

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**"DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO
DEL PROCESO DEL SECADO POR ASPERSIÓN EN LA
FABRICACIÓN DE CAFÉ INSTANTÁNEO"**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización

INDUSTRIAL

Presentado por

María Isabel Guamán Feijóo

Jeanette Ivanova Boas Matamoros

Guayaquil – Ecuador

2002

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios, por habernos dado la fortaleza para vencer todas las dificultades que se nos han presentado, a nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional, y, a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de este proyecto de tesis.

DEDICATORIA

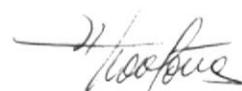


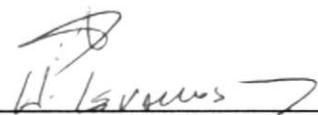
A Dios,
nuestros padres y hermanos,
por ser el pilar fundamental de nuestras vidas.



TRIBUNAL DE GRADUACIÓN


ING. CARLOS MONSALVE A
PRÉSIDENTE


ING. NORMAN CHOOTONG CH.
DIRECTOR DE TESIS


ING. HOLGUER CEVALLOS U.
MIEMBRO PRINCIPAL


ING. ALFREDO ORDOÑEZ
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

MARÍA ISABEL GUAMÁN FEIJOO
AUTOR DE TESIS

JEANETTE IVANOVA BOAS MATAMOROS
AUTOR DE TESIS

RESUMEN

El secado por aspersión en la fabricación de café instantáneo debe cumplir con especificaciones bastante precisas en cuanto a la calidad del producto final, y mantener las condiciones deseadas para tiempos prolongados de operación, buscando siempre los costos de funcionamiento más bajos. La necesidad de alcanzar estrictos requerimientos de trabajo durante el proceso de secado, nos llevó a plantearnos la interrogante: ¿Cómo podríamos mejorar la eficiencia del proceso y la calidad del producto final?

La automatización del secador por aspersión, permite mantener en rangos bastante pequeños, variables operacionales con incidencia directa en parámetros de producción tales como densidad, color y humedad que determinan la calidad del producto final. Manteniendo estas variables en valores constantes logramos la rápida estabilización del proceso para alcanzar el tipo de calidad deseada y mantenerla durante el funcionamiento del equipo.

Con la ayuda de secuencias lógicas de operación de la maquinaria involucrada en el proceso, realizamos la programación para el arranque, operación y parada del equipo en forma automática. En cada uno de los procedimientos del secador se han considerado las seguridades y precondiciones necesarias para lograr el normal funcionamiento del equipo. Al mismo tiempo, se ha dotado al sistema con la habilidad de reconocer fallas y ejecutar alarmas para dar a conocer al operador de la planta con la mayor rapidez posible, los distintos problemas que se presenten durante la producción para que tome las acciones pertinentes para corregirlos.

Durante todo el proceso, se podrá visualizar los cambios que se registren en cada una de las variables involucradas tales como temperatura, presión, flujo, nivel, etc. Esto brindará al operador la oportunidad de monitorear todos aquellos cambios que se produzcan durante la operación del equipo. El monitoreo del proceso tiene incidencia directa en mejorar la calidad del producto.

El estudio de los diferentes sistemas de control propuestos para el proceso, y el análisis de la correlación existente entre las variables involucradas en los lazos de control para cada uno de los sistemas y su efecto sobre los parámetros de calidad, tomando en consideración el tipo de control que se efectúa actualmente en el equipo nos permitieron concluir que el control de humedad del producto, manteniendo un diferencial de temperatura constante en la cámara de secado es el que más se ajusta a las necesidades de la planta. El contenido de humedad gobierna la calidad del polvo, color y requerimientos para procesamiento subsecuente.



INDICE GENERAL

PORTADA	i
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
ABREVIATURAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABLAS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PROCESO DE FABRICACIÓN DE CAFÉ SOLUBLE.....	3
1.1. REVISIÓN GENERAL DEL CONTROL DEL PROCESAMIENTO DEL CAFÉ SOLUBLE.....	4
CAPÍTULO 2: EL SECADO POR ASPERSIÓN EN LA FABRICACIÓN DE CAFÉ SOLUBLE.....	11
2.1. FUNDAMENTOS DEL SECADO POR ASPERSIÓN.....	11
2.1.1. ATOMIZACIÓN DE LA MEZCLA PRODUCTO/AGUA EN EL SECADOR POR ASPERSIÓN.....	12

2.1.2.	MEZCLA DEL ATOMIZADO Y EL MEDIO DE SECADO .(AIRE)..	13
2.1.3.	SECADO DEL ATOMIZADO (REMOCIÓN DE HUMEDAD).....	15
2.1.4.	SEPARACIÓN DEL PRODUCTO SECO DEL AIRE.....	16
2.2.	EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL SECADOR POR ASPERSIÓN.....	16
2.2.1.	LAYOUT DEL SECADOR POR ASPERSIÓN.....	19
2.2.1.1.	EQUIPOS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	19
2.2.1.2.	EQUIPOS EN EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE.....	21
2.2.1.3.	EQUIPO PARA SEPARACIÓN Y RECUPERACIÓN DE PRODUCTO DEL AIRE ASPIRADO.....	22

CAPÍTULO 3: SISTEMAS DE CONTROL EN EL SECADO POR ASPERSIÓN.....

		25
3.1.	VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	25
3.1.1.	VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SECADOR POR ASPERSIÓN.....	26
3.2.	TIPOS DE CONTROL PARA EL SECADO POR ASPERSIÓN.....	26
3.2.1.	SISTEMA DE CONTROL BASADO EN LA REGULACIÓN DEL FLUJO DE ALIMENTACIÓN DE EXTRACTO A LA CÁMARA DE SECADO.....	27
3.2.2.	SISTEMA DE CONTROL BASADO EN LA REGULACIÓN DE LA CANTIDAD DE CALOR QUE INGRESA A LA CÁMARA	29
3.3.	CONTROL DEDUCTIVO DE LA HUMEDAD DEL PRODUCTO.....	30
3.4.	SISTEMAS DE CONTROL PARA ATOMIZADORES NOOZLE.....	34
3.5.	SECADO POR ASPERSIÓN COMPLETAMENTE AUTOMÁTICO.....	36
3.5.1.	PRECONDICIONES.....	38
3.6.	PRECAUCIÓN CONTRA FUEGO Y EXPLOSIÓN.....	39

CAPÍTULO 4: CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DEL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO.....

4.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS PROBLEMAS ACTUALES.....	41
4.2.	COMPARACIÓN ENTRE EL SISTEMA DE CONTROL ACTUAL Y EL PROPUESTO.....	42

4.3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL PROCESO.....	49
4.4.	SECUENCIA LÓGICA DEL PROCESO.....	50
4.4.1.	OPERACIÓN BAJO CONDICIONES NORMALES.....	50
4.4.1.1.	ARRANQUE GENERAL.....	50
4.4.1.2.	PARADA GENERAL.....	53
4.4.2.	OPERACIÓN BAJO CONDICIONES DE FALLA.....	54
4.4.2.1.	ARRANQUE DESPUÉS DE FALLA.....	54
4.4.2.2.	PARADA EN CASO DE FALLA.....	56
CAPÍTULO 5: INSTRUMENTACIÓN.....		59
5.1.	GENERALIDADES.....	59
5.2.	ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN NECESARIA.....	63
5.2.1.	SELECCIÓN DE SENSORES.....	66
CAPÍTULO 6: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DEL SECADOR POR ASPERSIÓN.....		67
6.1.	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	67
6.1.1.	SEÑALES DIGITALES ENTRADAS/SALIDAS.....	67
6.1.2.	SEÑALES ANALÓGICAS ENTRADAS/SALIDAS.....	70
6.2.	CONTROLADOR INVOLUCRADO EN EL SISTEMA.....	73
6.2.1.	INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE CONTROLADORES.....	73
6.2.1.1.	SELECCIÓN DEL CONTROLADOR CON RETROALIMENTACIÓN.....	78
6.2.2.	DISEÑO DEL CONTROLADOR DE HUMEDAD EN EL PRODUCTO FINAL.....	79
CAPÍTULO 7: CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA.....		83
7.1.	DESCRIPCIÓN DEL PLC.....	83
7.1.1.	DISTRIBUCIÓN DE LAS SEÑALES A SER CONTROLADAS POR EL PLC.....	91

7.1.2.	CONDICIONES DE PROGRAMACIÓN.....	95
7.2.	INTERFASE OPERADOR-MÁQUINA.....	97
7.2.1.	INTOUCH COMO HERRAMIENTA EN EL MONITOREO DEL PROCESO.....	98
7.2.2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	100
7.2.3.	PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN.....	103
7.3.	SIMULACIÓN DEL PROCESO.....	106

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

ANEXO A INSTRUMENTACIÓN

ANEXO B CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MICRO PLC

ANEXO C PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN EN INTOUCH

ANEXO D PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA
SIMULACIÓN DEL PROYECTO UTILIZANDO EL SOFTWARE DE
PROGRAMACIÓN GE LM90

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

A	Acción
AC/DC	Corriente Alterna/Corriente Continua
c(t)	Variable controlada
C	Controlador
CPU	Unidad Central de Procesamiento
D	Decisión
e(t)	Señal de error
HMI	Interfaz Hombre Máquina
Hz.	Hertz
I/O	Entradas/Salidas
K	Constante
Kc	Ganancia del controlador
Kg/cm ²	Kilogramos por centímetro cuadrado
KW	Kilovatios
lts/hr	Litros por hora
m	metros
mA	Miliamperios
m(t)	Salida del controlador
mV	Milivoltios
\bar{m} =	Valor base
M	Medición
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado

NPN	Transistor compuesto de dos capas tipo n y una capa tipo p
NT	Nueva Tecnología
ph	fase
pulg.	Pulgadas
P	Proporcional
PB	Banda Proporcional
PC	Computadora Personal
PI	Controlador Proporcional
PID	Controlador Proporcional Integral
PLC	Controlador Lógico Programable
PNP	Transistor compuesto de dos capas tipo p y una capa tipo n
PSI	Libras por pulgadas cuadradas
rpm	Revoluciones por minuto
r(t)	Punto de control
RTD	Termómetros de Resistencias
S	Sensor
SCADA	Control Supervisorio y Adquisición de Datos
T	Transmisor
T _{in}	Temperatura del aire de entrada a la cámara de secado
TC	Controlador de Temperatura
TIC	Controlador Indicador de Temperatura
T _{out}	Temperatura del aire de salida de la cámara de secado
TT	Transmisor de Temperatura
V	Voltios

VAC	Voltios de Corriente Alterna
VC	Voltaje Continuo
VDC	Voltios de Corriente Continua
XP	Experiencia
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
%AI	Entrada Analógica en un PLC
%AQ	Salida Analógica en un PLC
%H	Porcentaje de humedad relativa en el producto final.
%I	Entrada en un PLC
%M	Referencia Interna en un PLC
%Q	Salida en un PLC
%R	Registro en un PLC
τ_D	Rapidez de derivación en minutos.
τ_I	Tiempo de integración
Δt	Diferencial de temperatura dentro de la cámara de secado

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1.1. Diagrama de flujo del procesamiento de café instantáneo	10
2.1. Etapas del Secado por Aspersión	12
2.2. Flujo Aire – Producto en el secador por aspersión	14
2.3. Distribución de la temperatura del aire en el secador	15
2.4. Paso del aire y el producto en el secador por aspersión	18
2.5. Layout del Secador por Aspersión	19
2.6. Partes de un Secador por Aspersión	24
3.1. Sistema de Control basado en la regulación de flujo de alimentación de extracto a la cámara de secado	31
3.2. Sistema de Control basado en la regulación de la cantidad de calor que ingresa a la cámara	32
3.3. Sistema de Control deductivo de la humedad del producto	33
3.4. Sistema de Control para atomizadores nozzle	35
4.1. Control Actual del Secador por Aspersión	45
4.2. Automatización del Secador por Aspersión	47
6.1. Componentes básicos de un Sistema de Control	74
6.2. Sensibilidad para el control proporcional	76
6.3. Lazo de Control con retroalimentación	79
7.1. Diagrama de Bloques del PLC	83
7.3. Serie 90TM Micro PLC	89
7.4. Diagrama en escalera	90

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I. Carga Eléctrica de los Equipos del Secador por Aspersión	49
II. Dimensiones de la Cámara de Secado	49
III. Características de las entradas y salidas del PLC	63
IV. Configuración de Señales Digitales	68
V. Configuración de Señales Analógicas	71
VI. Dimensionamiento del PLC	72
VII Prefijos para la Asignación de Variables	91
VIII. Distribución de Señales en el PLC	92

INTRODUCCIÓN

El Secado por Aspersión es por definición el secado de partículas mientras estas se encuentran suspendidas en el aire. Durante las dos últimas décadas, la investigación y el desarrollo, han convertido al secado por aspersión en un proceso altamente competitivo en cuando a términos de secado se refiere. El rango de aplicaciones ha continuado expandiéndose hasta el punto que el secado por aspersión tiene en la actualidad conexiones con muchos productos con los que nos topamos en la vida diaria, como por ejemplo el café instantáneo, leche, queso y frutas en polvo. En cada una de estas aplicaciones existen variaciones en las características de secado que dependen de los requerimientos del polvo, prestando especial atención en la distribución del tamaño de la partícula y el contenido de humedad del polvo.

La habilidad del secador por aspersión para manejar un amplio rango de productos, y alcanzar durante su procesamiento especificaciones deseadas para el producto final, son consecuencia de las ventajas operacionales con las que cuenta este proceso. En la fabricación del café instantáneo, el secador por aspersión debe cumplir con estrictos requerimientos de trabajo y mantenerlos para tiempos largos de operación, buscando siempre los costos más bajos. La economía en la operación esta estrechamente relacionada con la capacidad del equipo para mantener en rangos pequeños variables operacionales del proceso. Con la automatización, tenemos un mayor control sobre las variables involucradas durante el secado con incidencia directa en parámetros que determinan la calidad del producto final, como por ejemplo el contenido de humedad en el polvo.

Este trabajo de tesis que busca mejorar la eficiencia del equipo y la calidad del producto, presenta primeramente una revisión del procesamiento al que es sometido el café antes de iniciar el proceso de secado. Las condiciones bajo las que se realizan los pasos previos, determinan las características del producto con el que se iniciará la producción de café instantáneo. Dependiendo de cuales sean las características, se determinan los valores en que se deben mantener las variables operacionales para obtener un producto final con la calidad adecuada. A continuación, se realiza una breve descripción de cada una de las etapas en las que consiste el secado por aspersión y los equipos involucrados en el proceso, buscando que el lector tenga una mejor comprensión del equipo que se va a automatizar.

Se presentan las ventajas de realizar la automatización del secador, y el estudio de los diferentes sistemas de control propuestos para el proceso, que permiten escoger, de acuerdo a las necesidades de la planta y al control que se realiza actualmente, el tipo de controlador que mejor se ajusta a los requerimientos del equipo y a los parámetros de calidad con los que debe cumplir el producto final. La descripción de los problemas con los que cuenta la planta y las secuencias lógicas de arranque y parada en condiciones normales y de falla exponen las consideraciones bajo las que se realizó el diseño del sistema de control y el monitoreo del proceso. La selección y el dimensionamiento de los sensores necesarios para monitorear las variables operacionales del proceso además de la configuración de las señales digitales y analógicas necesarias para el sistema de control permiten realizar la configuración del sistema con el que se va a automatizar. La opción de visualizar y monitorear el proceso desde un control central facilita a los ingenieros la supervisión de todos los parámetros involucrados.

Finalmente se presenta la simulación del proceso utilizando las herramientas que nos brinda el laboratorio de automatización.

CAPÍTULO 1

PROCESO DE FABRICACIÓN DE CAFÉ SOLUBLE

La historia del café instantáneo data de algunas décadas atrás y el producto ha sido elaborado comercialmente durante los últimos cincuenta años. Desde la década de los sesenta, en la que se inició el desarrollo del café soluble, la calidad del café secado por aspersion ha sido mejorada y el producto goza de un buen lugar en el mercado consumidor.

Durante el procesamiento de café instantáneo, garantizar que la calidad del producto final sea uniforme, es un principio de trabajo muy importante. El control de calidad es asociado con pruebas de laboratorio y reportes. De no llevarse a cabo un control de calidad en el proceso y producto terminado se puede incurrir en pérdidas de calidad y costos adicionales.

Por lo tanto, se requiere un control continuo del producto y de la planta de procesamiento, realizando ajustes para asegurar la calidad normal y consistente del producto, en cada uno de los pasos en la elaboración de café instantáneo.

Este es el significado real del control del proceso y de la calidad del producto.

1.1. REVISIÓN GENERAL DEL PROCESAMIENTO DEL CAFÉ SOLUBLE

Café soluble o instantáneo es el término utilizado para el producto hidrosoluble derivado del secado de los sólidos solubles extraídos de los granos de café tostados.

En la producción de café instantáneo, procesos de tostado, molienda y extracción, centrifugación y evaporación, proceden al secado por aspersión.

ALMACENAMIENTO DE CAFÉ EN GRANO

El café en grano es almacenado en sacos. Los sacos de café deben ser colocados sobre plataformas de madera para que la humedad del suelo no los alcance y tener una adecuada ventilación para mantener humedad y temperaturas uniformes. Café almacenado en fundas selladas herméticamente, da como resultado una distribución no uniforme de humedad en los granos de café y causa crecimiento de hongos. Además, si se almacenan sin una buena circulación de aire pueden descomponerse y afectar al producto final de manera drástica en olor y sabor. Un método adicional consiste en almacenar el café en silos.

LIMPIEZA DEL CAFÉ EN GRANO

Los granos de café que se utilizarán en la producción de café instantáneo son primeramente limpiados para remover madera, hojas o algún otro tipo de materia extraña. La limpieza se realiza en un sistema de zarandas vibradoras. Luego de ser limpiados, pasan a ser almacenados en silos. En el procesamiento de café instantáneo se usan mezclas de las distintas variedades de café en grano. Equipo para mezclado asegura uniformidad de la mezcla deseada. El siguiente paso, el tostado, es vital en el sabor, color y calidad total del producto.

