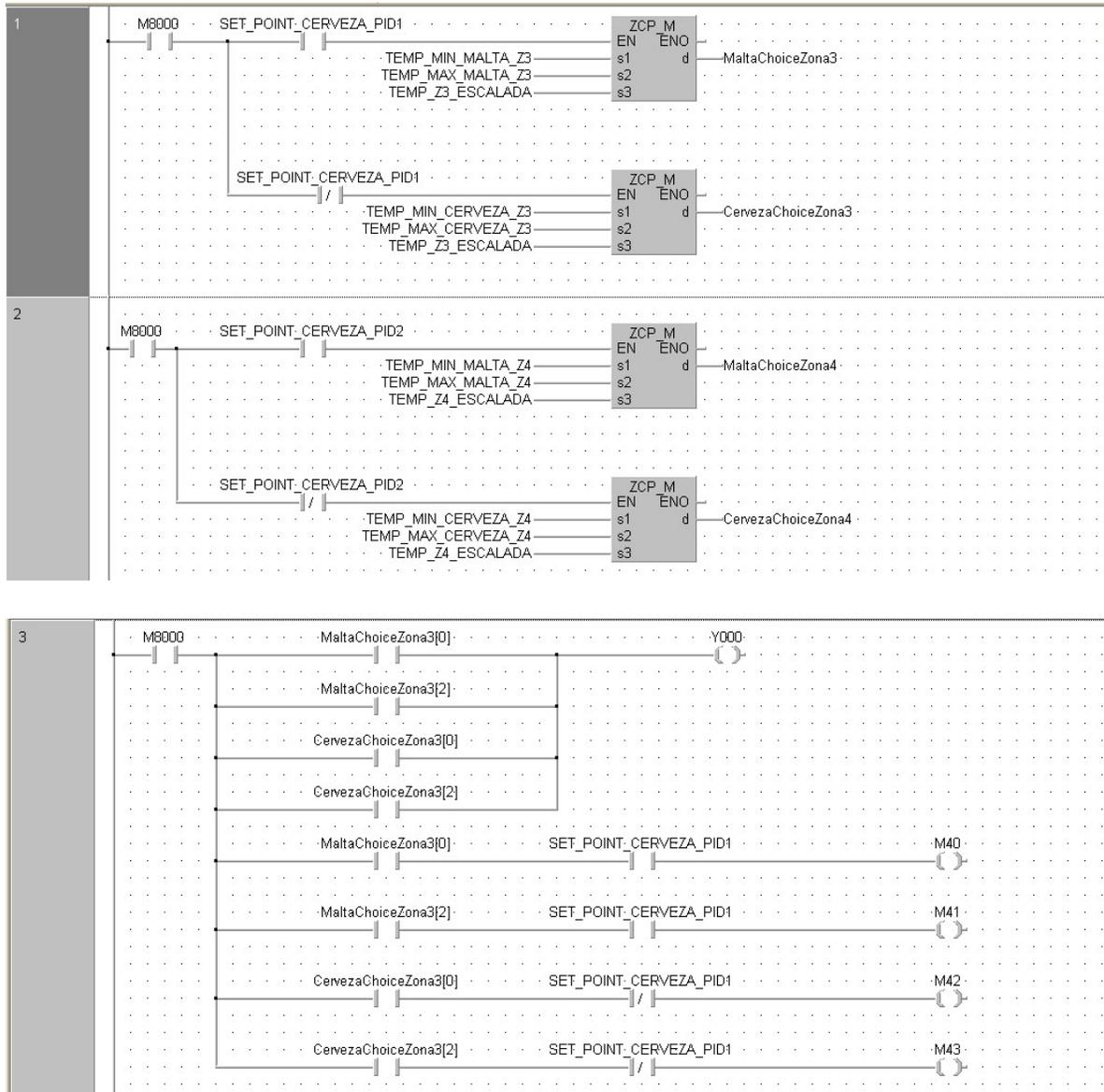
GOT1040/1045

Todas las medidas en mm

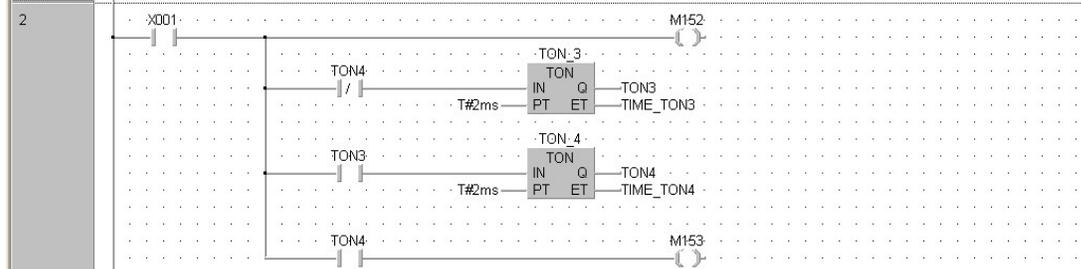
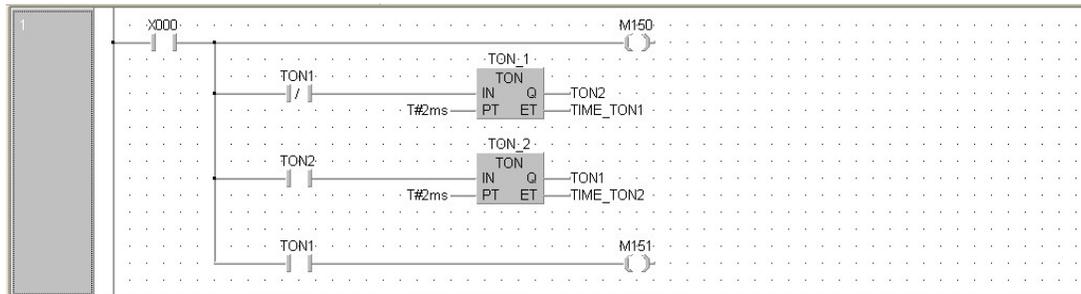
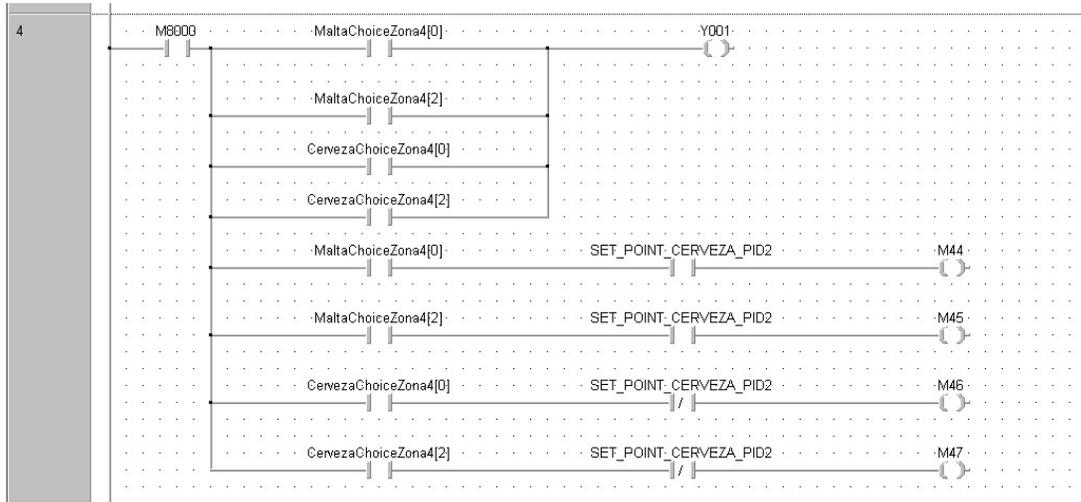
Anexo 7: Algoritmo de la programación.



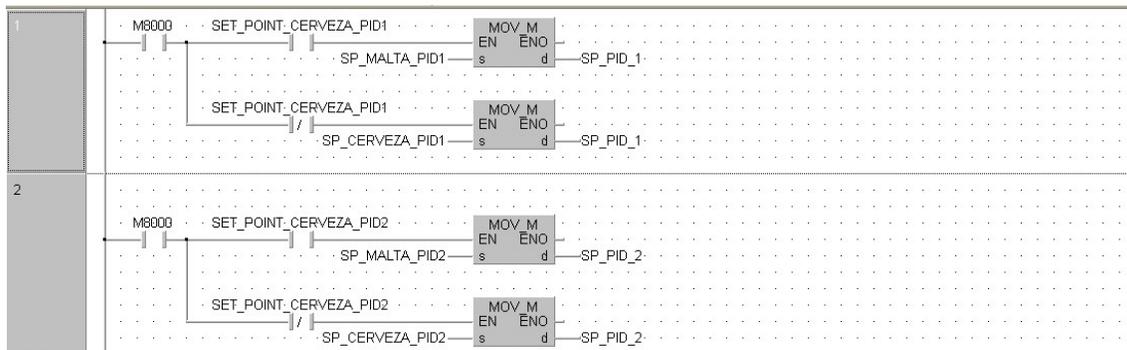
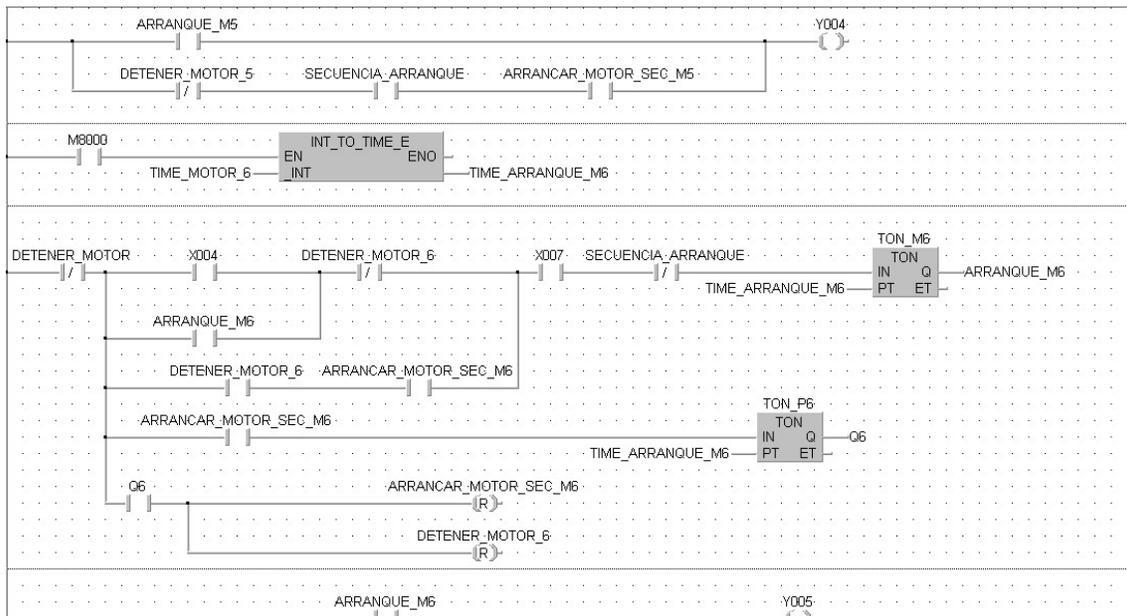
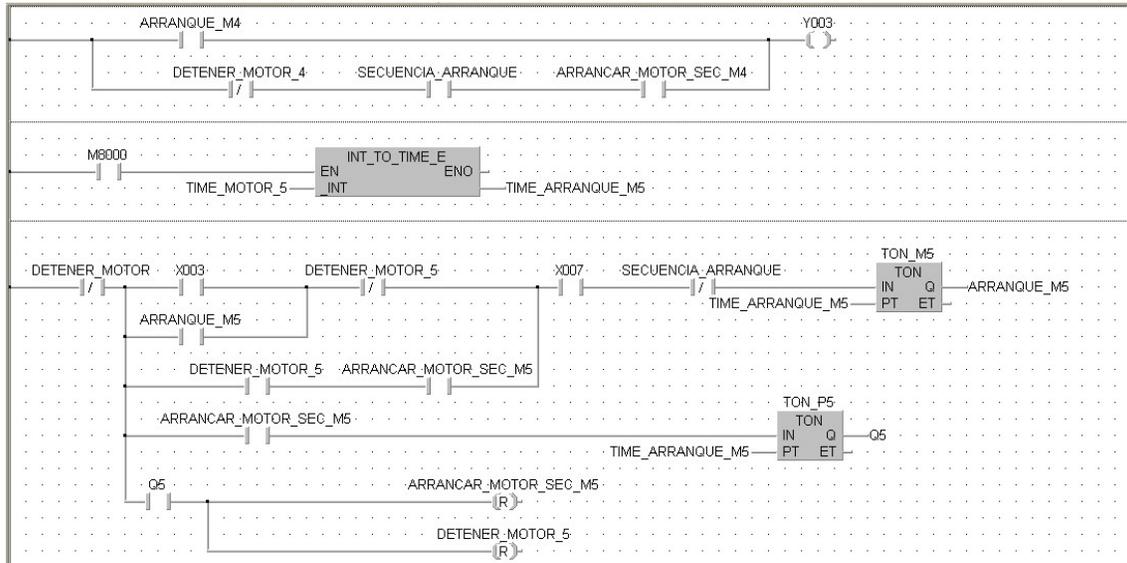
Anexo 8: Programacion del PLC con el software GX IEC Developer.



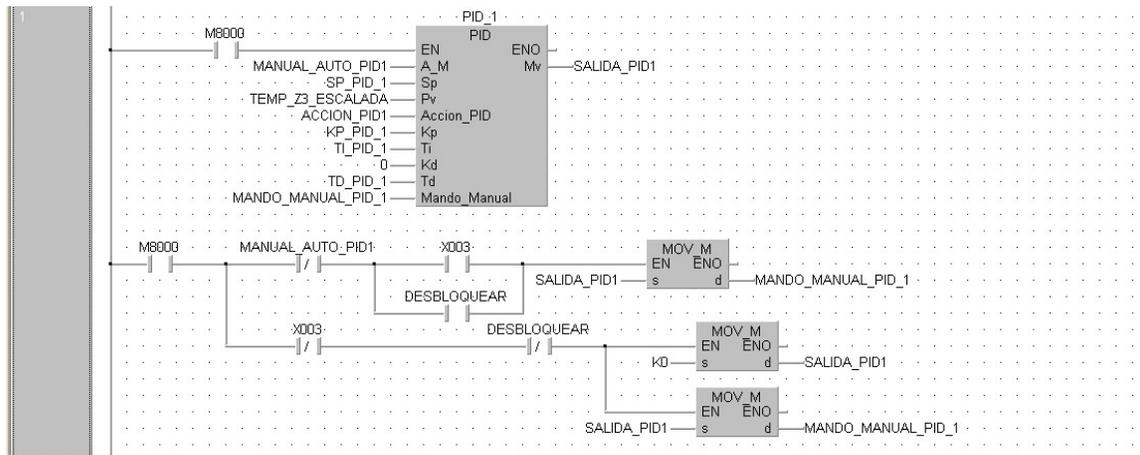
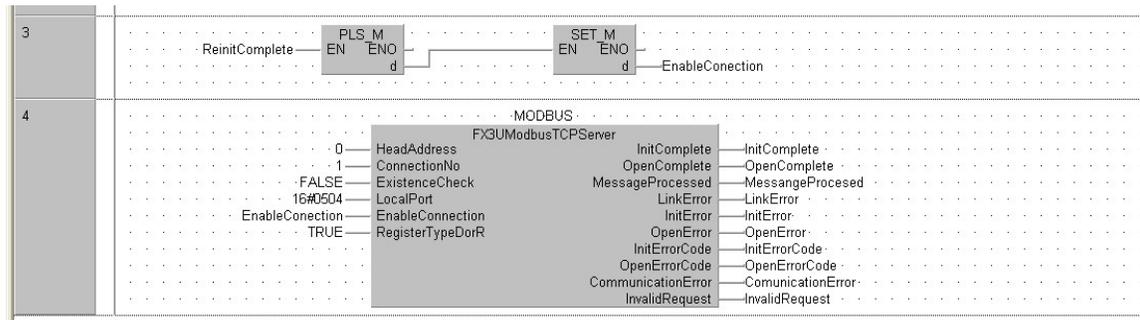
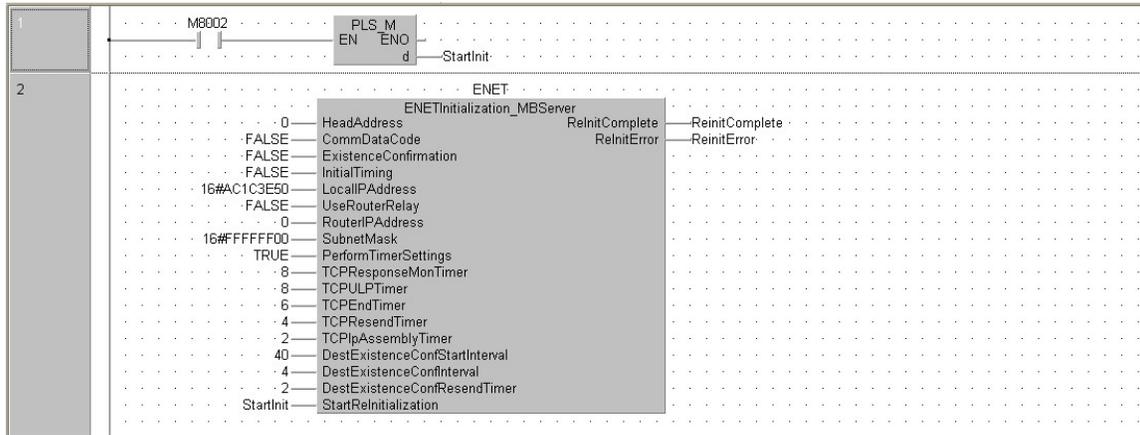
Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey



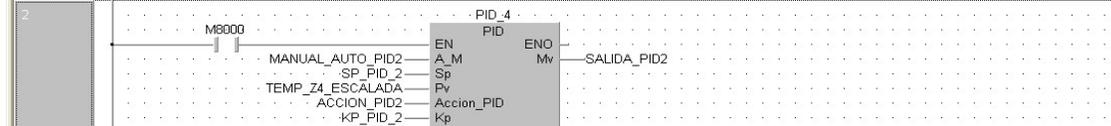
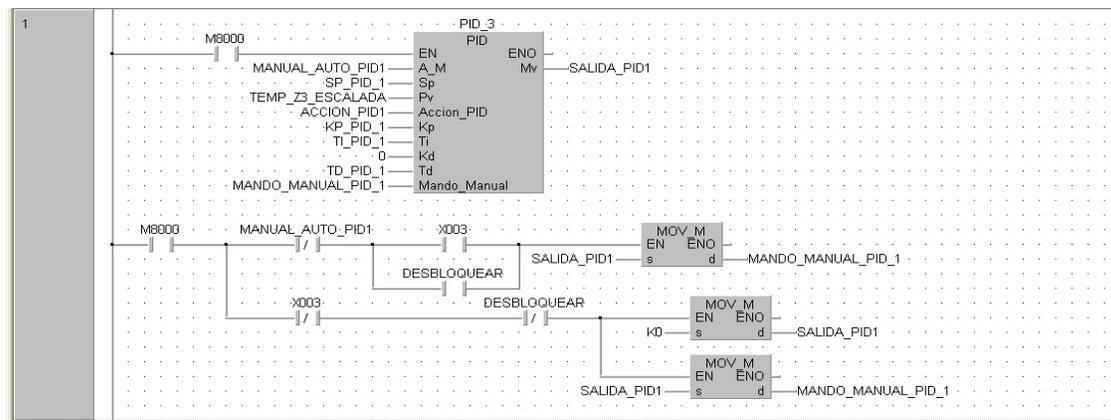
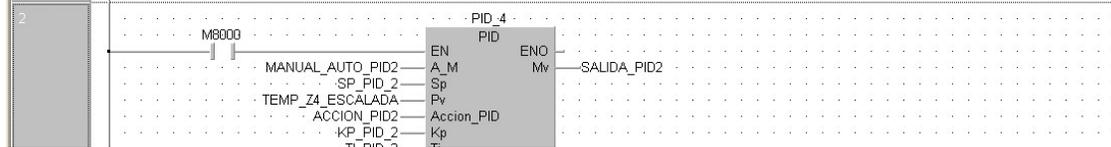
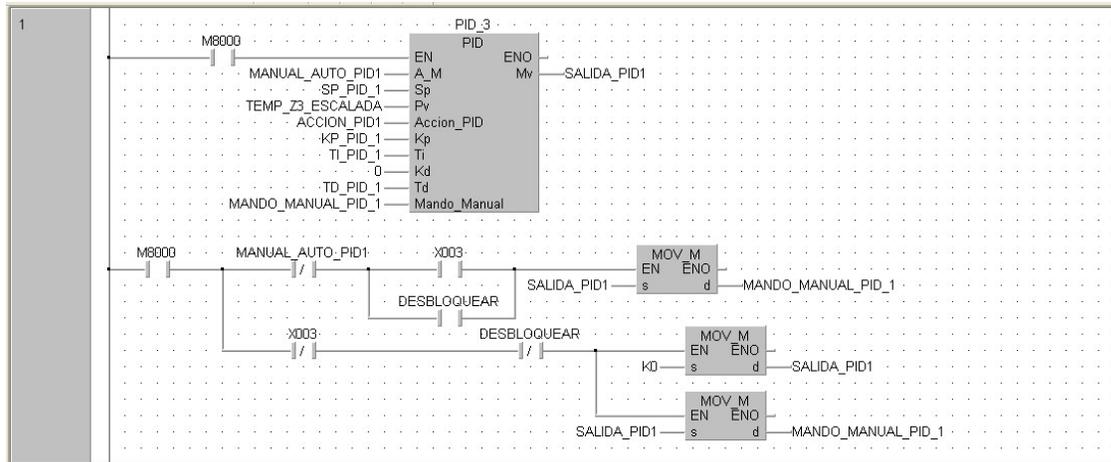
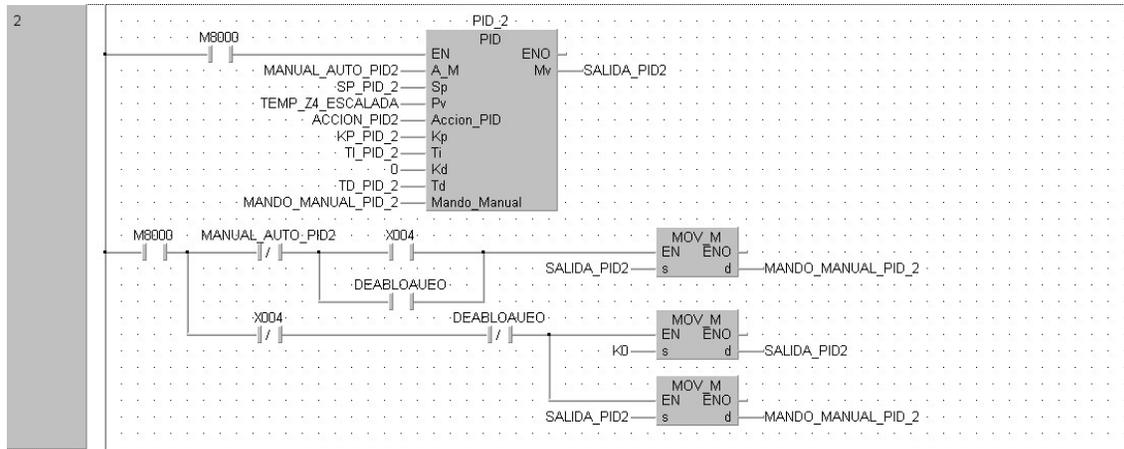
Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey



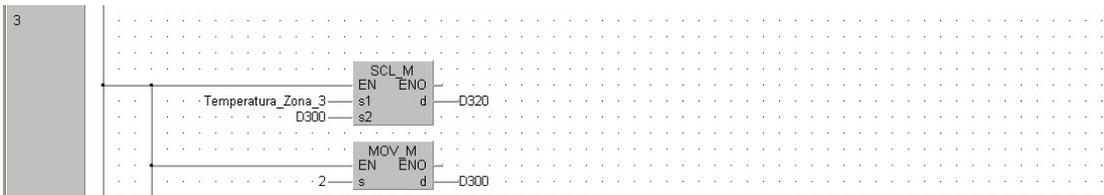