TOSTADO DEL CAFÉ EN GRANO

El grado de tostado en los granos de café es un factor muy importante en el procesamiento de café instantáneo porque ayuda a obtener el sabor deseado en el producto final. En la primera etapa del tostado, se producen pocos cambios químicos en los granos, y prácticamente no se desarrolla sabor alguno en el café. Durante la segunda etapa, reacciones de pirolisis ocurren dentro de los granos, como respuesta a la absorción de calor. Pirolisis son cambios químicos con degradación y síntesis ocurriendo simultáneamente a elevadas temperaturas. Al producirse la pirolisis no se quema el café, ya que esto ocurre dentro de las células de los granos en ausencia de oxígeno. Este es el fenómeno en el que se desarrolla el sabor del café. Finalmente, se detiene la reacción de pirolisis enfriando los granos de café con agua o aire.

MOLIENDA

El café tostado es transportado a un silo y posteriormente a un molino. El propósito de moler al café tostado es obtener un tamaño adecuado en las partículas de café para la subsiguiente etapa en el proceso, extracción. El tamaño de las partículas varía dependiendo del equipo de extracción que se esté utilizando en la planta. Se puede afirmar que, mientras más grande sea la superficie de exposición de una determinada cantidad de café, el proceso de extracción se llevará a cabo con mayor rapidez. Sin embargo, un café molido demasiado fino, formará dentro del extractor una masa compacta, ocasionando dificultades mecánicas en la operación del equipo.

Por estas razones, es correcto decir que con la molienda, se busca obtener café tostado con partículas de tamaño uniforme y con la menor cantidad de finos.



EXTRACCIÓN

Durante la extracción, el contenido de "substancias hidrosolubles" en el café tostado y molido es extraído con agua. Es necesario explicar a que nos referimos con "substancias hidrosolubles".

El café en grano contiene cierto número de substancias químicas, mas o menos solubles en el agua, pero esta cantidad se incrementa durante el tostado de los granos de café. Esta mezcla de diferentes substancias orgánicas es la que da al café instantáneo su sabor y gusto distintivos. Entre estas substancias está la cafeína responsable del efecto estimulante del café.

La extracción de solubles o la dilución no comienza hasta que la partícula de café sea mezclada con agua, saturada con extracto libre y sin gases. Factores importantes como la uniformidad y tamaño del molido, carga en el extractor, temperatura y concentraciones asociadas actúan para determinar los rangos de extracción, temperatura y concentración de sólidos.

TRANSFERENCIA Y ALMACENAMIENTO DEL EXTRACTO DE CAFÉ

El extracto de café debe ser enfriado aproximadamente a 4°C, para preservar el sabor químicamente inestable y prevenir el crecimiento de bacterias. Extracto almacenado sobre los 27°C, muestra deterioro en el sabor en fracción de una hora. Temperaturas cercanas a los 28°C son ideales para el crecimiento de bacterias y reacciones de fermentación.

CENTRIFUGACIÓN

Con el incremento en la producción de solubles durante la extracción, se forma alquitrán. Estas son proteínas insolubles en el agua. El alquitrán produce carbonización durante el secado por aspersion y deja un sedimento negro en la taza y en las paredes de la misma, al disolver el café instantáneo. El alquitrán

se acumula en el fondo de los tanques a una profundidad de varias pulgadas y se lo debe retirar manualmente como pérdidas.

Por lo tanto, un procedimiento estándar durante el procesamiento de café instantáneo consiste en utilizar centrifugas para remover el alquitrán, esto asegura claridad en la bebida, a pesar de que en el proceso se pierde cierto porcentaje de la concentración de solubles en el extracto, aceites de café, sabor y aroma.

La remoción del alquitrán es un paso esencial en el procesamiento del extracto.

EVAPORACIÓN

Con la evaporación se busca incrementar la concentración del extracto de café de esta 18-20%, para reducir la carga de evaporación al secador por aspersión, y en la mayoría de los casos incrementar la capacidad de producción nominal del secador del 35 al 75%.

La evaporadora Alpha Laval Centritherm trabaja usualmente bajo condiciones de 90% de vacío. Permite que una fina película del extracto de café que ingresa a la máquina se extienda sobre un sistema de conos calentados por vapor rotando a altas velocidades. El tiempo de residencia del extracto en la máquina es únicamente 0.1 segundos.

En cualquiera de los casos, sin importar cuan moderada sea la evaporación, el proceso de destilación del agua conlleva a pérdidas en el aroma del café.

SECADO DEL EXTRACTO DE CAFÉ

El siguiente paso en la producción, es el secado del extracto de café. Antes del secado, dependiendo del equipo de extracción utilizado, es necesario clarificar el extracto filtrándolo, para remover impurezas o partículas insolubles.

El primer requerimiento de la operación de secado debe ser que toda o la mayor cantidad posible del aroma y el sabor del café se conserven en el polvo, de manera que la taza de café instantáneo tenga un sabor igual al del café normal. El polvo debe ser además 100% soluble en el agua, para producir una bebida clara sin sedimentación en el recipiente.

El café instantáneo obtenido por un secador por aspersion debe tener un contenido de humedad de 3%, si es más alto las partículas pueden fundirse al ser almacenadas a temperatura ambiente, así como presentar deterioro en el sabor con el tiempo.

El polvo de café instantáneo, debe tener solubilidad instantánea cuando agua hirviendo es añadida al mismo o ser soluble en no más de 10 segundos. El color del polvo no es una propiedad crítica pero la mayoría de gente prefiere un polvo de color oscuro, algunos polvos de café instantáneo son de color claro.

Un diagrama de flujo característico del procesamiento del café instantáneo se muestra en la figura 1.1.

1. Banda transportadora
2. Limpiador
3. Banda transportadora
4. Silos
5. Mezclador
6. Tostador
7. Equipo de enfriamiento
8. Despedradora
9. Balanza
10. Transportador
11. Silo para granos tostados
12. Separador magnético
13. Molino
14. Balanza
15. Tanque alimentador
16. Batería de extracción semi-continua
17. Planta de tratamiento de agua
18. Centrífuga
19. Enfriador
20. Tanque de pesaje
21. Tanque de almacenamiento
22. Tanque de emulsificado
23. Unidad de alta presión para alimentar el extracto de café al secador
24. Secador por aspersión
25. Ciclones
26. Zaranda Vibradora
27. Balanza



Figura 1.1. Diagrama de flujo del procesamiento del café instantáneo



CAPÍTULO 2

EL SECADO POR ASPERSIÓN EN LA FABRICACIÓN DE CAFÉ SOLUBLE

2.1. FUNDAMENTOS DEL SECADO POR ASPERSIÓN

El secado por aspersión se define como el secado de partículas mientras estas se encuentran suspendidas en el aire.

El proceso comprende la evaporación de la humedad de la mezcla producto/agua atomizada, por contacto con el medio de secado. El medio de secado es el aire. El secado continúa hasta que el contenido de humedad deseado en el producto es alcanzado, luego es separado del aire.

El proceso de secado por aspersión consiste en cuatro etapas, que se muestran en la figura 2.1:

1. Atomización de la mezcla producto/agua en el secador por aspersión.
2. Mezcla del atomizado y el medio de secado (aire)
3. Secado del atomizado (remoción de humedad)
4. Separación de producto secado del aire.

Cada etapa se lleva a cabo de acuerdo al diseño y operación del secador, y, junto con las propiedades físicas y químicas de la mezcla producto/agua, determinan las características del producto secado.

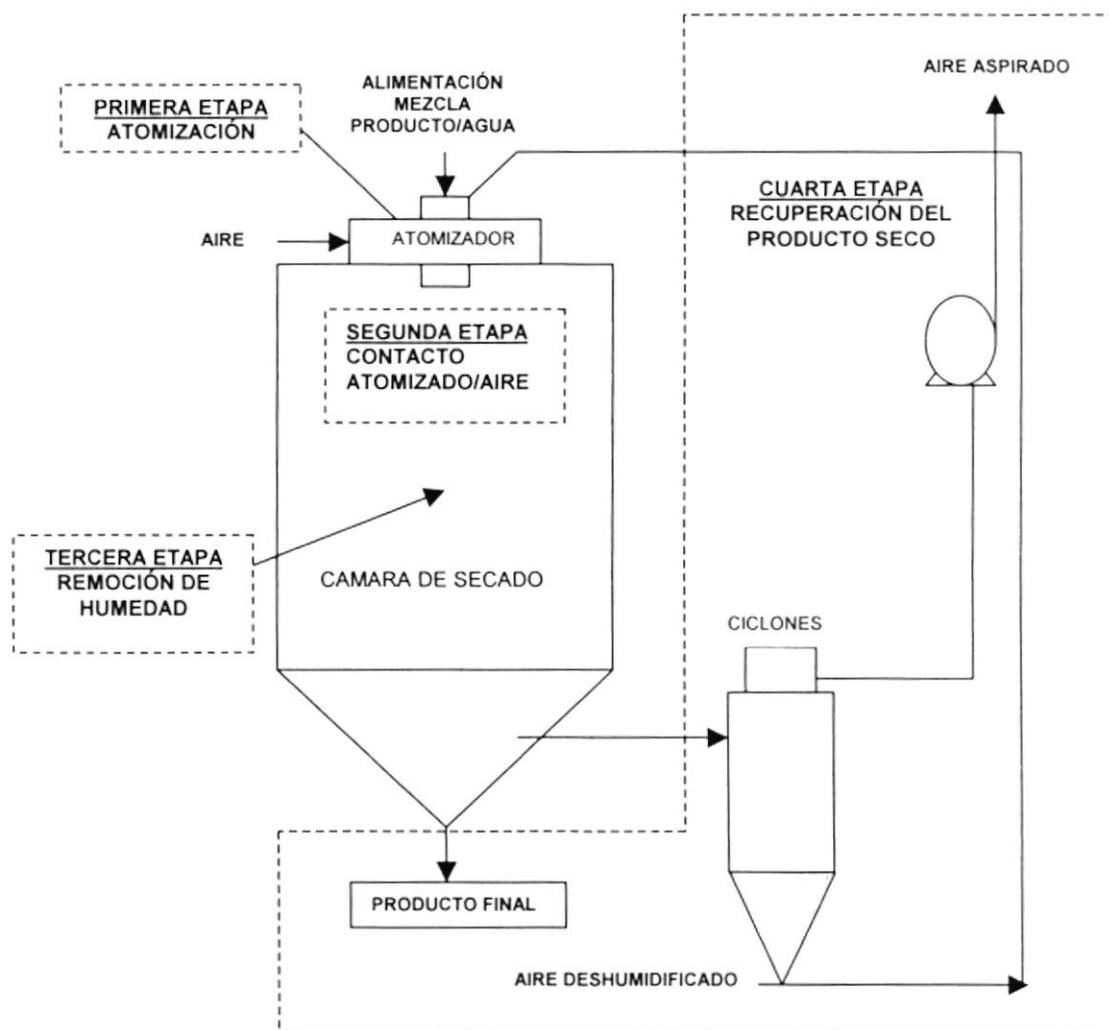


Figura 2.1. Etapas del Secado por Aspersión

2.1.1. ATOMIZACIÓN DE LA MEZCLA PRODUCTO/AGUA EN EL SECADOR POR ASPERCIÓN

La atomización es el proceso por el cual un determinado fluido se transforma en millones de gotas individuales formando la aspersión.

La formación de la aspersión y su contacto con el aire de secado, es una de las principales características del secado por aspersión. La selección y operación del atomizador son de suprema importancia para alcanzar producción económica y buena calidad del producto secado. La

atomización debe crear una aspersion para operaciones óptimas que permita alcanzar un producto seco con las características requeridas.

La selección del atomizador depende de la naturaleza de la mezcla producto/agua y de las características deseadas para el producto secado. En todos los tipos de atomizadores, grandes cantidades de energía para atomización líquida resultan en atomizados con gotas de tamaño bastante pequeñas. Si la energía de atomización es mantenida constante pero la razón de alimentación es incrementada esto dará como resultado atomizado con gotas de tamaño más grandes. El grado de atomización depende además de las propiedades físicas y químicas del fluido que se está introduciendo al secador por aspersion.

2.1.2. MEZCLA DEL ATOMIZADO Y EL MEDIO DE SECADO (AIRE)

La forma en que el atomizado hace contacto con el aire de secado es un factor importante en el diseño de un secador por aspersion, porque tiene gran influencia en las propiedades que afectan el comportamiento de la gota durante el proceso de secado.

El contacto atomizado-aire es determinado por la posición del atomizador en relación con la entrada del aire de secado. El atomizado es dirigido hacia el aire caliente entrando a la cámara de secado, como se muestra en la figura 2.2.

Este tipo de arreglo es utilizado para productos sensibles al calor. La evaporación del agua del atomizado es bastante rápida, el aire de secado se enfría progresivamente y los tiempos de evaporación son cortos.

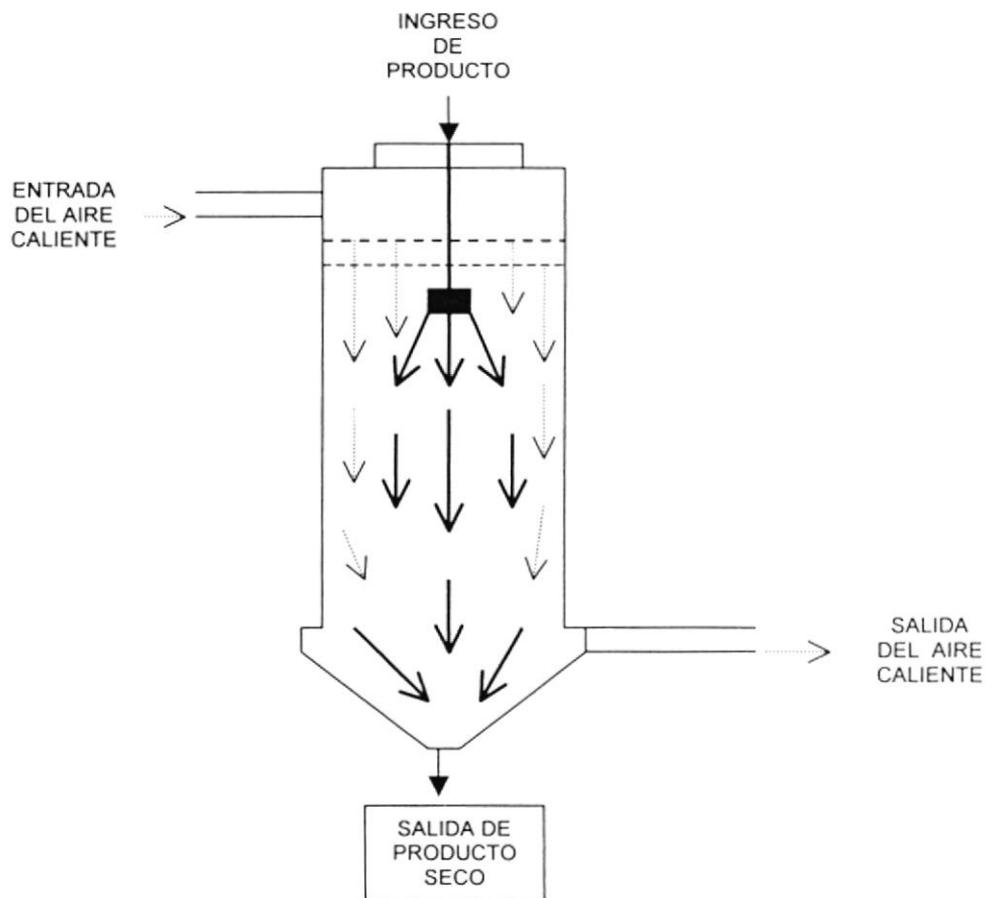


Figura 2.2. Flujo Aire-Producto en el secador por aspersión

La temperatura del producto es baja durante el tiempo en que la evaporación toma lugar, ya que la temperatura de las gotas se aproxima a la temperatura de bulbo húmedo. A medida que se alcanza el contenido de humedad deseada, cada partícula del producto no eleva sustancialmente su temperatura. De hecho, condiciones bajas de temperatura prevalecen a través de todo el volumen de la cámara, a pesar de que aire bien caliente este ingresando a la misma.

La figura 2.3. muestra la distribución de la temperatura del aire caliente dentro de la cámara de secado.

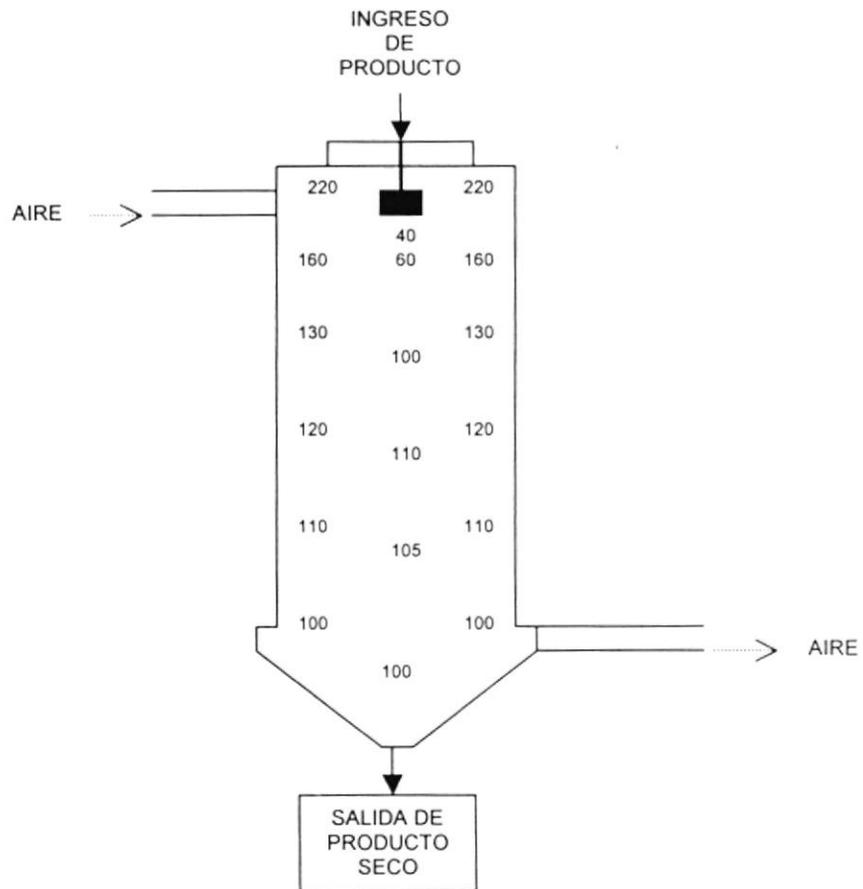


Figura 2.3. Distribución de la temperatura del aire en el secador

2.1.3. SECADO DEL ATOMIZADO (REMOCIÓN DE HUMEDAD)

Tan pronto como las gotas del atomizado entran en contacto con el aire de secado, la evaporación toma lugar en forma de una película de vapor saturado, la que se establece rápidamente en la superficie de la gota, aquí la temperatura se aproxima a la temperatura de bulbo húmedo de aire de secado. La evaporación se realiza en dos etapas, al inicio hay suficiente humedad en la gota para compensar la pérdida en la superficie. La difusión de humedad en la gota mantiene las condiciones de superficie saturada, mientras esta dura la evaporación se realiza a razón constante. Esto es llamado el primer periodo de secado. Cuando el contenido de humedad se reduce a un nivel que es insuficiente para

mantener las condiciones saturadas, el punto crítico es alcanzado y una envoltura seca se forma en la superficie de la gota. El grosor de la envoltura seca se incrementa con el tiempo provocando una disminución en la razón de evaporación. Esto es llamado el segundo periodo de secado.

El diseño de la cámara de secado y la razón de flujo de aire proveen a la gota un tiempo de residencia en la cámara, de manera que la remoción de humedad en la gota sea completada y el producto es removido del secador antes que las temperaturas del producto puedan alcanzar a la temperatura de aire de salida de la cámara, ya que esto puede causar daño en el producto.

2.1.4. SEPARACIÓN DEL PRODUCTO SECO DEL AIRE

La finalización de la etapa de secado, es la separación del producto seco suspendido en el aire. Durante la operación la mayoría del producto cae a la base de la cámara, mientras que una pequeña fracción sale con el aire y es recuperada en el equipo de separación, que son usualmente ciclones. Con este sistema, las partículas gruesas son recuperadas en la base de la cámara y las partículas finas en la unidad de separación.

2.2. EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL SECADOR POR ASPERSIÓN

Los secadores por aspersion son utilizados para cubrir un amplio rango de aplicaciones en distintos productos. A pesar de la diversidad de diseños, cada uno de ellos contiene equipo estandarizado, que puede ser clasificado en cuatro categorías:

- a. Calentamiento del aire para el secado; mediante calentadores de aire, con sus ventiladores, filtros, compuertas y ductos.

- b. Atomización de la mezcla producto/agua en el secador por aspersión; el atomizador con el sistema de alimentación de bombas, tanques y equipo de pretratamiento.
- c. Contacto del aire con el producto atomizado y secado del mismo; cámara de secado con el dispersador de aire y ductos de salida para el producto y el aire de la cámara.
- d. Recuperación del producto secado; sistema completo de recuperación y descarga del producto, transporte y empaque. Sistema de salida del aire con ventiladores, compuertas y ductos.

El paso del aire y de producto en el secador por aspersión es mostrado en la figura 2.4. El aire de entrada es tomado de la atmósfera. Se pueden utilizar calentadores de aire directos o indirectos dependiendo del producto que se va a secar.

El flujo de aire a través del calentador es conseguido por medio de un ventilador de alimentación localizado a la entrada del calentador. En algunos secadores, especialmente en aquellos de baja capacidad el ventilador aspirante es suficiente para proveer de flujo de aire para el calentador. La alimentación al secador, es bombeada al atomizador localizado en la parte superior de la cámara de secado, en cuanto el fluido es atomizado comienza a secarse dentro de la cámara. El producto secado con el contenido de humedad requerido, es descargado en la base de la cámara o arrastrado junto con el aire aspirado para ser separado en el sistema de recuperación del producto. El ventilador aspirante es el encargado de retirar el aire de la cámara y pasarlo a través del sistema de recuperación. En el sistema de recuperación se separa el polvo antes de enviar el aire a la atmósfera. La temperatura de salida del aire es controlada por medio del ajuste de la temperatura del aire de entrada manteniendo la razón de alimentación constante, o a través del ajuste de la razón en la alimentación, manteniendo constante la temperatura de entrada.

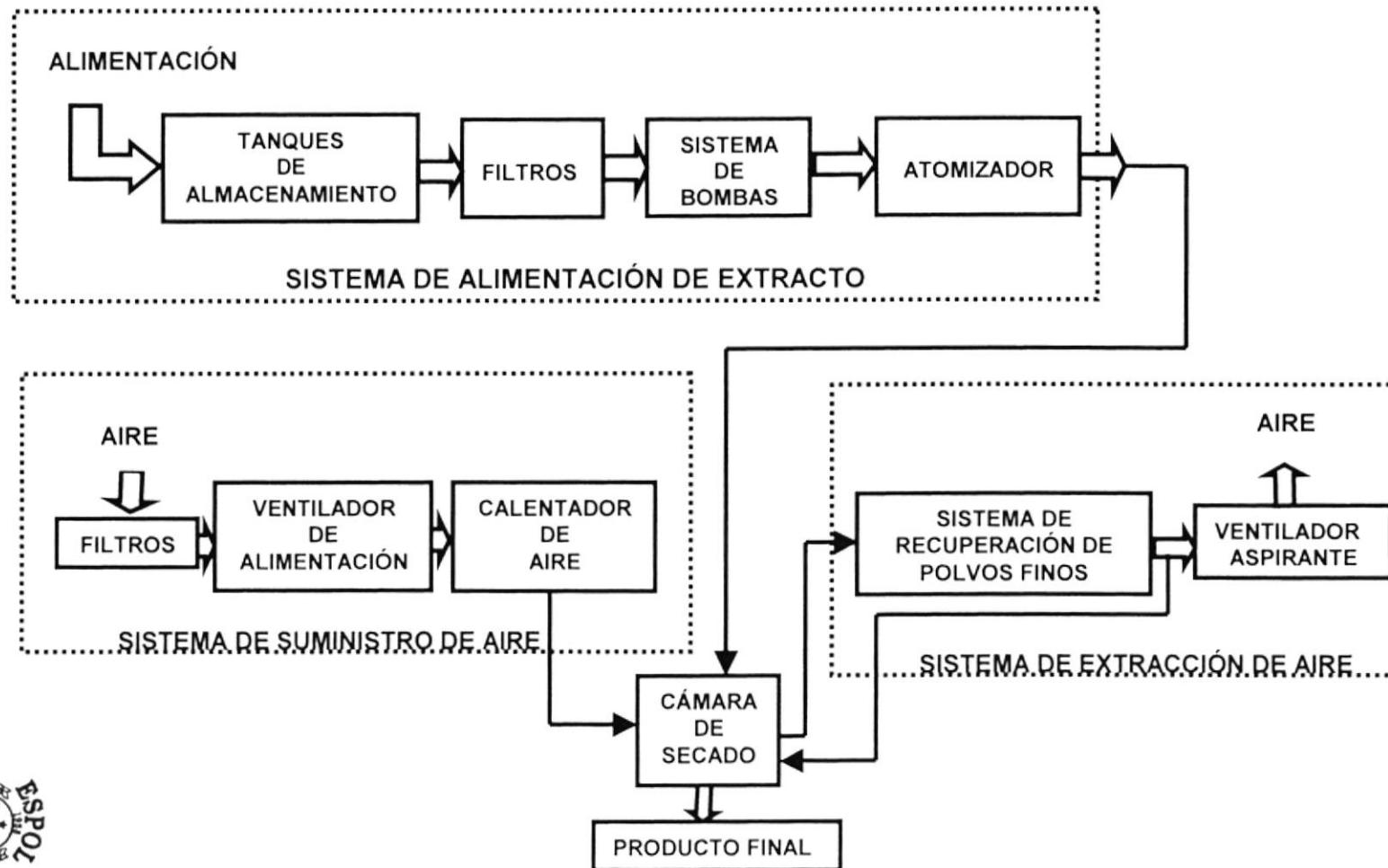


Figura 2.4. Paso del aire y el producto en el secador por aspersión

2.2.1. LAYOUT DEL SECADOR POR ASPERSIÓN

La figura 2.5. ilustra la posición de los equipos involucrados en el secador por aspersión en relación con la cámara de secado.

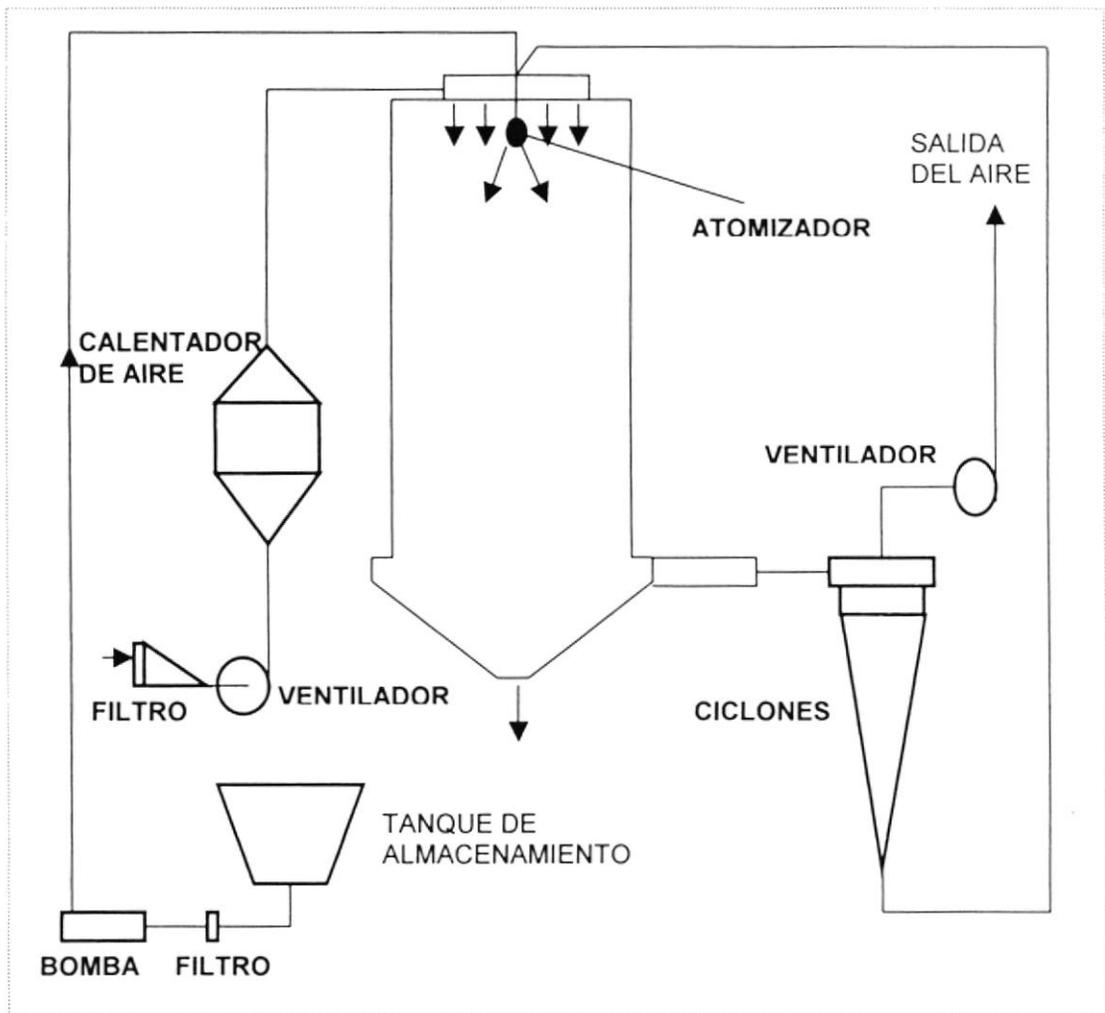


Figura 2.5. Layout del Secador por Aspersión

2.2.1.1. EQUIPOS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El sistema de alimentación comprende el tanque de almacenamiento, filtros y bombas de alimentación.

La bomba de circulación transfiere el producto desde los tanques de almacenamiento al sistema posterior de bombas hasta alcanzar a la tobera del atomizador. Estos tanques deben tener un volumen suficiente para permitir una operación continua del equipo. Es usual tener sistemas de dos tanques de almacenamiento para utilizarlos en forma alternada y asegurar la alimentación constante al secador. El filtro es importante para retener todo tipo de materia que pueda poner en peligro el funcionamiento del secador provocando bloqueo parcial o total de la tobera. La elección de tuberías metálicas depende del tipo de producto en la alimentación, por ejemplo con productos alimenticios acero inoxidable es utilizado.

Son numerosos los casos donde pretratamiento o precalentamiento de la alimentación son requeridos previa la atomización. Pretratamiento del producto, como la dosificación de CO₂ o aire mantiene las propiedades requeridas, como por ejemplo la densidad del producto final. El precalentamiento es llevado a cabo para disminuir la viscosidad en la alimentación y para asegurar el funcionamiento correcto del atomizador. El equipo de precalentamiento y pretratamiento es conectado al sistema de alimentación antes de transferir el producto al atomizador.

La alimentación desde los tanques de almacenamiento es transferida, pasando por el precalentador, a un tanque pequeño antes de ser bombeado a la tobera. El uso de un pequeño tanque de alimentación intermedio proporciona flexibilidad al sistema, dando la posibilidad de dosificación de producto. Tubería de suministro de agua para el arranque y parada del secador está conectada a la bomba de alimentación que provee a la tobera.

ATOMIZADOR

El atomizador es usualmente considerado como el corazón del proceso de secado por aspersión. La eficiencia del atomizador para producir atomizados con distribuciones de gotas de tamaño deseado, es el factor más importante para determinar el éxito de un proceso. Dos tipos básicos de equipo son usados, atomizadores rotativos y toberas. La tobera es colocada en la parte superior de la cámara de secado y opera de forma que el atomizado tenga un contacto íntimo con el aire de secado.

2.2.1.2. EQUIPOS EN EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE

Este sistema suministra el aire a la cámara para el secado. El equipo involucrado son filtros, calentadores, compuertas, ductos y ventiladores.

El aire atmosférico es la fuente de abastecimiento más usual, antes de ingresar a la cámara es filtrado para evitar la entrada de impurezas que puedan afectar la calidad del producto. El calentador de aire es de tipo directo. La fuente del calentador es combustible.

El ventilador de alimentación es de tipo centrífugo. Se encuentra en el ducto de entrada de aire a la cámara de secado y antes del calentador. Trabaja con aire frío, en la mayoría de los casos a temperatura ambiente. Este ventilador suministra aire de secado a la cámara. Es de tamaño más pequeño que el ventilador aspirante y su requerimiento de presión es menor ya que usa menos potencia. El ventilador de alimentación de aire es dimensionado con relación al ventilador aspirante de manera que el aire fluya a través de la cámara y que la presión de la misma sea controlable.

DISPERSADOR DE AIRE Y CÁMARA DE SECADO

El aire entra a la cámara de secado a través del dispersador de aire. La función del dispersador es proveer el calor requerido para el proceso de secado, controlar el viaje de las partículas durante su permanencia en la cámara y remover la humedad en forma de vapor en la cámara. Cuando el dispersador de aire y el atomizador se encuentran juntos, el flujo de aire puede influenciar la distribución del tamaño de las gotas del spray.

La función de la cámara de secado es proveer a la mezcla aire / partículas los tiempos de permanencia adecuados para obtener niveles de humedad deseados en el producto, sin degradación por el calor y depósitos no deseados en las paredes de la cámara. La descarga del producto debe ser continua. El producto secado es descargado en la base cónica de la cámara.

2.2.1.3 EQUIPO PARA SEPARACIÓN Y RECUPERACIÓN DE PRODUCTO DEL AIRE ASPIRADO

El producto final que se encuentra suspendido en el aire saliendo de la cámara de secado es separado y recuperado de manera efectiva para mantener la máxima eficiencia del secador y prevenir la contaminación de aire debido a la salida excesiva salida de polvo a la atmósfera. Sistemas de recuperación con ciclones son utilizados. La aplicación de este tipo de equipos reduce la cantidad de polvos finos en el producto secado.