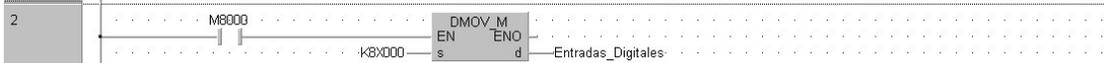
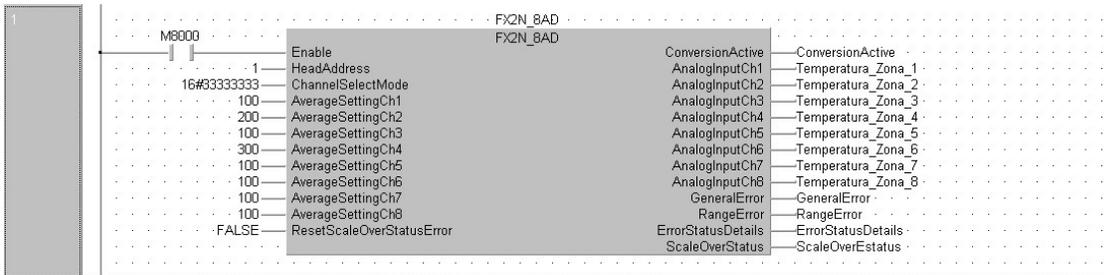
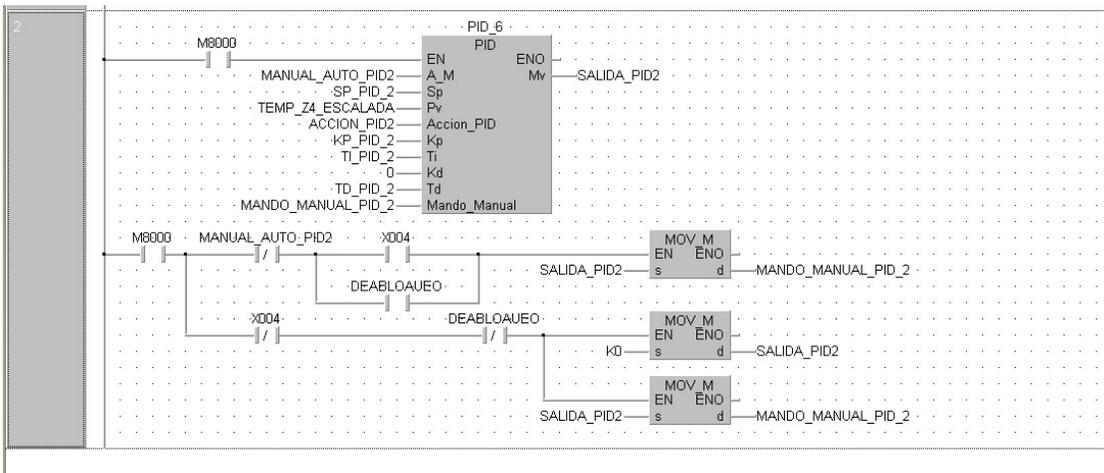
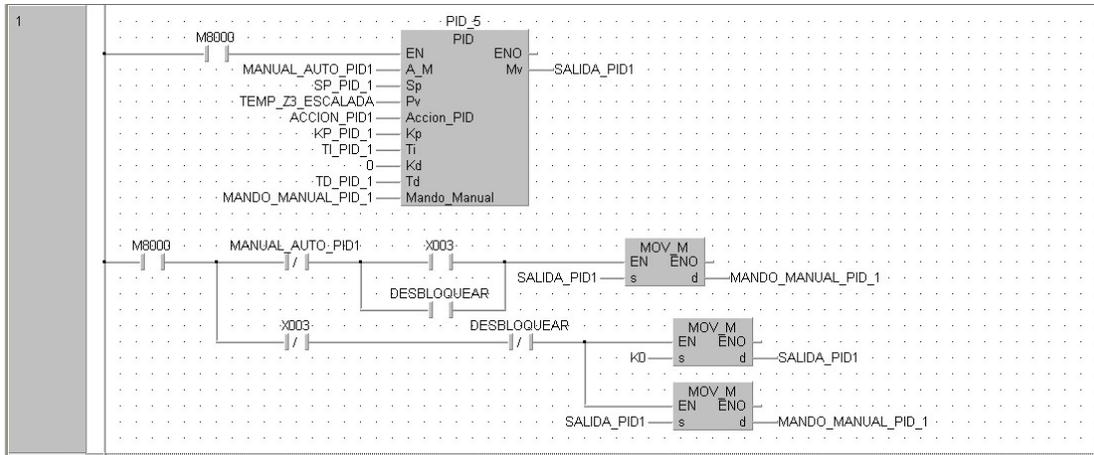
Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey



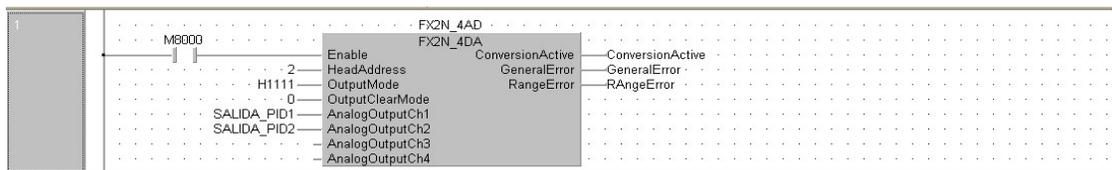
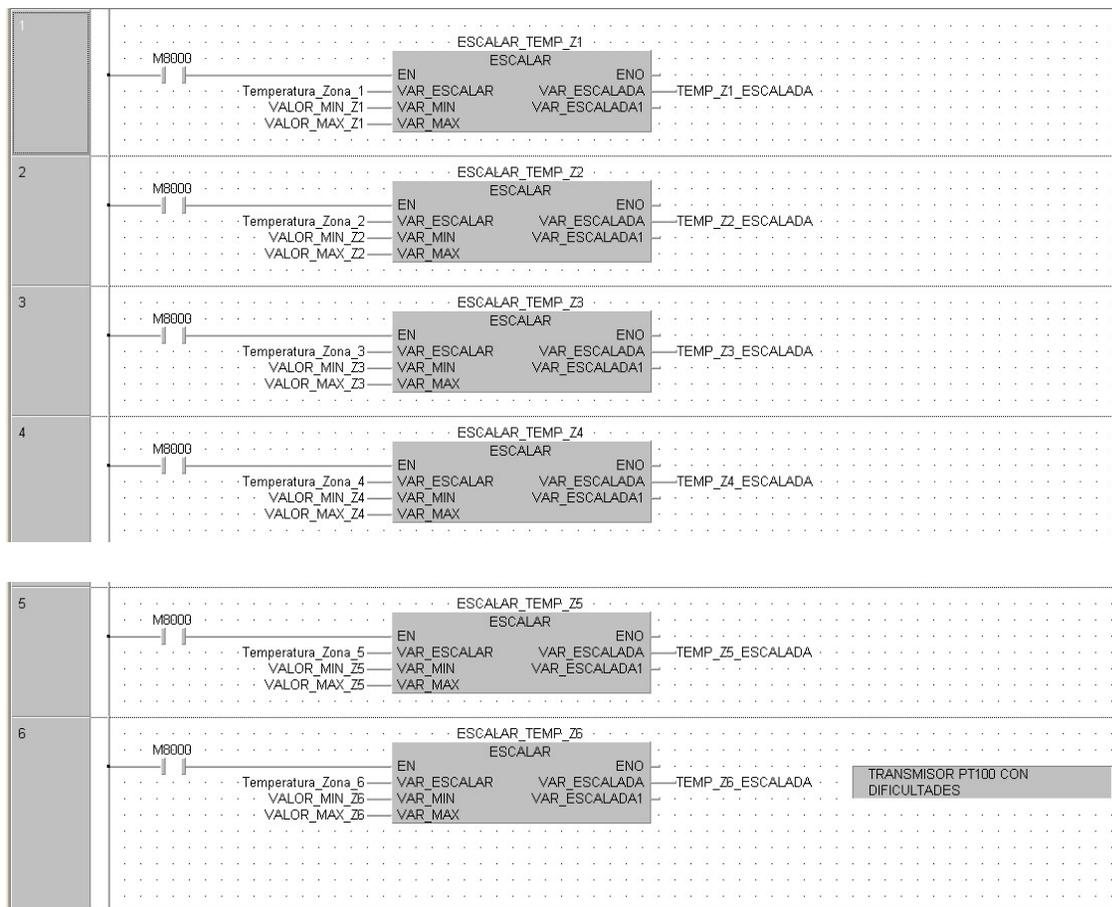
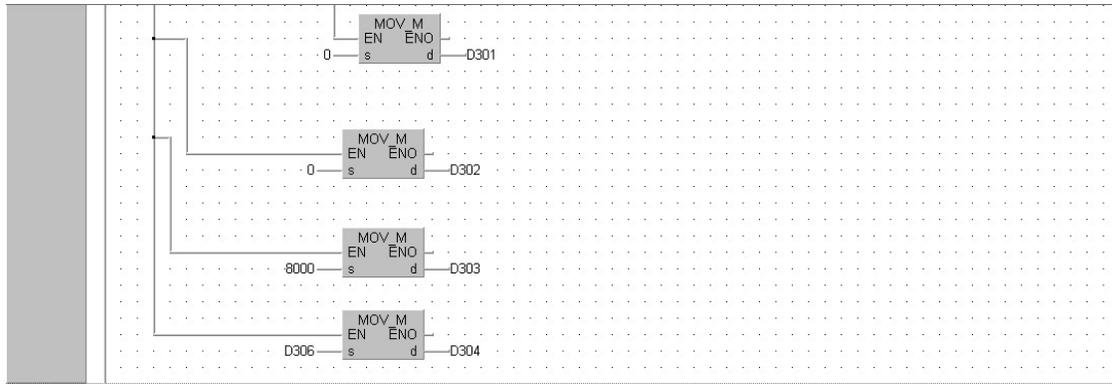
Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey



Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey



Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey



Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

	Class	Identifier	MIT-Addr.	IEC-Addr.	Type	Initial	Comment	Remark
0	VAR_GLOBAL	Temperatura_Zona_1	D0	%MWD.0	INT	0		
1	VAR_GLOBAL	Temperatura_Zona_2	D1	%MWD.1	INT	0		
2	VAR_GLOBAL	Temperatura_Zona_3	D2	%MWD.2	INT	0		
3	VAR_GLOBAL	Temperatura_Zona_4	D3	%MWD.3	INT	0		
4	VAR_GLOBAL	Temperatura_Zona_5	D4	%MWD.4	INT	0		
5	VAR_GLOBAL	Temperatura_Zona_6	D5	%MWD.5	INT	0		