La figura 2.6. muestra cada una de las partes de un secador estándar

Sistema de Alimentación

1. Tanque de almacenamiento de extracto
2. Tanque de alimentación de agua para utilizarlo durante el arranque del secador
3. Válvula de tres vías y filtro
4. Bomba de alimentación
5. Atomizador

Sistema de Alimentación de Aire

6. Ingreso del aire para el secado y filtro
7. Ventilador de alimentación de aire
8. Calentador de Aire
9. Dispositivo de medición de la temperatura de entrada del aire de secado
10. Dispersador de aire
11. Cámara de secado

Sistema de Recuperación de polvos

12. Unidad de descarga de polvo en la base de la cámara
13. Entrada de aire deshumidificado
14. Ducto del sistema recuperador de polvos finos
15. Ciclón transportador de polvos finos
16. Válvula Rotativa
17. Ventilador aspirante del aire de secado
18. Ducto aspirante del aire de secado
19. Compuerta en el ducto aspirante para regular el flujo de salida del aire de secado
20. Dispositivo de medición de la temperatura de salida del aire de secado
21. Panel de control del secador por aspersión

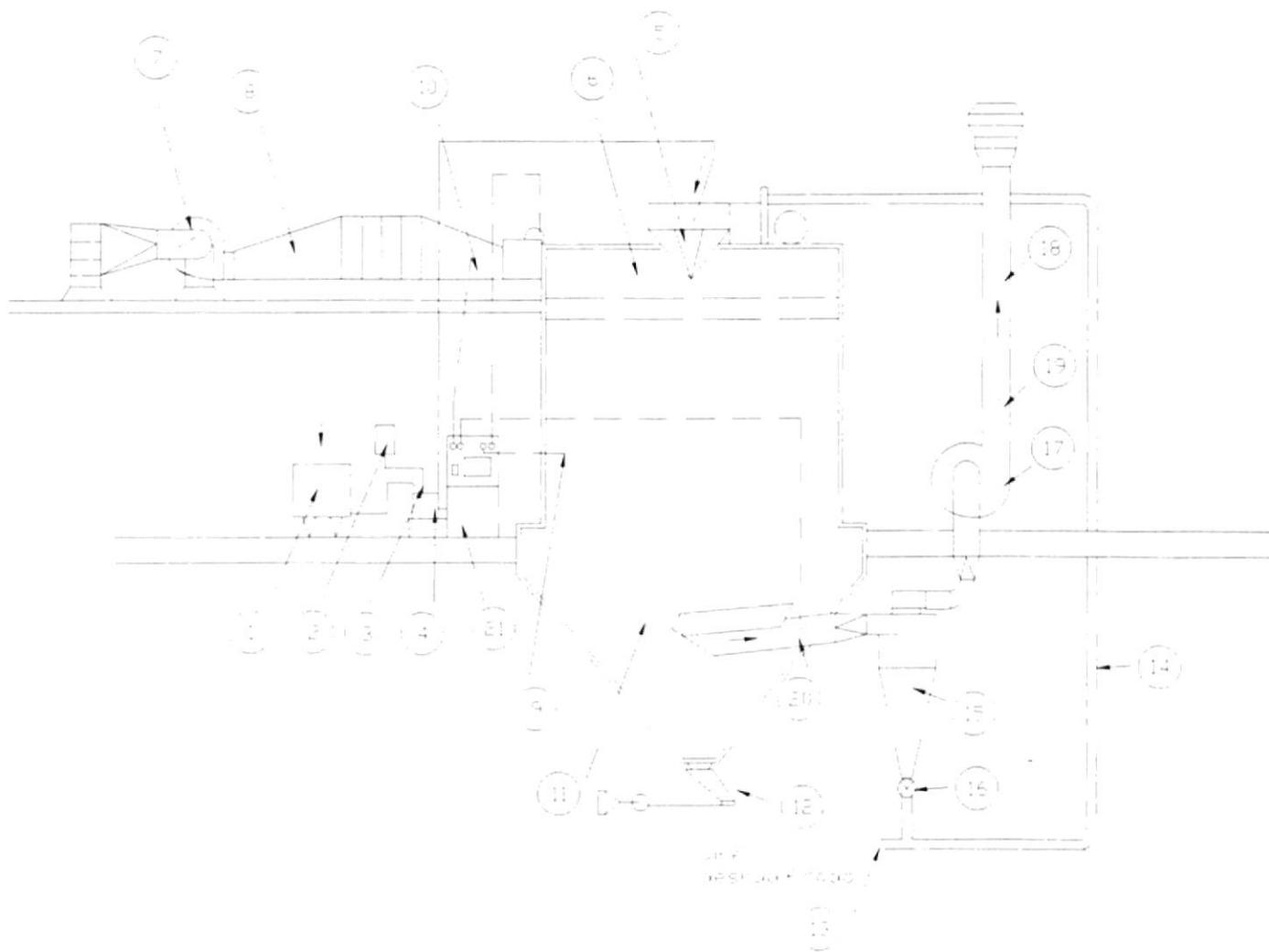


Figura 2.6. Partes de un secador por aspersión estándar

CAPÍTULO 3

SISTEMAS DE CONTROL EN EL SECADO POR ASPERSIÓN

3.1. VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN

En la actualidad, gracias a los avances de la tecnología y de la automatización, es posible controlar las actividades de una fábrica mediante un panel de control, esto permite al operador vigilar la continuidad del proceso, ubicar cualquier tipo de falla en el momento de su aparición y realizar las acciones pertinentes para corregirlas.

Los procesos son de naturaleza dinámica, en ellos siempre ocurren cambios y si no se toman las acciones pertinentes, las variables importantes del proceso, aquellas que se relacionan con la seguridad, la calidad del producto y los índices de producción, no cumplirán con las condiciones de diseño. El objetivo de la automatización de procesos es mantener en determinado valor de operación las variables del proceso tales como temperaturas, presiones, flujos y compuestos buscando siempre el mínimo error.

Es conveniente enumerar algunas de las razones por las cuales la automatización es importante, estas, son producto de la experiencia industrial:

- ✓ Incrementa la capacidad de producción de la instalación utilizando las mismas máquinas y los trabajadores.
- ✓ Mejora el control de la producción al introducir sistemas automáticos de verificación.



- ✓ Mantiene la calidad de producto (color, pureza, humedad, etc.) en un nivel continuo y con un costo mínimo.

Por consiguiente, las razones de la automatización de los procesos en las plantas industriales, son proporcionar un entorno seguro y a la vez mantener la calidad deseada del producto y la alta eficiencia de la planta con reducción de costos.

3.1.1. VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SECADOR POR ASPERSIÓN

La automatización del secador por aspersión, es motivada por la necesidad de alcanzar especificaciones bastante estrictas en la calidad del producto, mantener los niveles de calidad durante períodos largos en la operación de secado, y conseguir bajos costos de funcionamiento.

La automatización del secador por aspersión involucra:

- a. procedimientos operacionales del secador,
- b. control del secador, y
- c. mediciones para valorar el rendimiento del secador.

¿QUE VENTAJAS OFRECE?

- Alta velocidad, pues el proceso es muy rápido (algunos segundos)..
- Recuperación de sólidos. Para evitar perderlos ó enviarlos a la atmósfera.
- Proceso continuo y constantemente controlado.
- Bajo Mantenimiento.

3.2. TIPOS DE CONTROL PARA EL SECADOR POR ASPERSIÓN

El propósito de un sistema de control para un secador por aspersión es la conservación de la calidad deseada del producto secado, sin importar que perturbaciones ocurran ya sea durante el proceso de secado como en las

variaciones en la fuente de alimentación. El parámetro del producto a controlar de forma más efectiva es el contenido de humedad. Equipos para la medición continua de la humedad se encuentran en un avanzado estado de desarrollo no obstante, no son ampliamente utilizados. La temperatura del aire de salida (aire aspirado de la cámara de secado) es el parámetro controlado. Esta temperatura determina la calidad del producto por ejemplo: densidad, color, sabor así como su contenido de humedad.

Los secadores por aspersion pueden ser operados de forma manual o automática. Control manual es aplicado en plantas pequeñas, (laboratorios, plantas pilotos, industrias pequeñas) las que son manejadas bajo un rango amplio de productos. Los productos deben ser fáciles de secar. El control manual puede ser aplicado a grandes unidades industriales operando con el mismo tipo de productos, pero, la demanda de una operación continua y el mantenimiento de la calidad del producto en forma constante para tiempos largos de producción hacen del control automático una necesidad. Si los productos son difíciles de secar, controles automáticos son utilizados sin importar el tamaño del secador.

El control es alcanzado manteniendo en un valor constante la temperatura del aire de salida, por medio de la variación de:

- a. La razón de alimentación al secador
- b. La temperatura del aire de entrada a la cámara de secado.

Controlando de manera automática la temperatura del aire de salida, la humedad del producto puede ser mantenida en rangos bastante precisos.

3.2.1. SISTEMA DE CONTROL BASADO EN LA REGULACIÓN DEL FLUJO DE ALIMENTACIÓN DE EXTRACTO A LA CÁMARA DE SECADO

- a. Control de la temperatura del aire de salida regulando la razón de

- alimentación a la cámara.
- b. Control de la temperatura del aire de entrada por la regulación del calentador de aire.

El sistema de control es ilustrado en la figura 3.1. Consiste en dos lazos de control de rápida respuesta. Lazos de control de respuesta rápida son las características de control deseadas para prevenir condiciones de secado adversas.

La temperatura del aire saliendo del secador es medida y transmitida al TIC (controlador indicador de temperatura), el cual contrarresta cualquier desviación de temperatura con respecto al punto de control variando la razón de la alimentación a la cámara.

La temperatura del aire de entrada a la cámara de secado, es medida y transmitida a un controlador indicador de temperatura. Cualquier desviación de la temperatura del aire de entrada deseada es corregida controlando el combustible y el aire de combustión al quemador.

En el caso de falla en el sistema de alimentación (bloqueo de la tobera, daño de la bomba, falla en el control de la bomba), donde la fuente de suministro al atomizador cesa o se reduce de forma drástica, un sistema de seguridad puede ser instalado para prevenir que la temperatura de salida del aire se incremente a un valor mayor del nivel de seguridad, ya que el sistema puede ser potencialmente peligroso para algunos productos. Además, fallas en la alimentación pueden llevar a rápidos incrementos en la temperatura del aire de salida, al mismo tiempo que el calentador de aire se encuentra en funcionamiento. Un sistema de seguridad incorporado podría apagar el calentador de aire una vez que cierto valor en la temperatura del aire de salida sea alcanzado. Para prevenir problemas en el sistema debido al aumento en las temperaturas

del aire de salida, alarmas pueden activarse 10 °C o 20 °C antes de que algún nivel de temperatura inseguro sea alcanzado.

3.2.2. SISTEMA DE CONTROL BASADO EN LA REGULACIÓN DE LA CANTIDAD DE CALOR QUE INGRESA A LA CÁMARA

- (a) Control de la temperatura del aire de salida por medio de la regulación del quemador (calentador de aire de entrada)

- (b) Razón de alimentación constante

El sistema de control es mostrado en la figura 3.2. Este tipo de control es utilizado particularmente para secadores con atomización nozzle, donde amplias variaciones en la razón de alimentación no pueden ser manejadas. La temperatura del aire de salida es medida y transmitida a un TIC. Para compensar cualquier desviación de la temperatura del aire de salida con respecto al punto de control, la entrada de calor al secador es ajustada por el controlador a través de la regulación de la razón de combustión en el quemador.

Desde un punto de vista teórico este es un sistema inherentemente seguro y aceptable ya que cualquier incremento en la temperatura del aire de salida puede ser manejado disminuyendo la cantidad de calor en la entrada o viceversa. Sin embargo, desde un punto de vista práctico, el sistema tiene desventajas operacionales pues los intervalos de tiempo en el circuito de control del calentador son largos, lo que disminuye el tiempo de respuesta del lazo. Estos intervalos de tiempo pueden incrementar las fluctuaciones de la temperatura del aire de salida. El sistema no tiene la habilidad de manejar efectivamente variaciones en los sólidos solubles de la fuente de alimentación, pero esto puede ser mejorado conectando la temperatura del aire de salida en cascada con

el controlador de la temperatura del aire de entrada el cual regula al calentador de aire.

Sistemas de seguridad similares a aquellos aplicados en el subcapítulo 3.2.1. son utilizados.

3.3. CONTROL DEDUCTIVO DE LA HUMEDAD DEL PRODUCTO

Con este tipo de control, figura 3.3, se permite que varíe la temperatura de salida así como la de entrada de manera de mantener constante la relación de diferencia de temperatura en cada extremo del secador. El punto de ajuste de la temperatura de salida es compensado por cambios en las temperaturas de la entrada y del bulbo húmedo. Como resultado, la variación en la humedad del producto es sustancialmente menor que con un sistema de control convencional, el cual regula la temperatura del aire de salida en un punto de ajuste seleccionado.

Los ahorros económicos obtenibles con el sistema de control compensado incluyen: la ausencia de productos chamuscados o rechazados; una reducción de los sólidos regalados en exceso; y una disminución sustancial en los costos de servicios.

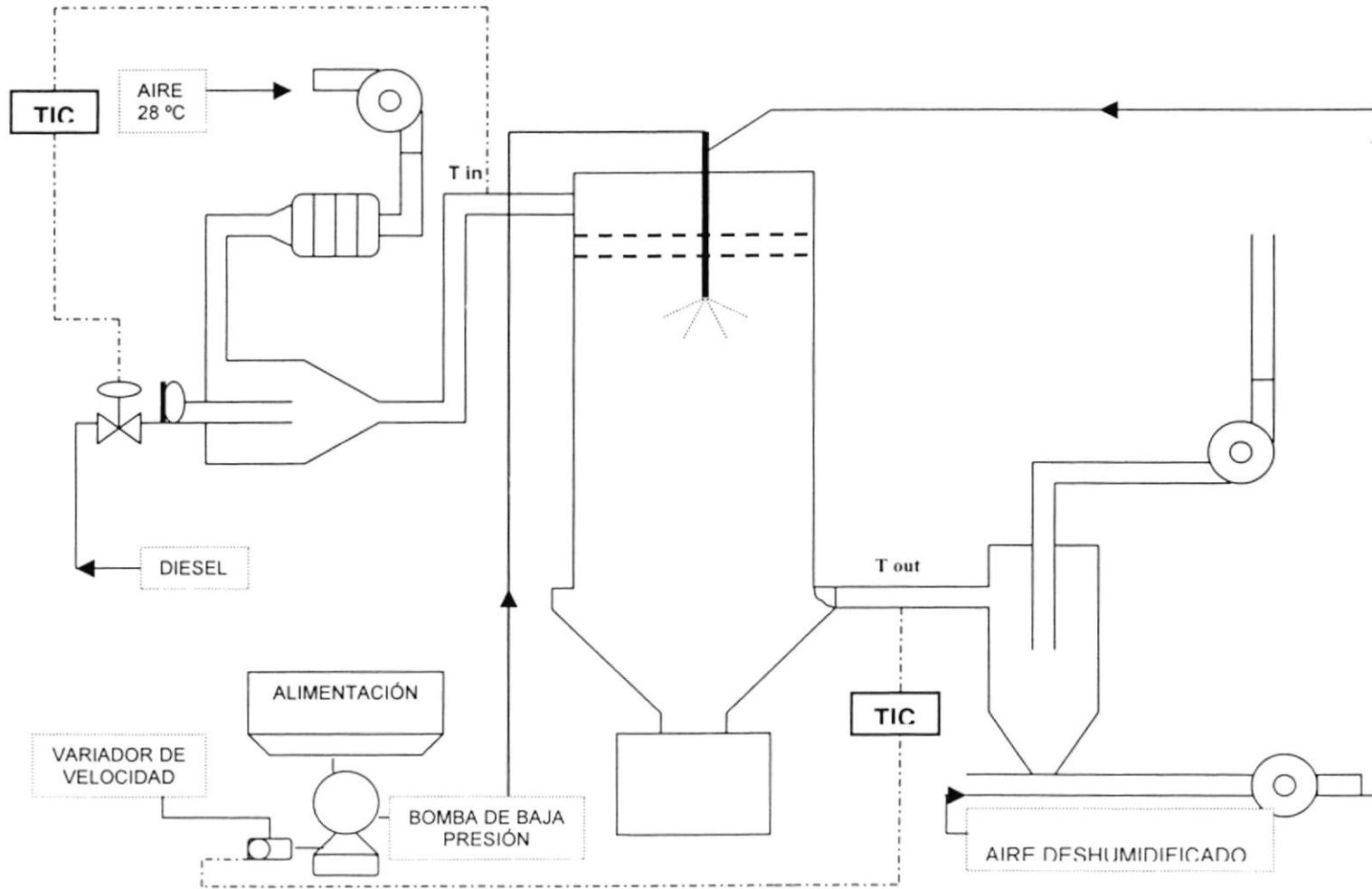


Figura 3.1. Sistema de Control basado en la regulación de flujo de alimentación de extracto a la cámara de secado

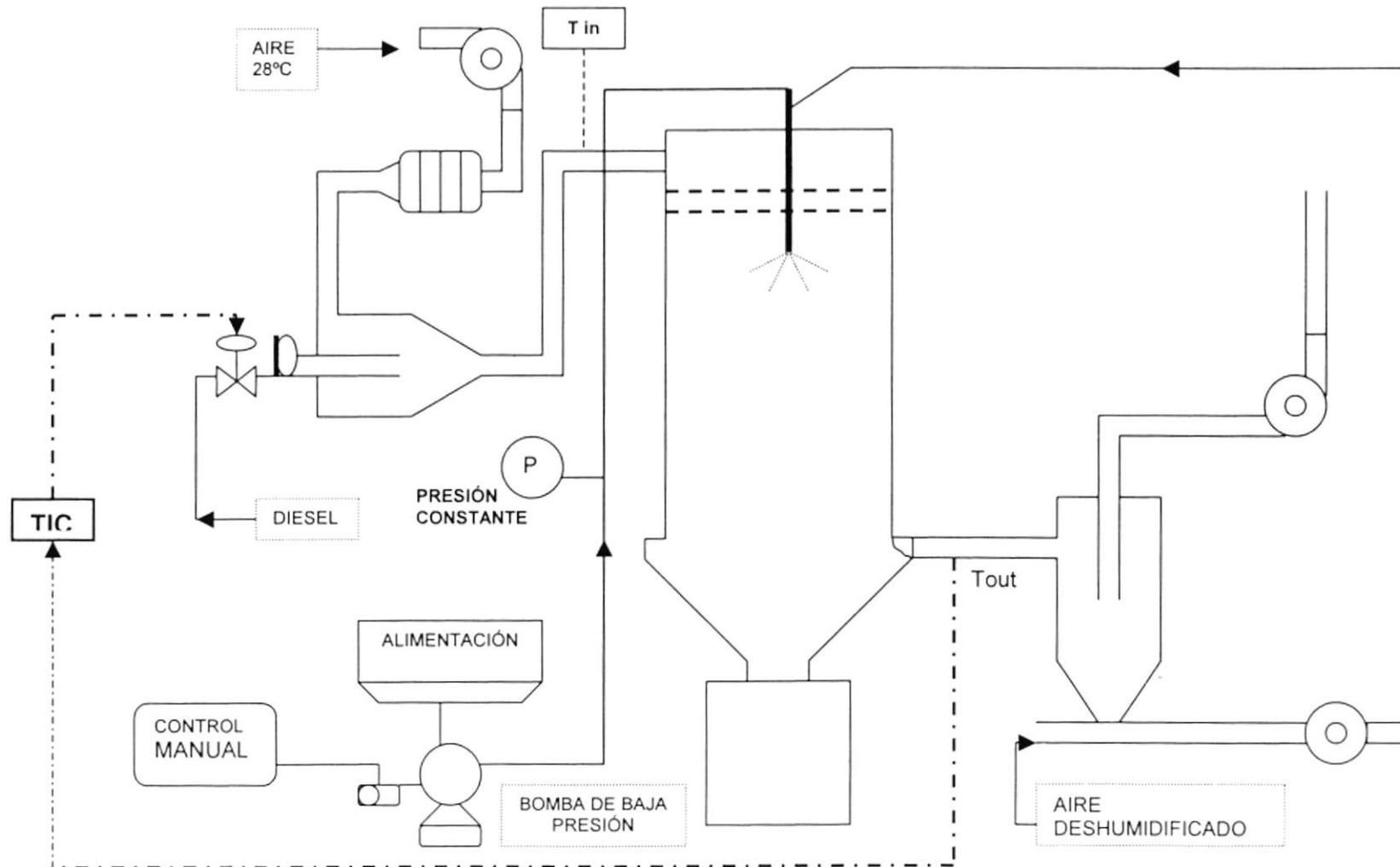


Figura 3.2. Sistema de Control Basado en la regulación de la cantidad de calor que ingresa a la cámara