6	VAR_GLOBAL	Temperatura_Zona_7	D6	%MWD.6	INT	0	RESERVA	
7	VAR_GLOBAL	Temperatura_Zona_8	D7	%MWD.7	INT	0	RESERVA	
8	VAR_GLOBAL	MANUAL_AUTO_PID1	M0	%MXD.0	BOOL	FALSE		
9	VAR_GLOBAL	SP_PID_1	D112	%MWD.112	INT	0		
10	VAR_GLOBAL	ACCION_PID1	M500	%MXD.500	BOOL	FALSE		
11	VAR_GLOBAL	KP_PID_1	D500	%MWD.500	INT	0		
12	VAR_GLOBAL	TI_PID_1	D501	%MWD.501	INT	0		
13	VAR_GLOBAL	mANDO_MANUAL_PID_1	D100	%MWD.100	INT	0		
14	VAR_GLOBAL	SALIDA_PID1	D101	%MWD.101	INT	0		
15	VAR_GLOBAL	MANUAL_AUTO_PID2	M1	%MXD.1	BOOL	FALSE		
16	VAR_GLOBAL	SP_PID_2	D110	%MWD.110	INT	0		
17	VAR_GLOBAL	ACCION_PID2	M501	%MXD.501	BOOL	FALSE		
18	VAR_GLOBAL	KP_PID_2	D503	%MWD.503	INT	0		
19	VAR_GLOBAL	TI_PID_2	D504	%MWD.504	INT	0		
20	VAR_GLOBAL	MANDO_MANUAL_PID_2	D103	%MWD.103	INT	0		
21	VAR_GLOBAL	SALIDA_PID2	D51	%MWD.51	INT	0		
22	VAR_GLOBAL	SP_MALTA_PID1	D511	%MWD.511	INT	0		
23	VAR_GLOBAL	SP_MALTA_PID2	D510	%MWD.510	INT	0		
24	VAR_GLOBAL	SET_POINT_CERVEZA_PID1	M15	%MXD.15	BOOL	FALSE		
25	VAR_GLOBAL	SET_POINT_CERVEZA_PID2	M16	%MXD.16	BOOL	FALSE		
26	VAR_GLOBAL	SP_CERVEZA_PID1	D509	%MWD.509	INT	0		
27	VAR_GLOBAL	SP_CERVEZA_PID2	D508	%MWD.508	INT	0		
28	VAR_GLOBAL	TEMP_MIN_MALTA_Z3	D201	%MWD.201	INT	0		
29	VAR_GLOBAL	TEMP_MAX_MALTA_Z3	D202	%MWD.202	INT	0		
30	VAR_GLOBAL	TEMP_MIN_CERVEZA_Z3	D204	%MWD.204	INT	0		
31	VAR_GLOBAL	TEMP_MAX_CERVEZA_Z3	D205	%MWD.205	INT	0		

	Class	Identifier	MIT-Addr.	IEC-Addr.	Type	Initial	Comment	Remark
30	VAR_GLOBAL	TEMP_MIN_CERVEZA_Z3	D204	%MWD.204	INT	0		
31	VAR_GLOBAL	TEMP_MAX_CERVEZA_Z3	D205	%MWD.205	INT	0		
32	VAR_GLOBAL	TEMP_MIN_MALTA_Z4	D207	%MWD.207	INT	0		
33	VAR_GLOBAL	TEMP_MAX_MALTA_Z4	D208	%MWD.208	INT	0		
34	VAR_GLOBAL	TEMP_MIN_CERVEZA_Z4	D210	%MWD.210	INT	0		
35	VAR_GLOBAL	TEMP_MAX_CERVEZA_Z4	D211	%MWD.211	INT	0		
36	VAR_GLOBAL	TD_PID_1	D502	%MWD.502	INT	0		
37	VAR_GLOBAL	TD_PID_2	D505	%MWD.505	INT	0		