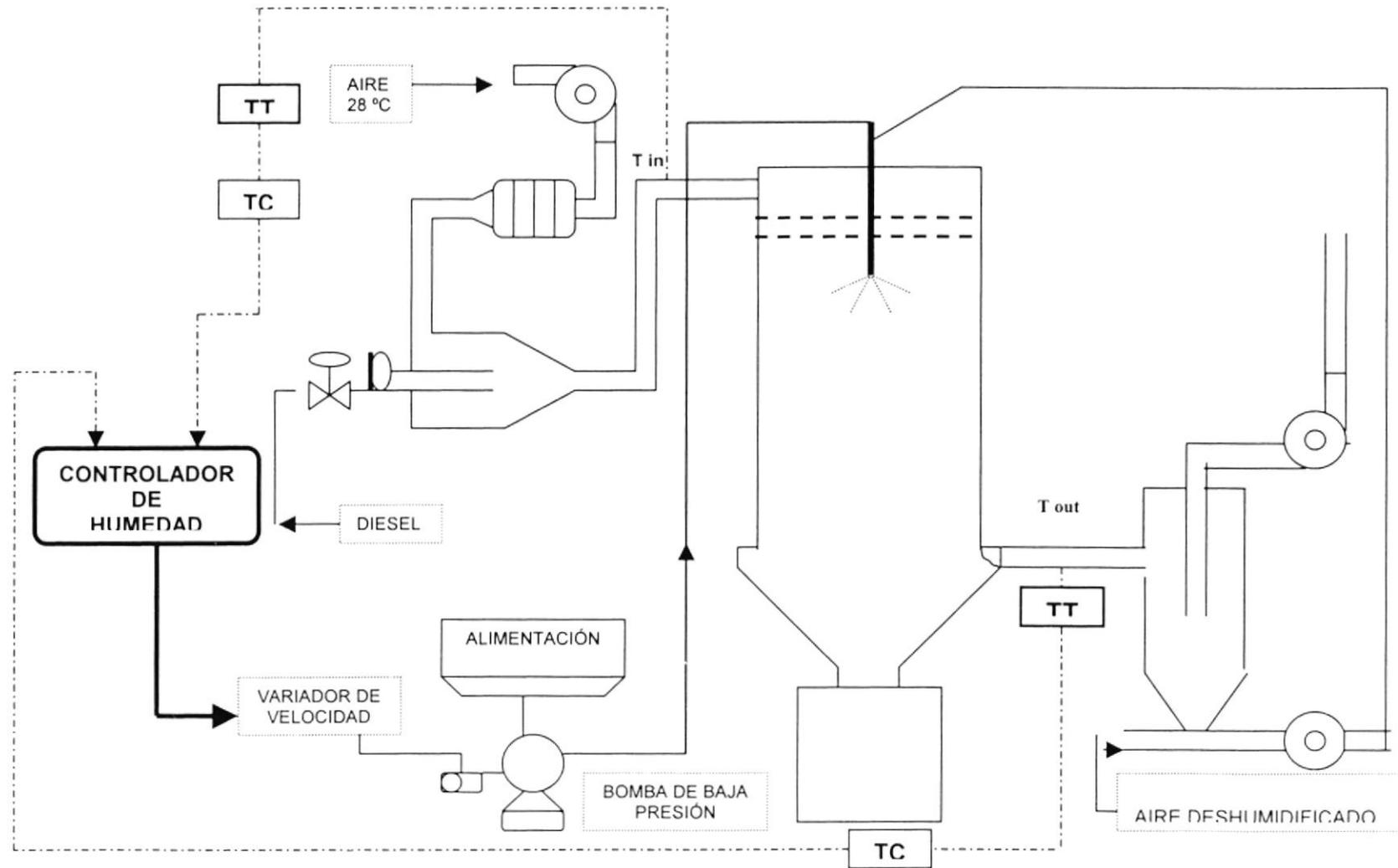


Figura 3.3. Sistema de Control deductivo de la humedad del producto

3.4. SISTEMAS DE CONTROL PARA ATOMIZADORES NOZZLE

Todos los sistemas mencionados anteriormente son aplicables, pero el Sistema de Control basado en la regulación de calor es preferido. Este sistema puede ser empleado de dos maneras, con la bomba de alimentación manejada de forma manual. El controlador de la temperatura del aire de salida puede ser conectado en cascada al controlador de la temperatura del aire de entrada, como se muestra en la figura 3.4, o unido directamente al calentador. Sistemas de seguridad son incorporados para apagar al secador si presiones excesivas llegaran a presentarse en el sistema de alimentación debido a bloqueos en la tobera. El Sistema de Control basado en la regulación del flujo de alimentación de extracto a la torre de secado puede ser aplicado de dos formas. El controlador de la temperatura del aire de salida maneja el control de presión en el sistema de alimentación o es unido directamente a la bomba de alimentación.

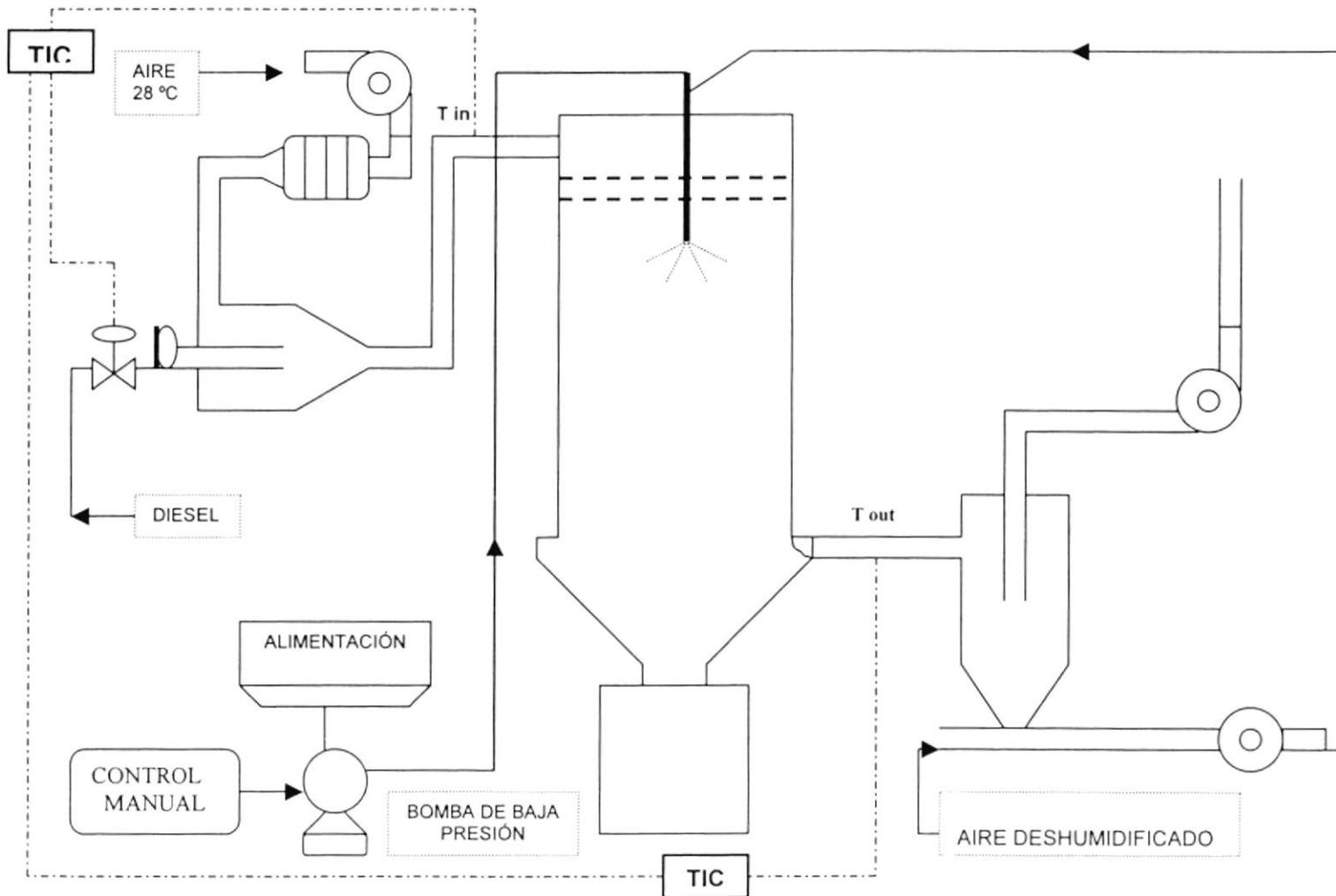


Figura 3.4. Sistema de control para atomizadores nozzle



3.5. SECADO POR ASPERSIÓN COMPLETAMENTE AUTOMÁTICO

PROGRAMACIÓN DEL ARRANQUE

Con el análisis de los sistemas de control para un secador por aspersión se ha podido determinar que es posible arrancar la instalación completa de un secador por aspersión presionando únicamente un botón. La automatización del secador por aspersión, es motivada por la necesidad de alcanzar especificaciones bastante estrictas en la calidad del producto, mantener los niveles de calidad durante períodos largos en la operación de secado, y conseguir bajos costos de funcionamiento.

La programación del control se realiza a través de equipo temporizado. Un temporizador realiza la secuencia para arrancar al secador en el orden correcto. Una secuencia típica de arranque para un secador con calentador de aire encendido por combustible es la siguiente:

- a. ventilador de alimentación
- b. ventilador aspirante
- c. ventilador de finos
- d. válvulas rotativas
- e. banda vibrante
- f. bombas del quemador
- g. ventilador de combustión del quemador
- h. quemador, y, al inicio del secado del producto, martillos eléctricos colocados en las paredes de la cámara.

Con el ingreso de aire caliente al secador, una serie de procesos de control continúan automáticamente. La alimentación a la cámara de secado se realiza primeramente con agua, la cual se efectúa hasta que:

1. Un equilibrio de temperatura sea alcanzado en la cámara de secado, es decir tanto la temperatura de entrada como la temperatura de salida de la cámara se encuentren en los niveles deseados, y
2. Haya suficiente producto en el tanque de alimentación para asegurar la continuidad en la operación.

Cuando estas dos condiciones hayan sido alcanzadas, una válvula de tres vías operada por aire cambiará la fuente de alimentación de agua a producto en forma automática. El cambio es suave y pequeñas desviaciones ocurren en la temperatura del aire de salida de la cámara, además del efecto de dilución que se produce en el producto en la línea de alimentación. La temperatura del aire de salida es controlada por la razón de alimentación y la temperatura del aire de entrada por la razón de combustión en el quemador. Cualquier caída en la temperatura de entrada es contrarrestada por el servomotor introduciendo mayores cantidades de diesel y de aire de combustión para de esta manera incrementar la razón de combustión en el quemador, y viceversa para cualquier incremento en la temperatura del aire. Las desviaciones de temperatura se encuentran entre 1-2 °F (0.5 – 1.0 °C). Este tipo de control contribuye en gran forma a la calidad del producto. El éxito de cualquier sistema completamente automático es la confiabilidad en la operación y la habilidad del sistema de control de manejar fallas en el secador. La confiabilidad es obtenida con el uso de equipos fuertes ya sean mecánicos, eléctricos o neumáticos en operación. Cuando ocurren fallas en los equipos, precondiciones en la programación y sistemas de alarma limitan los daños operacionales apagando apropiadamente dispositivos de la planta e indicando el tipo de falla. Por ejemplo, un sistema con retroalimentación no permitirá realizar una determinada operación si el paso previo ha fallado. Si un motor falla durante la secuencia de arranque, después de que el motor haya recibido el impulso de arranque del controlador, una luz se encenderá para dar indicación visual de la falla. No obstante, a medida que el controlador prosigue con el programa y envía el impulso de arranque al siguiente paso, un sistema de confirmaciones es traído a

funcionamiento. Esto no permitirá que el siguiente paso en el arranque del equipo se realice. Mayor protección durante el proceso de arranque se consigue uniendo las precondiciones a los diferentes pasos en la secuencia de encendido.

Aún cuando los pasos en el arranque se realizan automáticamente, el operador del proceso puede seguir la secuencia de encendido por medio de luces para cada uno de los equipos que se encuentran operando. Esta luz se apaga en casos de falla del equipo y una luz roja se enciende para indicar el tipo de falla. Fallas en el sistema también son dadas a conocer al operador a través de alarmas. Fallas cubiertas por el sistema de alarmas pueden ser excesivo nivel de temperatura del aire de salida o nivel bajo en los tanques de alimentación. Es común que la alarma suene después de que la luz que indica la falla se haya encendido durante un lapso de 5 segundos, ya que en algunos casos la luz de falla puede encenderse debido a condiciones temporales, por ejemplo: cambio de la válvula a los tanques de alimentación. En tales de casos no hay necesidad de que se active la sirena de alarma.

Si ocurre una falla en el equipo de control es posible cambiar de control automático a control manual y continuar la producción. Secuencias de parada y programas de limpieza operan de manera similar por medio de un controlador.

3.5.1. PRECONDICIONES

Las precondiciones están estrechamente relacionados con el control y operación del secador. Son instalados para asegurar arranques, operaciones y paradas seguras para el equipo. Algunos ejemplos de precondiciones son los siguientes:

PARA PREVENCIÓN DE DAÑO EN LA CÁMARA DE SECADO

Una precondición asegura que el ventilador aspirante no pueda ser encendido antes del ventilador de alimentación. Esta seguridad es

instalada en caso de que exista la posibilidad de daño en la cámara bajo condiciones de presión negativas causadas por el ventilador aspirante operando solo. Usualmente, esta precondition es anulada cuando una puerta de la cámara se encuentra abierta. Esto permite al ventilador aspirante operar solo únicamente para propósitos de parada y limpieza. Un sistema alternativo de seguridad involucra un interruptor de vacío colocado en el techo de la cámara en un área libre de polvo. El interruptor es normalmente seteado para apagar el ventilador aspirante si la presión en la cámara alcanza - 4 pulg. de Columna de Agua.

3.6. PRECAUCIÓN CONTRA FUEGO Y EXPLOSIÓN

Condiciones potencialmente peligrosas pueden existir durante operaciones del secador por aspersión, cuando:

- a) Se trabaja productos que manejan mezclas inflamables para ciertas cargas polvo-aire.
- b) Se manejan sólidos asociados con solventes inflamables.
- c) Se permiten que ocurran fuentes de ignición a través de la operación fallida de dispositivos durante el proceso.

Por lo tanto, la más remota posibilidad de fuego o explosión debe ser considerada y contrarrestada, permitiendo en el diseño y construcción de secadores, equipos adecuados de detección de explosión, que descubran señales peligrosas que puedan provocar accidentes, y por supuesto equipo adecuado de extinción.

El fuego es el resultado de eventos previos de ignición y quizá de explosión. Si las fuentes de ignición son removidas la amenaza de fuego no existirá más. Durante el secado por aspersión, condiciones que pueden causar ignición deben ser observadas por el personal operando el proceso. Una de las

principales responsabilidades del operador es la de descubrir fuentes potenciales de ignición y anularlas.

PROCEDIMIENTO EN CASO DE EXPLOSIÓN O FUEGO

En caso de fuego las siguientes acciones deben ser llevadas a cabo lo más rápido posible:

1. Apagar los ventiladores y el quemador.
2. Cerrar la alimentación del concentrado y pasar agua a través del atomizador lo antes posible.
3. Luego de que la planta se haya enfriado, continuar alimentando con agua. El producto que se encontraba en la cámara en el momento de la emergencia será inevitablemente estropeado.

CAPÍTULO 4

CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DEL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PROBLEMAS ACTUALES

Durante el secado por aspersión se observa la presencia de producto que no cumple con los estándares de calidad requeridos. Se lo considera como producto rechazado y representa pérdidas en producción. Este problema es el resultado de:

1. Falta de confiabilidad en las mediciones de las variables en el proceso, debido a la poca precisión de los instrumentos instalados.
2. La carencia de un sistema de monitoreo para el proceso de secado impidiendo la rápida localización de fallas.
3. Poca exactitud y flexibilidad en el ajuste de los parámetros que inciden directamente en las características del producto final.
4. Completa dependencia de la habilidad y experiencia del operador para controlar el proceso.

5. Falta de un sistema de alarmas que anuncie el crecimiento de los valores en las variables críticas del proceso, cuando estas se encuentren en los límites permisibles.

4.2. COMPARACIÓN ENTRE EL SISTEMA DE CONTROL ACTUAL Y EL PROPUESTO

CONTROL ACTUAL DEL SECADOR POR ASPERSIÓN

Actualmente, el control del secador por aspersión se realiza en gran parte de forma manual. Se cuenta con un tablero principal desde donde, por medio de botoneras de arranque y parada se comanda el encendido o el apagado de cada uno de los equipos involucrados en el proceso. Las secuencias para prender o apagar los motores de los equipos en el secador dependen estrictamente del criterio de la persona que opera la máquina. Además por medio de luces puede visualizar que equipos se encuentran trabajando.

El extracto de café que va a ser procesado en la torre de secado, se almacena previamente en dos tanques, con capacidades de 2500 litros cada uno. En el control actual, el llenado de los mismos es realizado por el operador de la máquina que abre o cierra las válvulas de alimentación para llenarlos. El nivel de llenado se observa por medio de un visor de vidrio, lo que permite al operador, decidir que tanque utilizar durante el proceso. (Pueden producir con ambos al mismo tiempo)

Una vez abierta la válvula de salida de cualquiera de los tanques, el operador prende la bomba de circulación que hala el extracto y lo lleva al tanque de emulsificado donde es pretratado antes de enviarlo a la torre de secado. Con una producción de 400 lts/hr cada tanque abastece para aproximadamente 6 horas de secado. En todo momento el operador busca mantener la continuidad del proceso.

En la actualidad, la bomba de circulación que lleva el extracto desde los tanques de almacenamiento al tanque de emulsificado, puede ser controlada de dos maneras: manual o automáticamente.

Con el control manual, será el operador quien decida cuando prender o apagar el equipo. En el control automático la bomba de circulación es comandada por medio de un interruptor de nivel colocado en el tanque de emulsificado. Se puede visualizar cual es el nivel de extracto en el tanque por medio de un visor.

En el secador por aspersion, el extracto de café es pretratado antes de ingresar a la cámara de secado. Consiste en la inyección de CO₂ o aire al extracto en el tanque de emulsificado. Esta parte del proceso, que la realiza el operador en forma manual, tiene incidencia directa en la densidad y el color del polvo.

El extracto de café que se almacena en el tanque de emulsificado, es transportado a la cámara de secado por un sistema de dos bombas, de baja y alta presión. A la salida del tanque se tienen dos válvulas que permiten el paso de extracto hacia la bomba de baja presión.

La bomba de baja presión hala el extracto y lo envía a la bomba de alta presión. Por medio de un variador de velocidad, el operador comanda manualmente las revoluciones por minuto (RPM) del motor de la bomba de baja presión. Gracias a un display, se puede monitorear cual la frecuencia que el variador está enviando al motor. Las variaciones de presión se pueden observar en un manómetro colocado en la línea de alimentación de extracto hacia la cámara.

En los ductos de entrada y salida del aire, están instaladas RTD's que permiten visualizar las temperaturas del aire que está entrando y saliendo de la cámara. Si se presentan variaciones en la temperatura del aire de salida, se contrarrestan cambiando la velocidad de la bomba de baja presión. El control

de la temperatura del aire que ingresa a la cámara, se realiza por medio del quemador de aire.

Por medio de un manómetro en U, se puede visualizar cual es la presión de vacío que el ventilador aspirante genera dentro de la torre de secado una vez que se arranca el equipo.

Mientras el polvo seco cae en la base de la torre, martillos neumáticos golpean continuamente distintas zonas de la base de la cámara. La secuencia con la que operan los martillos esta programada en un PLC. El operador decide únicamente en qué momento se inicia o se detiene la secuencia.

Para una mejor comprensión de lo explicado anteriormente se expone en la figura 4.1. un cuadro sinóptico del control actual del secador.

CONTROL ACTUAL DEL SECADOR POR ASPERSIÓN

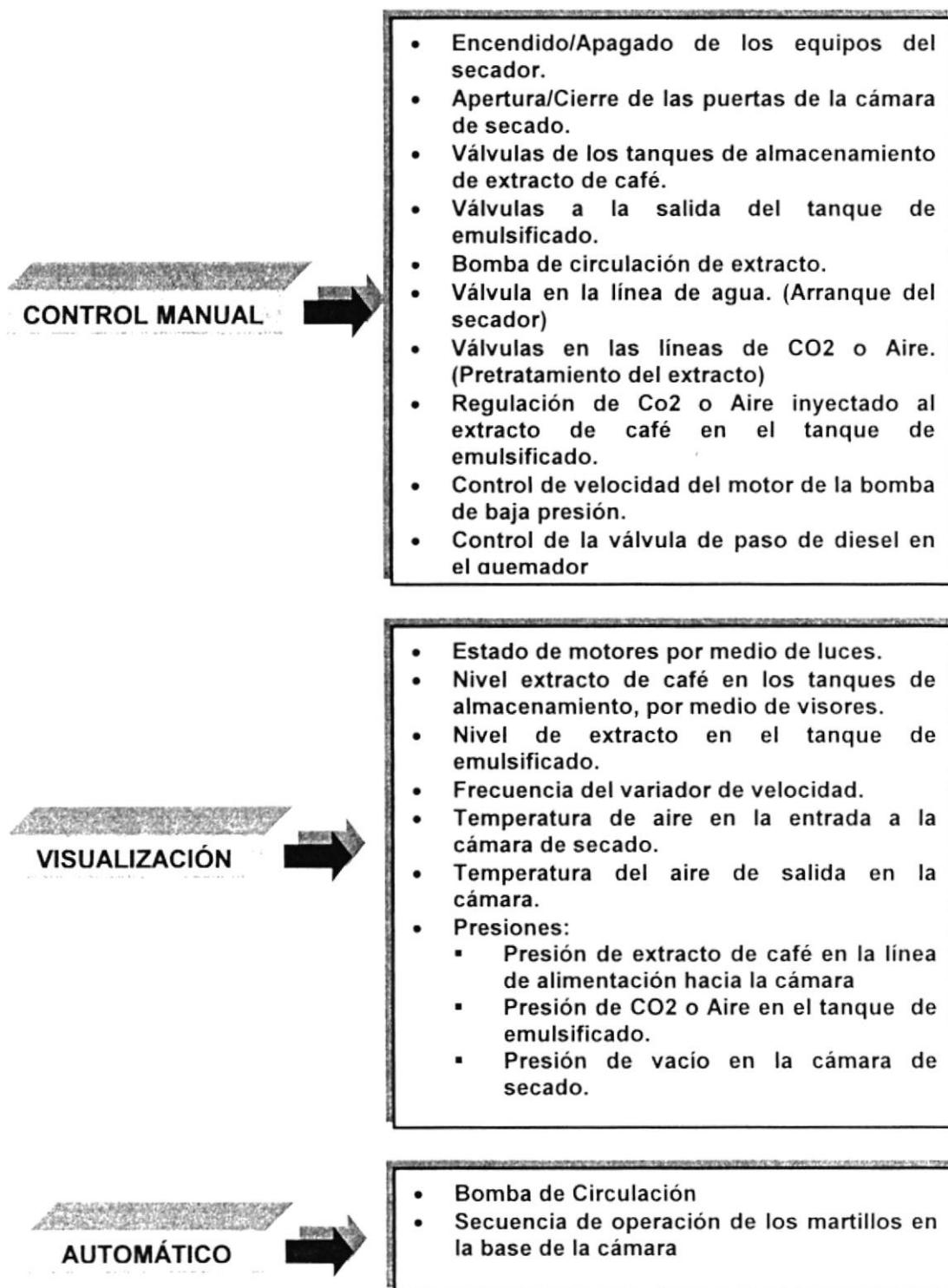


Figura 4.1. Control Actual del Secador por Aspersión

AUTOMATIZACIÓN DEL SECADO POR ASPERSIÓN

Luego de analizar cuáles son los problemas que tienen actualmente los ingenieros de la planta con el secador, y, teniendo en consideración el control actual del equipo, se proponen como parte de la automatización los siguientes puntos:

El sistema para el control del proceso, se realizará en un Controlador Lógico Programable, que comandará cada uno de los pasos en el secador. Para su programación se utilizarán las secuencias lógicas de arranque y parada del equipo, proveídas por la fábrica. La configuración del sistema de control, el número de entradas y salidas que tendrá el controlador y el tipo de cada una de ellas se presentan en el capítulo 6 de esta tesis.

Con el software de monitoreo Intouch proveído por Wonderware, se elaborarán pantallas de visualización, que permitirán al supervisor, seguir paso a paso desde un computador, la secuencia con la que se estará realizando el proceso. Así también monitorear los valores en los que se encuentren las variables críticas en el secador durante la producción de café instantáneo.

En los tanques de almacenamiento de extracto, el llenado y el vaciado se realizará automáticamente. La apertura o cierre de las válvulas del sistema de almacenamiento de extracto serán comandados por el PLC. El porcentaje de llenado en los tanques se podrá monitorear continuamente por medio de dos sensores de nivel que se colocarán en cada uno de ellos.

Secuencias de arranque y parada completamente automáticas para condiciones normales de producción se proponen como parte del proyecto.

En la figura 4.2 se muestra un cuadro explicativo de cada una de las partes que se proponen en el proyecto de automatización del secador por aspersión. En este se incluyen los controladores expuestos en capítulos anteriores.

AUTOMATIZACIÓN DEL SECADOR POR ASPERSIÓN

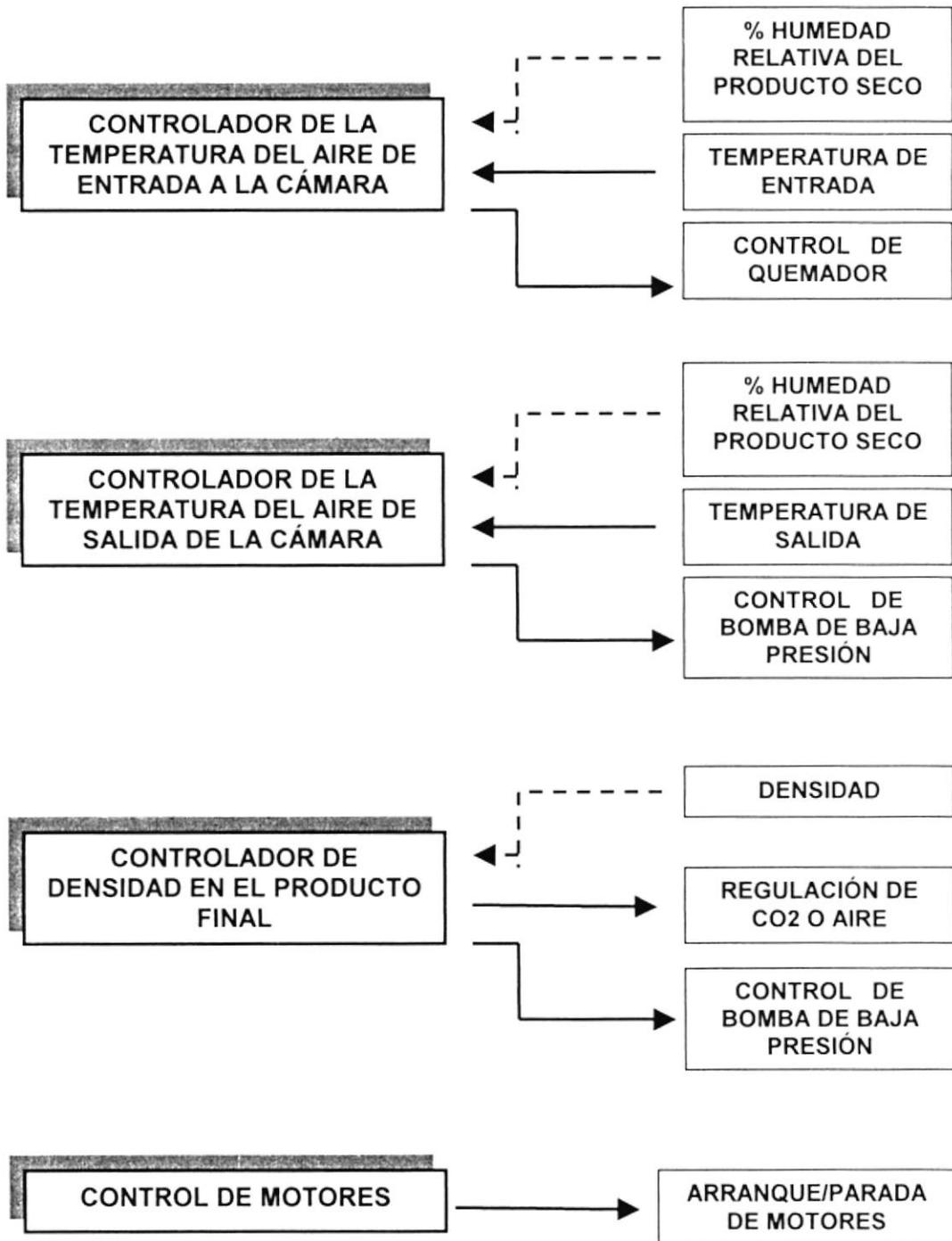
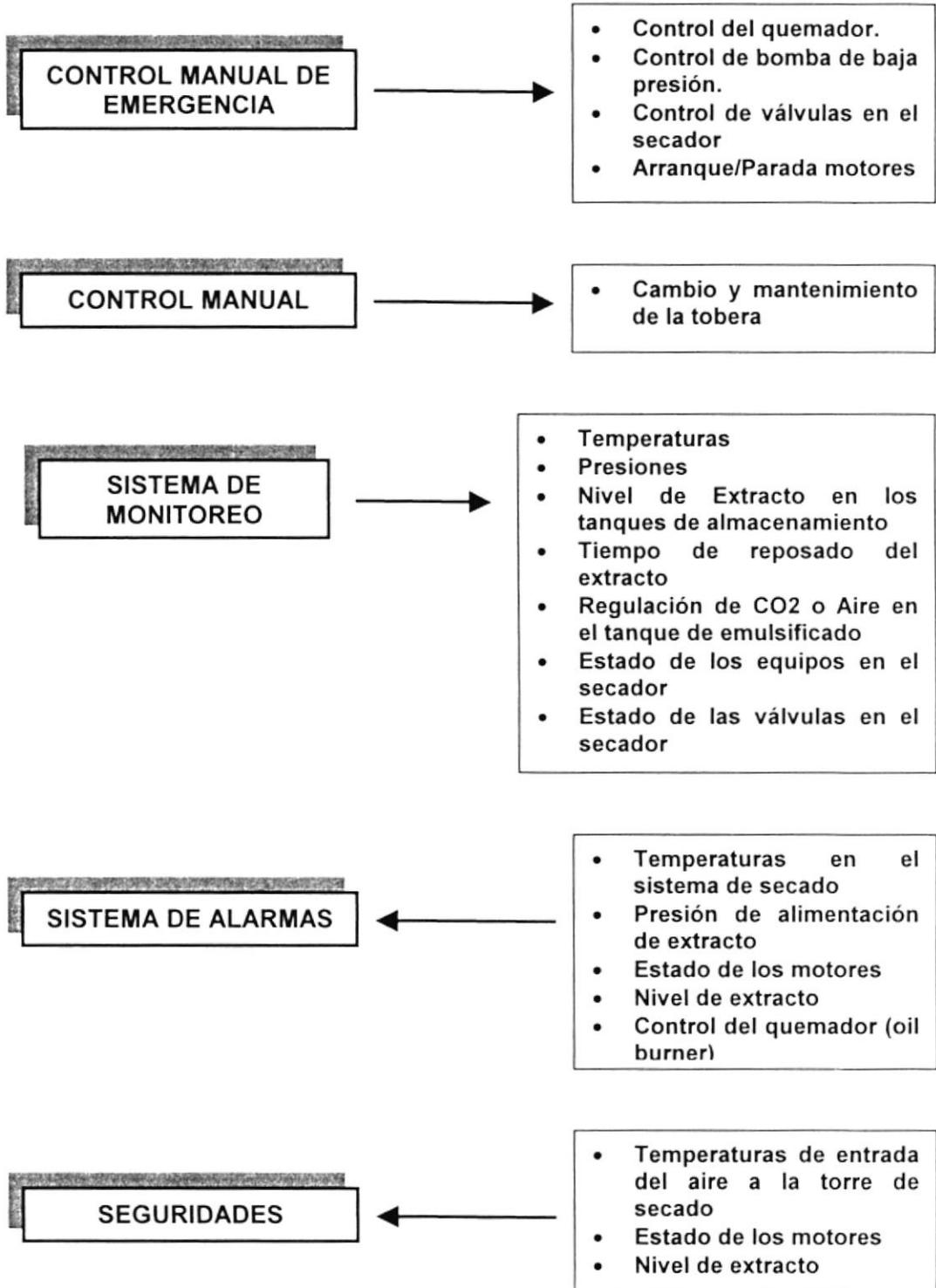


Figura 4.2. Automatización del Secador por Aspersión

AUTOMATIZACIÓN DEL SECADOR POR ASPERSIÓN



Continuación de la Figura 4.2.

4.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL PROCESO

CARACTERÍSTICAS DE LA ALIMENTACIÓN

Fuente de poder principal	220/440 V 3 ph 60Hz
Instrumentación	Endress + Hauser

CARGA ELÉCTRICA

EQUIPO	KW (funcionamiento)
Ventilador de alimentación	8
Ventilador aspirante	18
Bomba de alta presión	4.5
Bomba de baja presión	1.1
Válvulas rotativas	1.5
Ventilador Transportador de finos	2.2
Motor del vibrador(base de la cámara)	2.2

Tabla I. Carga Eléctrica de los Equipos del Secador por Aspersión

DIMENSIONES DE LA CÁMARA

Altura	aprox. 19m
Ancho	aprox. 7m
Largo	aprox. 8m

Tabla II. Dimensiones de la Cámara de Secado

4.4. SECUENCIA LÓGICA DEL PROCESO

4.4.1. OPERACIÓN BAJO CONDICIONES NORMALES

4.4.1.1. ARRANQUE GENERAL

En este punto se expone de manera general el arranque del secador basándose en el manual de Niro Atomizer, considerando todas sus etapas.

ARRANQUE DEL QUEMADOR DE ACEITE

La puesta en marcha del quemador de aceite y, la supervisión del correcto funcionamiento del equipo a lo largo del proceso será realizada por un controlador, denominado RAQ. El controlador realizará los siguientes pasos:

- Encender el ventilador de combustión. Durante todo el proceso el controlador verificará que funcione correctamente.
- Arrancar la bomba de alimentación de combustible al quemador. Verificar que la válvula de combustible se encuentre abierta. El interruptor de seguridad debe encontrarse en la posición ARRANCAR.
- Arrancar el quemador de aceite.
- Supervisar que la llama del quemador sea limpia y con un color amarillo brillante. Esta no debe producir ni humo ni hollín.

- Cuando la temperatura del aire que sale del quemador alcance los 270°C aproximadamente, se podrá dar inicio a la puesta en marcha de la torre de secado.
- El controlador enviará una señal al PLC como confirmación de que todos los pasos para el arranque se realizaron con éxito y que el equipo se encuentra funcionando correctamente.

ARRANQUE DE TORRE DE SECADO

- Controlar la limpieza de la tobera antes de arrancar el equipo. Luego del mantenimiento se deberá reinstalar en la torre. Para esto se colocará la válvula selectora de la parte superior de la cámara en posición BYPASS. (Boquilla de balde)
- Durante el arranque del quemador, la compuerta se encontrará en posición de chimenea, enviando el aire caliente al exterior.
- Para arrancar la torre de secado se cerrará la puerta superior de la cámara y la puerta inferior deberá estar abierta.
- Cuando el arranque del quemador se haya cumplido, se encenderá el ventilador de alimentación.
- Una vez que la temperatura del aire viajando a través del ducto de alimentación de aire a la torre de secado alcance los 232°C, cambiar la posición de compuerta de chimenea a torre.