38	VAR_GLOBAL	Entradas_Digitales	D60	%MDD.60	DINT	0		
39	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z1	D350	%MWD.350	INT	0		
40	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z1	D321	%MWD.321	INT	0		
41	VAR_GLOBAL	TEMP_Z1_ESCALADA	D322	%MWD.322	INT	0		
42	VAR_GLOBAL	TEMP_Z2_ESCALADA	D325	%MWD.325	INT	0		
43	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z2	D323	%MWD.323	INT	0		
44	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z2	D324	%MWD.324	INT	0		
45	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z3	D326	%MWD.326	INT	0		
46	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z3	D327	%MWD.327	INT	0		
47	VAR_GLOBAL	TEMP_Z3_ESCALADA	D328	%MWD.328	INT	0		
48	VAR_GLOBAL	TEMP_Z4_ESCALADA	D331	%MWD.331	INT	0		
49	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z4	D329	%MWD.329	INT	0		
50	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z4	D330	%MWD.330	INT	0		
51	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z5	D332	%MWD.332	INT	0		
52	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z5	D333	%MWD.333	INT	0		
53	VAR_GLOBAL	TEMP_Z5_ESCALADA	D334	%MWD.334	INT	0		
54	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z6	D335	%MWD.335	INT	0		
55	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z6	D336	%MWD.336	INT	0		
56	VAR_GLOBAL	TEMP_Z6_ESCALADA	D337	%MWD.337	INT	0		
57	VAR_GLOBAL	TIME_MOTOR_2	D360	%MWD.360	INT	0		
58	VAR_GLOBAL	ARRANCAR_MOTOR_1	M50	%MXD.50	BOOL	FALSE		
59	VAR_GLOBAL	TIME_MOTOR_3	D361	%MWD.361	INT	0		
60	VAR_GLOBAL	DETENER_MOTOR_1	M51	%MXD.51	BOOL	FALSE		
61	VAR_GLOBAL	ARRANCAR_MOTOR_2	M52	%MXD.52	BOOL	FALSE		

Propuesta de Automatización para el Pasteurizador de la Fábrica de Cervezas Hatuey

	Class	Identifier	MIT-Addr.	IEC-Addr.	Type	Initial	Comment	Remark
30	VAR_GLOBAL	TEMP_MIN_CERVEZA_Z3	D204	%MWD.204	INT	0		
31	VAR_GLOBAL	TEMP_MAX_CERVEZA_Z3	D205	%MWD.205	INT	0		