- Encender el Ventilador Aspirante
- Arrancar las Válvulas Rotativas del sistema de recuperación de polvos finos.
- Encender el Ventilador del Transportador de Finos – Ciclones.
- Cerrar la puerta inferior de la torre.
- Abrir la salida de polvo en la base de la cámara y controlar que salga aire caliente para secarla.
- Una vez que la temperatura del aire de salida alcance aproximadamente 170°C, se cerrará la salida de polvo.
- Durante el arranque del proceso, el secador se alimentará inicialmente con agua.
- Abrir válvula de agua a la bomba de baja presión.
- Encender la bomba de baja presión y la de alta presión.
- Cambio de la válvula selectora en la parte superior de la cámara de posición BYPASS a posición de TORRE.
- Encender la Bomba de Circulación de Extracto.
- Encender el motor del batidor de extracto en el tanque de emulsificado ajustar la válvula reguladora en la línea de inyección de CO₂ o aire para obtener la presión deseada.

- Encender el motor del vibrador colocado en la base de la torre.
- Arrancar la secuencia de los martillos.
- Abrir las válvulas de salida de extracto del tanque de emulsificado a bomba de baja presión y cerrar la válvula que alimenta con agua a la bomba de baja presión.

4.4.1.2. PARADA GENERAL

Para detener el equipo, luego de que ha estado funcionando correctamente, se seguirán los siguientes pasos lo más rápido posible:

- Apagar la bomba de alta presión.
- Apagar la bomba de baja presión y su variador de velocidad.
- Cambiar la válvula selectora ubicada en la parte superior de la cámara a la posición de "BYPASS" y sacar la boquilla de la torre para dar mantenimiento. (Limpiarla)
- Apagar simultáneamente el ventilador de alimentación y el aspirante
- Apagar las válvulas rotativas en el sistema de recuperación de polvos finos. (Base de los ciclones)
- Apagar el ventilador transportador de polvos finos.

- Abrir la puerta inferior de la cámara.
- Encender momentáneamente por propósitos de limpieza, las válvulas rotativas, ventilador transportador de finos y el ventilador aspirante.
- Apagar la bomba de circulación.
- Apagar el motor del batidor en el tanque de emulsificado.
- Cerrar el paso de CO₂ o aire al emulsificador.
- Cerrar las válvulas de salida de extracto del tanque de emulsificado.
- Parar el vibrador de transporte.
- Apagar los martillos del cono de la torre de secado.

4.4.2. OPERACIÓN BAJO CONDICIONES DE FALLA

4.4.2.1. ARRANQUE DESPUÉS DE FALLA

Si se desea reiniciar el proceso de secado, luego de haberse presentado una falla en el sistema, deberá analizarse previamente durante cuanto tiempo estuvo parada la cámara.

Si la condición de falla es detectada y corregida rápidamente, antes de que las temperaturas de entrada y salida de la torre de secado disminuyan considerablemente, se podrá reiniciar el proceso de secado prendiendo en forma manual solo aquellos elementos que debido a la falla se hubiesen apagado.

En caso de que el tiempo de duración de la falla sea bastante largo, lo suficiente para que las temperaturas de la cámara lleguen a valores demasiado bajos, se deberán apagar en forma manual aquellos equipos que quedaron prendidos, para luego realizar un arranque normal del equipo, siguiendo la secuencia lógica presentada en el subcapítulo 4.4.1.1.

El orden que se deberá seguir para prender los equipos en forma manual, para el caso en que el tiempo de duración de la falla es pequeño, es el siguiente:

- Prender la bomba de circulación.
- Cambiar la posición de la compuerta del ducto de entrada de aire a la cámara de chimenea a torre.
- Encender el ventilador aspirante.
- Abrir las válvulas de salida de extracto del tanque de emulsificado.
- Arrancar la secuencia de martillos.
- Encender la bomba de baja presión y la bomba de alta presión.
- Prender el motor del batidor en el tanque de emulsificado.
- Regular la cantidad de CO₂
- Arranque del vibrador que envían café al tote.

ARRANQUE DEL EQUIPO DESPUÉS DE FALLA EN EL QUEMADOR

Al igual que en cualquier otra falla, en caso de tener algún problema con el quemador de aceite se deberá analizar por cuanto tiempo permanece apagada la torre. En caso de que la falla del quemador se arregle rápidamente se podrán prender en forma manual los equipos que por razones de seguridad se apagaron.

La secuencia de encendido para los equipos es la siguiente:

- Bomba de circulación.
- Ventilador aspirante. Cambiar la compuerta del ducto de entrada de aire a la cámara de posición de chimenea a torre.
- Bomba de baja presión y bomba de alta presión.

4.4.2.2. PARADA EN CASO DE FALLA

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Cerrar la válvula reguladora de CO₂ o Aire al tanque emulsificado.
- Apagar la bomba de circulación.
- Apagar el motor del batidor de extracto en el emulsificador.
- Apagar el vibrador de la banda transportadora.

- Apagar la bomba de alta presión y la bomba de baja presión.
- Colocar la compuerta del ducto de entrada de aire a la cámara de secado a posición de chimenea.
- Parar el ventilador aspirante.
- Cerrar las válvulas de salida de extracto de café del tanque de emulsificado.

Durante la parada del equipo, se mantendrán encendidos los siguientes equipos:

- El ventilador transportador de finos
- Las válvulas rotativas del sistema de recuperación de finos.
- Controlador del Quemador
- Ventilador de alimentación

PARADA DEL EQUIPO EN CASO DE FALLA DEL QUEMADOR

Si esto sucede, se realizarán los siguientes pasos:

- Apagar la bomba de baja presión y la bomba de alta presión
- Parar el ventilador de alimentación y el ventilador aspirante simultáneamente.

- Colocar la compuerta del ducto de entrada de aire a la cámara de secado en posición de chimenea.
- Apagar la bomba de circulación de extracto.
- Cerrar la válvula que regula la inyección de CO₂ o aire al tanque de emulsificado

En la parada del secador debido a una falla en el quemador de aceite se mantendrán prendidos los siguientes equipos:

- El ventilador transportador de finos
- Las válvulas rotativas del sistema de recuperación de finos
- Motor del batidor en el tanque de emulsificado.
- Las válvulas de salida de extracto del emulsificador permanecen abiertas
- El vibrador en la base de la torre de secado
- La secuencia de los martillos en el cono.

CAPÍTULO 5

INSTRUMENTACIÓN

5.1. GENERALIDADES

En un proceso industrial, las operaciones de medición de un sistema de control se realizan con la ayuda de sensores y transmisores.

En *el sensor* se produce un fenómeno mecánico, eléctrico o similar, que tiene relación directa con la variable del proceso que se mide; *el transmisor*, a su vez, convierte estos fenómenos en una señal que se puede transmitir y, por lo tanto, esta tiene relación con la variable del proceso.

Existen tres términos que se relacionan con la combinación sensor/transmisor; la *escala*, el *rango* y el *cero* del instrumento.

La *escala* del instrumento la definen los valores superior e inferior de la variable a medir del proceso. El *rango* del instrumento es la diferencia entre el valor superior y el inferior de la escala. El valor inferior de la escala se conoce como *cero* del instrumento.

SENSORES DE TEMPERATURA

La temperatura, junto con el flujo, es la variable que con mayor frecuencia se mide en las industrias de procesos; una razón muy simple es que casi todos

los fenómenos físicos están directamente relacionados con esta. La temperatura se utiliza frecuentemente para inferir otras variables del proceso.

Existe una gran variedad de sensores de temperatura tales como RTD's, termocuplas, termistores, entre otros. En la actualidad la mayoría de las industrias usan RTD's por su alta exactitud, o termocuplas debido a su familiaridad y costos más bajos.

La ventaja que tiene una termocupla una sobre una RTD es que el tiempo de respuesta es más rápido. Sin embargo, su corto tiempo de vida, hacen necesario controlarlas y sustituirlas periódicamente, mientras que el platino de las RTD's puede durar indefinidamente, si el ambiente no las deteriora.

SENSORES DE NIVEL

El nivel de líquido en un tanque es una medición muy común en los procesos industriales. La medición de nivel se puede realizar por varios dispositivos: flotadores, por capacitancia, por conductancia, ultrasónicos, entre otros.

Antes de seleccionar el método de medición de nivel, se recomienda considerar los siguientes factores:

- Naturaleza del fluido, si es corrosivo, si su gravedad o densidad específica varían, si la temperatura del líquido no es constante, etc.
- Naturaleza del recipiente que contiene al fluido. Su geometría, si es abierto o cerrado y las conexiones disponibles.
- Controlador. Si el transmisor con el que se está midiendo es compatible con el sistema.

SENSORES DE PRESIÓN

La presión de líquidos y gases en los procesos industriales es una de las magnitudes que con mayor frecuencia interesa medir. Son muchas las aplicaciones en las que se encuentran circuitos donde gases y líquidos son sometidos a una presión determinada. Desde determinar la cantidad de gas por unidad de volumen hasta cuantificar el caudal de un circuito conociendo la pérdida de carga, los sensores de presión ofrecen múltiples posibilidades.

Para escoger el sensor de presión más apropiado dentro de una aplicación específica se debe considerar:

- 1) Rango de presión necesario:
- 2) Referencia de presión necesaria:
 - a) Atmosférica
 - b) Sellada
 - c) Absoluta
 - d) Diferencial – el sensor mide la diferencia entre dos líneas de presión desconocidas.
- 3) Tipo de salida necesaria y tensión de alimentación:
 - a) Salidas 0-5V, 0-10V, 4-20mA, mV, Opción de seguridad intrínseca...
 - b) Alimentación unipolar o bipolar

SENSORES DE FLUJO

El flujómetro, también llamado medidor de caudal, es un dispositivo que permite medir la cantidad de fluido que circula por su interior. Hay varios tipos de flujómetros que varían de acuerdo a la sustancia, precisión, método y algoritmos de cálculo de flujo. Los flujómetros máxicos: que determinan la cantidad de fluido que ha pasado por el peso de líquido, los flujómetros de paleta: que utilizan un sistema de paletas en su interior para determinar la cantidad de fluido que pasa; y los magnéticos: que utilizan la característica magnética del fluido para determinar cuanto líquido ha pasado, entre otros.

VÁLVULAS Y ACTUADORES ELÉCTRICOS

La operación de un sistema de control de lazo cerrado depende directamente del funcionamiento de cada uno de sus componentes, ya sea una compuerta, bomba con velocidad variable o una válvula.

Una válvula de control regula la alimentación de material o energía al proceso ajustando la apertura a través de la cual fluye el material; esto es un orificio variable en una línea.

El flujo a través de una válvula es proporcional a:

- a. El área de apertura
- b. La raíz cuadrada de la caída de presión del fluido a través de la válvula.

Ambos factores varían, la apertura cambia con el porcentaje de viaje (posición) de la válvula y la caída de presión está relacionada con condiciones establecidas por el proceso.

Para seleccionar una válvula de control se debe considerar tres aspectos:

1. Factores ambientales, tales como corrosión, abrasión, temperatura y presión.
2. La curva posición vs. flujo de la válvula, además de las características del lazo de control y del proceso.
3. Tamaño.

Por lo general, se tiende a sobredimensionar las válvulas de control. Sin embargo, se ha comprobado que la válvula más pequeña por la cual pase el flujo requerido, proporciona control más óptimo y una máxima economía. Los actuadores deben proveer fuerza suficiente para posicionar la válvula y

contrarrestar cualquier oposición que las condiciones del fluido realicen sobre el pistón.

5.2. ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN NECESARIA

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

La temperatura del aire de entrada a la cámara se mantendrá constante. Se controlará la temperatura del aire de salida del secador variando la razón de alimentación de extracto de café a la torre de secado por medio de la bomba de baja presión. Esta opción se ha escogido debido a que el café es un producto sensible al calor.

SECADOR POR ASPERSIÓN

El sistema de control lo conformarán un Controlador Lógico Programable (PLC) y una Interfase Hombre-Máquina (HMI) en un monitor de PC. Proporcionar al operador la posibilidad de visualizar el proceso por medio de pantallas, minimizará los errores. Las pantallas presentarán gráficas y tendencias de las diferentes variables del proceso.

Las entradas y salidas del PLC, estarán basadas en lo siguiente:

ENTRADA DIGITAL	24 VDC
SALIDA DIGITAL	CONTACTO DE RELÉ
ENTRADA ANALÓGICA	4 – 20 mA
SALIDA ANALÓGICA	4 – 20 mA

Tabla III. Características de las entradas y salidas del PLC



Alcance del proyecto:

- ✓ Especificaciones funcionales y de producción para el secador por aspersión.
- ✓ Codificación y diseño del sistema de control del secador en el PLC.
- ✓ Control y monitoreo del nivel de extracto en los tanques de almacenamiento
- ✓ Control de temperatura del aire de secado a la salida de la cámara.
- ✓ Control de Humedad del producto final.

Indicadores digitales se proveerán para las siguientes variables:

1. Temperatura del aire de entrada a la cámara de secado
2. Temperatura del aire de salida del secador.

Se considerarán las siguientes alarmas:

1. Alta temperatura de aire ingresando a la cámara de secado.
2. Baja temperatura de aire saliendo de la cámara de secado.
3. Alta temperatura de aire saliendo de la cámara de secado.
4. Nivel bajo de extracto en los tanques de almacenamiento.
5. Nivel alto de extracto en los tanques de almacenamiento.
6. Baja presión en la línea de alimentación de extracto a la torre de secado.
7. Alta presión en la línea de alimentación de extracto a la torre de secado.
8. Falla en el quemador.

Para poder cumplir con los objetivos del proyecto se sugiere:

1. Cambio de sensores a analógicos:

Sensores de presión para:

- Presión de extracto en la línea de alimentación de extracto de café a la cámara de secado.
- Presión de CO₂ o aire en el emulsificador.
- Presión de la bomba de circulación de extracto de café.
- Presión CO₂ o aire en la línea de alimentación a la válvula reguladora.
- Presión de vacío en la cámara.
- Presión en la línea desde la bomba de baja presión a la bomba de alta presión.

Sensores de temperatura para:

- Temperatura del extracto de café en el precalentador.
- Temperatura del aire a la salida del quemador.

2. Instalación de sensores:

Nivel:

- Nivel de extracto de café en los tanques de almacenamiento

Presión:

- Presión diferencial en los ciclones

Flujo:

- Flujo en la línea de alimentación de extracto hacia la cámara de secado.
- Flujo en la línea de inyección de CO₂ o aire al extracto.

Pesaje:

- De producto terminado.

3. Válvulas y Actuadores:

- Actuadores, para controlar el llenado de los tanques de almacenamiento y la alimentación de extracto hacia la cámara de secado.
- Válvula reguladora de CO₂ o aire.
- Dos válvulas para alimentación de extracto desde el tanque emulsificador hacia la bomba de baja presión.
- Válvula de suministro de agua a la bomba de alta presión, en caso de cambiar producto o de lavar cámara.

5.2.1. SELECCIÓN DE SENSORES

Factores como exactitud, capacidad de repetición y estabilidad, tiempo de respuesta, tiempo de vida y costo, deberán tomarse en cuenta al momento de dimensionar la instrumentación para una aplicación específica. Es importante estandarizar la información dada por los sensores, en este caso todos tienen una entrada de alimentación de 24VDC y su salida es de 4–20 mA.

La instrumentación que se utilizará en este proyecto, es de la casa de Endress + Hauser. En el Anexo A se presenta una tabla explicativa de los sensores escogidos para este proyecto, y sus características técnicas.

CAPÍTULO 6

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DEL SECADOR POR ASPERSIÓN

6.1. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Considerando todas las señales que forman parte del secado por aspersión y su importancia en el control del proceso, se procede a clasificarlas por su naturaleza, en digitales o analógicas.

Dentro de la clasificación se presentan cada una de las señales y una breve descripción de su papel dentro del proceso. Utilizando esta información se procede a dimensionar al Controlador Lógico Programable a ser usado en la automatización.

6.1.1. SEÑALES DIGITALES ENTRADAS/SALIDAS

En la tabla IV se muestra la distribución de las señales digitales del proceso que serán controladas por el PLC, como parte de la automatización del secador por aspersión.

CONFIGURACIÓN DE SEÑALES DIGITALES		
ENTRADAS DIGITALES	DESCRIPCIÓN	TOTAL
Interruptor de posición de la puerta superior en la cámara de secado.	Permitirá conocer el estado de la puerta superior. Abierta o cerrada.	1
Interruptor de posición de la puerta inferior en la cámara de secado.	Permitirá conocer el estado de la puerta inferior. Abierta o cerrada.	1
Interruptor de posición de la compuerta de salida de polvo	Permitirá conocer el estado de la compuerta. Abierta o cerrada.	1
Micro-Switch de posición en la electro-válvulas de los tanques de almacenamiento	Micro-Switch que permitirá conocer la posición actual del pistón en las válvulas.	10
Micro-Switch de posición en la electro-válvulas a la salida del tanque de emulsificado	Micro-Switch que permitirá conocer la posición actual del pistón en las válvulas.	4
Micro-Switch de posición en la electro-válvula de la línea de alimentación de agua a la cámara de secado.	Micro-Switch que permitirá conocer la posición actual del pistón en la válvula.	2
Interruptor de nivel en el tanque de emulsificado	Señal que nos indicará el nivel óptimo de extracto de café en el tanque de emulsificado.	1
Estado del quemador	Señal que vendrá desde el controlador del quemador RAQ.	1
Botoneras de encendido y apagado para cada dispositivo que se encuentra en el tablero de control de spray	Dos señales por cada motor provenientes del tablero de control local de spray.	24
TOTAL DE ENTRADAS DIGITALES		45

Tabla IV. Configuración de señales digitales

SALIDA DIGITAL	DESCRIPCIÓN	TOTAL
Control del ventilador de alimentación.	Señal que activa/desactiva el ventilador de alimentación.	1
Control de la compuerta en el ducto de alimentación de aire caliente a la cámara.	Señal controlará la posición de la compuerta en el ducto de alimentación de aire caliente a la cámara.	1
Control del Ventilador Aspirante.	Señal que activa/desactiva el ventilador de aspirante.	1
Control de las Válvulas rotativas	Señal que controlará los motores de las válvulas rotativas.	1
Control del Ventilador Transportador de Finos	Señal que controlará el ventilador de finos.	1
Control de las electro-válvulas.	Controla el estado de las válvulas del proceso.	8
Control Bomba de baja presión	Señal que activa/desactiva bomba de baja presión.	1
Control Bomba de alta presión	Señal que activa/desactiva bomba de alta presión.	1
Control Bomba de Circulación.	Señal que activa/desactiva bomba de circulación de extracto.	1
Control del Variador	Señal que activa/desactiva el variador de velocidad de la bomba de baja presión	1
Control del batidor de extracto en el tanque de emulsificado	Señal que activa/desactiva el motor del batidor.	1
Control del motor de la zaranda en la base de la cámara	Señal que activa/desactiva el motor de la zaranda que transporta el café al tote.	1
Control de la Secuencia de los martillos.	Señal que podrá en funcionamiento la secuencia de operación de los martillos.	1
Control de Martillos	Señales de control para cada martillo	6
TOTAL DE SALIDAS DIGITALES		26

Continuación Tabla IV. Configuración de señales digitales

6.1.2. SEÑALES ANALÓGICAS ENTRADAS/SALIDAS

En la tabla V se muestra la distribución de las señales analógicas del proceso, a ser controladas por el PLC, como parte de la automatización del secador por aspersión.