32	VAR_GLOBAL	TEMP_MIN_MALTA_Z4	D207	%MWD.207	INT	0		
33	VAR_GLOBAL	TEMP_MAX_MALTA_Z4	D208	%MWD.208	INT	0		
34	VAR_GLOBAL	TEMP_MIN_CERVEZA_Z4	D210	%MWD.210	INT	0		
35	VAR_GLOBAL	TEMP_MAX_CERVEZA_Z4	D211	%MWD.211	INT	0		
36	VAR_GLOBAL	TD_PID_1	D602	%MWD.602	INT	0		
37	VAR_GLOBAL	TD_PID_2	D605	%MWD.605	INT	0		
38	VAR_GLOBAL	Entradas_Digitales	D60	%MDD.60	DINT	0		
39	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z1	D350	%MWD.350	INT	0		
40	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z1	D321	%MWD.321	INT	0		
41	VAR_GLOBAL	TEMP_Z1_ESCALADA	D322	%MWD.322	INT	0		
42	VAR_GLOBAL	TEMP_Z2_ESCALADA	D325	%MWD.325	INT	0		
43	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z2	D323	%MWD.323	INT	0		
44	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z2	D324	%MWD.324	INT	0		
45	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z3	D326	%MWD.326	INT	0		
46	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z3	D327	%MWD.327	INT	0		
47	VAR_GLOBAL	TEMP_Z3_ESCALADA	D328	%MWD.328	INT	0		
48	VAR_GLOBAL	TEMP_Z4_ESCALADA	D331	%MWD.331	INT	0		
49	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z4	D329	%MWD.329	INT	0		
50	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z4	D330	%MWD.330	INT	0		
51	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z5	D332	%MWD.332	INT	0		
52	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z5	D333	%MWD.333	INT	0		
53	VAR_GLOBAL	TEMP_Z5_ESCALADA	D334	%MWD.334	INT	0		
54	VAR_GLOBAL	VALOR_MIN_Z6	D335	%MWD.335	INT	0		
55	VAR_GLOBAL	VALOR_MAX_Z6	D336	%MWD.336	INT	0		
56	VAR_GLOBAL	TEMP_Z6_ESCALADA	D337	%MWD.337	INT	0		
57	VAR_GLOBAL	TIME_MOTOR_2	D360	%MWD.360	INT	0		
58	VAR_GLOBAL	ARRANCAR_MOTOR_1	M50	%MXD.50	BOOL	FALSE		
59	VAR_GLOBAL	TIME_MOTOR_3	D361	%MWD.361	INT	0		
60	VAR_GLOBAL	DETENER_MOTOR_1	M51	%MXD.51	BOOL	FALSE		
61	VAR_GLOBAL	ARRANCAR_MOTOR_2	M52	%MXD.52	BOOL	FALSE		