Utilizando la información las tablas IV y V se procede a dimensionar el Controlador Lógico Programable. El número total de entradas/salidas digitales y analógicas necesarias en el proceso se presenta en la tabla VI

CONFIGURACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS	
ENTRADA ANALÓGICA	DESCRIPCIÓN
Presión de extracto de café a la cámara de secado	Sensor de presión colocado a la salida de la bomba de alta.
Presión de inyección de CO2 o Aire en el emulsificador	Sensor de presión colocado en el emulsificador.
Presión de la bomba de circulación de extracto de café	Sensor de presión ubicado a la salida de la bomba de circulación.
Presión de CO2 o Aire en la línea de alimentación a la válvula reguladora	Sensor de Presión colocado a la salida del tanque pulmón en la línea de gas.
Presión de vacío en la cámara	Sensor de presión ubicado en el cono de la cámara de secado
Presión diferencial en los ciclones	Sensor que se instalará en los ciclones.
Presión en la línea de alimentación de extracto desde la bomba de baja presión a la bomba de alta.	Sensor instalado en la línea entre la bomba de baja presión y la de alta.
Temperatura de aire a la entrada de la cámara.	Sensor instalado en la parte superior de la cámara, en la entrada del aire de secado.
Temperatura de aire a la salida cámara.	Sensor instalado en la salida del aire de secado de la cámara.
Temperatura de extracto de café en el precalentador de extracto.	Sensor instalado en la línea de alimentación de extracto a la salida del precalentador.
Temperatura del aire a la salida del quemador	Sensor instalado a la salida del quemador.
Nivel de extracto de café en los tanques de almacenamiento	Sensor que será instalado en los tanques del almacenamiento de extracto de café.
Flujo en la línea de inyección de CO2 o aire al extracto a la salida de la válvula reguladora.	Sensor que será instalado en la línea de inyección de CO2 al extracto, ubicado a la salida de la válvula reguladora.
Presión en la línea de inyección de CO2 o aire al tanque de emulsificado.	Sensor que será instalado en la línea de alimentación de CO2 o aire a la válvula reguladora para el pretratamiento del extracto de café.
TOTAL DE ENTRADAS ANALÓGICAS	15

Tabla V. Configuración de señales analógicas

SALIDA ANALÓGICA	DESCRIPCIÓN
Regulación de la válvula de inyección de CO2 al extracto de café.	Válvula que será comandada por un actuador controlado desde el PLC .
Control del variador de velocidad de la Bomba de Baja Presión.	Control sobre el variador que se realizará desde el PLC.
TOTAL DE SALIDA ANALÓGICAS	2

Continuación de Tabla V. Configuración de señales analógicas

DIMENSIONAMIENTO DEL PLC			
Tipo	Número	15%	Total
Entradas			
<i>Digitales</i>	45	7	52
<i>Analógicas</i>	15	2	17
Total			69
Salidas			
<i>Digitales</i>	26	4	30
<i>Analógicas</i>	2	1	3
Total			33
TOTAL ENTRADAS/SALIDAS			102

Tabla VI. Dimensionamiento del PLC

6.2. CONTROLADOR INVOLUCRADO EN EL SISTEMA

6.2.1. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE CONTROLADORES

En la mayoría de las industrias se manejan procesos con cientos de variables que deben mantenerse en valores determinados. Para controlarlas sería preferible realizarlo de manera automática, es decir, contar con sistemas de control capaces de manejar las variables críticas del proceso sin necesidad de la intervención del operador.

El control real equilibra el suministro de energía o material con la demanda del proceso. Un sistema de control básico realiza mediciones sobre la variable controlada, compara la medición actual con el valor deseado, y la diferencia entre ellos (error) gobierna la acción correctiva.

A continuación se definen algunos términos utilizados en el campo del control automático de procesos:

Variable controlada, es la variable que se debe mantener o controlar en un valor deseado. *Punto de control*, es el valor en el que se desea mantener a la variable controlada. La *variable manipulada* es la que se utiliza para mantener a la variable controlada en el punto de control. Todo aquello que ocasione que la variable de control se desvíe del valor deseado se conoce como *perturbación o trastorno*.

El intercambiador de calor mostrado en la figura 6.1. presenta los cuatro componentes básicos de todo sistema de control:

- Sensor (S), también conocido como elemento primario.
- Transmisor (T), o elemento secundario.
- Controlador (C), que es el “cerebro” del sistema de control.



- o Elemento final de control, válvulas, variadores de velocidad, bombas, motores eléctricos, etc.

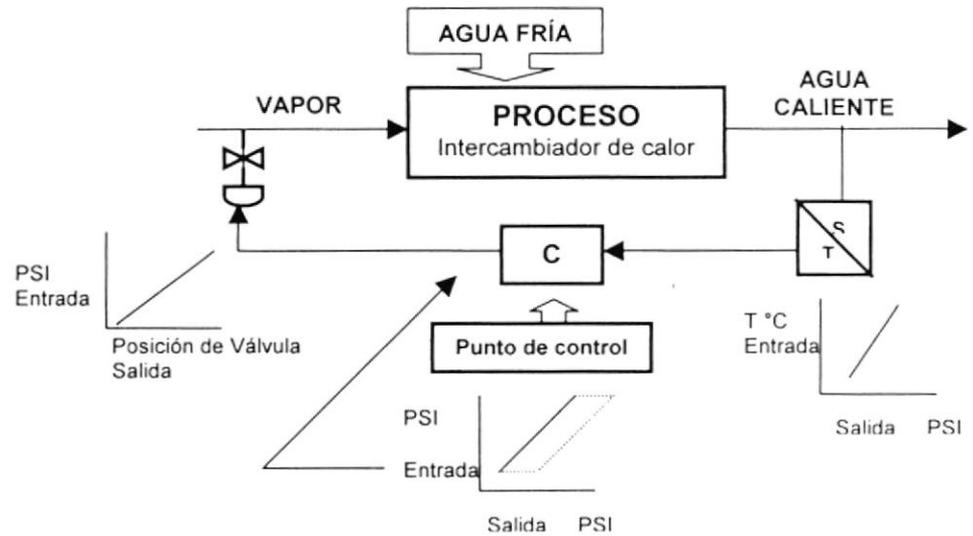


Figura 6.1. Componentes Básicos de un sistema de control

Estos componentes realizan las tres operaciones básicas y obligatorias para todo sistema de control:

Medición (M): la medición de la variable que se controla se realiza generalmente mediante la combinación de sensor-transmisor.

Decisión (D): Basándose en la medición, el controlador decide qué acción tomar para mantener la variable en el punto de control.

Acción (A): como el resultado de la decisión del controlador se efectúa una acción en el sistema, generalmente está a cargo del elemento final de control.

El circuito de control no detecta el tipo de perturbación que entra al proceso, únicamente trata de mantener la variable controlada en el punto de control compensando cualquier variación que en ella se produzca. La desventaja del control por retroalimentación radica en que funciona únicamente cuando la variable controlada se ha desviado del punto de control por la presencia de una perturbación.

CONTROLADOR PROPORCIONAL (P)

El controlador proporcional es el tipo más simple de controlador, la ecuación que describe su funcionamiento es la siguiente:

$$m(t) = \bar{m} + K_c(r(t) - c(t))$$

$$m(t) = \bar{m} + K_c \varepsilon(t)$$

donde:

$m(t)$ = salida del controlador, PSI o mA

$r(t)$ = punto de control, PSI o mA

$c(t)$ = variable controlada, PSI o mA

$e(t)$ = señal de error, PSI o mA; es la diferencia entre el punto de control y la variable controlada

K_c = ganancia del controlador

\bar{m} = valor base, PSI o mA. Este valor representa la salida del controlador cuando el error es cero. Generalmente se fija durante la calibración del controlador, en el punto medio de la escala.

La salida del controlador es proporcional al error entre el punto de control y la variable que se controla; la proporcionalidad está dada por la ganancia del controlador, K_c . Con la ganancia del controlador se determina el porcentaje de cambio a la salida del controlador con un cierto cambio en el error.

Los controladores proporcionales tienen la ventaja de que sólo cuentan con un parámetro de ajuste, K_c , sin embargo, operan con una “desviación” en la variable que se controla.

Los controladores no utilizan el término ganancia para designar la sensibilidad del controlador, sino que se utiliza el término de Banda Proporcional, PB. La relación de ganancia y la banda proporcional se expresa mediante

$$PB = \frac{100}{K_c}$$

y, en consecuencia, la ecuación con que se describe al controlador proporcional, se formulará de la siguiente manera:

$$m(t) = \bar{m} + \frac{100}{PB} \varepsilon(t)$$

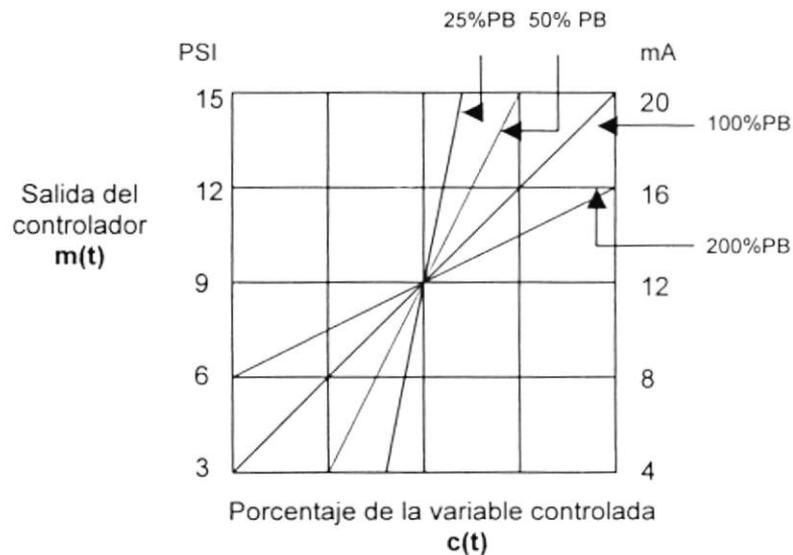


Figura 6.2. Sensibilidad para el control proporcional

CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL (PI)

La mayor parte de los procesos industriales no pueden trabajar con una desviación en la variable controlada. Para eliminar la desviación se añade inteligencia al controlador proporcional. Este tipo de control se denomina controlador proporcional-integral.

$$m(t) = \bar{m} + K_c \cdot \varepsilon(t) + \frac{K_c}{\tau_I} \int \varepsilon(t) dt$$

Donde τ_I = tiempo de integración. Con este parámetro se define cada cuanto tiempo el controlador realiza la operación de reajuste para la variable controlada. Sus unidades son minutos/repetición. La respuesta del controlador es más rápida mientras menor es el valor τ_I .

En un controlador PI, mientras el error este presente, el controlador se mantendrá integrándolo, por lo tanto cambiará su salida hasta que el error desaparezca.

CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO (PID)

A este controlador se añade una nueva acción, la derivativa. También se conoce como rapidez de derivación. Tiene como propósito anticipar hacia donde va el proceso, mediante la observación de la rapidez de cambio en el error. Su ecuación es la siguiente:

$$m(t) = \bar{m} + K_c \cdot \varepsilon(t) + \frac{K_c}{\tau_I} \int \varepsilon(t) dt + K_c \cdot \tau_D \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

Donde τ_D = rapidez de derivación en minutos.

Los controladores PID se utilizan en procesos donde las constantes de tiempo son largas y no existen muchas perturbaciones que amenacen la estabilidad del proceso. La ventaja del modo derivativo es que proporcional la capacidad de "ver hacia donde se dirige el proceso".

En resumen este tipo de controladores tiene tres parámetros de ajuste: la ganancia o banda proporcional, el tiempo de reajuste o rapidez de reajuste y la rapidez derivativa. La rapidez derivativa se da siempre en minutos.

6.2.1.1. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR CON RETROALIMENTACIÓN

En la fabricación de café instantáneo, el contenido de humedad en el producto final, es uno de los parámetros más importantes al momento de determinar la calidad del polvo de café.

Todo tipo de secador provee remoción de humedad por medio de la aplicación de calor al producto que ingresa a la cámara. El control de humedad en el producto final se obtiene regulando las temperaturas en el medio de secado.

La regulación de las temperaturas de entrada y salida del aire en la cámara permiten mantener el diferencial de temperatura en rangos que proporcionen las condiciones de secado necesarias para mantener la humedad en el producto final.

El controlador del quemador, RAQ, regula la temperatura del aire que ingresa a la cámara. Cualquier variación que se produzca en este parámetro será contrarrestada modificando la apertura de la válvula de paso de combustible en el quemador.

La regulación de la temperatura del aire de salida de la cámara se realiza por medio del control de la velocidad de la bomba de baja presión en el sistema de alimentación de extracto de café a la cámara de secado.

Considerando que la temperatura de entrada del aire es constante a lo largo del proceso, el control del diferencial de temperatura se realizará con la regulación de la temperatura de salida del aire utilizando un controlador proporcional-integral PI.

El lazo de control propuesto para el proyecto se presenta en la figura 6.3.:

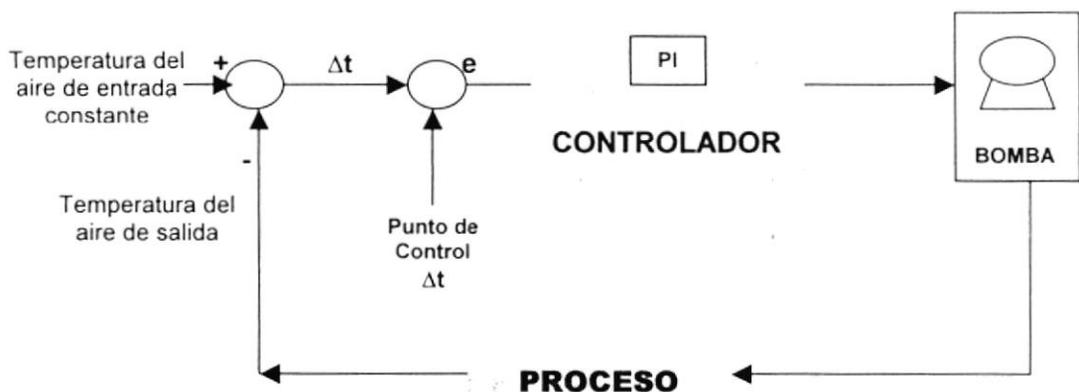


Figura 6.3. Lazo de control con retroalimentación

6.2.2. DISEÑO DEL CONTROLADOR DE HUMEDAD EN EL PRODUCTO FINAL

En el capítulo ³4 se presentan cada uno de los controladores propuestos como parte de la automatización del secador por aspersion. Considerando la importancia de la humedad en el producto final para determinar la calidad del polvo, se ha escogido en este proyecto de tesis la simulación del controlador de la temperatura del aire de salida de la cámara de secado.

Para el diseño, se determinó el comportamiento de las variables involucradas en el controlador. El siguiente análisis es el resultado de estudios de producción y de observaciones realizadas en la planta:

El diferencial de temperatura se define como:

$$\Delta t = T_{in} - T_{out}$$

donde:

Δt : diferencial de temperatura dentro de la cámara de secado

T_{in} : temperatura del aire de entrada a la cámara de secado

T_{out} : temperatura del aire de salida de la cámara de secado

Asumiendo que T_{in} permanece constante a lo largo del proceso, el comportamiento de Δt para variaciones en la temperatura del aire de salida, es el siguiente:

Si:

$$\Delta t = T_{in} (K) - T_{out} \uparrow$$

entonces:

$$\Delta t \downarrow$$

Decrementos en el diferencial de temperatura provocan que el porcentaje de humedad relativa en el producto final disminuya, obteniendo un polvo de café más seco en la base de la cámara de secado.

Si:

$$\Delta t \downarrow \Rightarrow \%H \downarrow$$

donde:

$\%H$: porcentaje de humedad relativa en el producto final.

Para decrementos en la temperatura del aire saliendo de la cámara el comportamiento de Δt es el siguiente:

Si:

$$\Delta t = T_{in} (K) - T_{out} \downarrow$$

entonces:

$$\Delta t \uparrow$$

Incrementos en el diferencial de temperatura provocan que el porcentaje de humedad relativa en el producto final aumente, obteniendo un polvo de café más húmedo.

Si:

$$\Delta t \uparrow \Rightarrow \%H \uparrow$$

Por lo tanto, entre el porcentaje de humedad en el producto final y el diferencial de temperatura existe una relación directamente proporcional.

La regulación de la temperatura del aire de salida de la cámara se realizará por medio del variador de velocidad que comanda la bomba de baja presión que envía extracto a la cámara:

Disminuciones en T_{out} serán contrarrestadas decrementando los rpm de la bomba de baja presión. Manteniendo la energía del aire de entrada constante, un menor flujo de extracto ingresando a la cámara provocará un exceso de calor en la transferencia de calor-masa de las gotas del producto lo que se verá reflejado en aumentos en la temperatura de salida.

Entonces, si:

$$T_{out} \downarrow \Rightarrow Hz \downarrow$$

donde:

Hz: Hertz del frecuenciómetro

Aumentos en T_{out} serán contrarrestados incrementando los rpm de la bomba de baja presión. Manteniendo la energía del aire de entrada

constante, un mayor flujo de extracto ingresando a la cámara provocará una insuficiencia de calor en la transferencia de calor-masa de las gotas del producto lo que se verá reflejado en decrementos en la temperatura de salida.

Entonces, si:

$$T_{out} \uparrow \Rightarrow H_z \uparrow$$



CAPÍTULO 7

CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

7.1. DESCRIPCIÓN DEL PLC

Un Controlador Lógico Programables (PLC) es un dispositivo que puede ser programado para cumplir determinadas tareas de control en sistemas automáticos en el ámbito industrial.

En la figura 7.1, se muestra un diagrama en bloque del PLC.

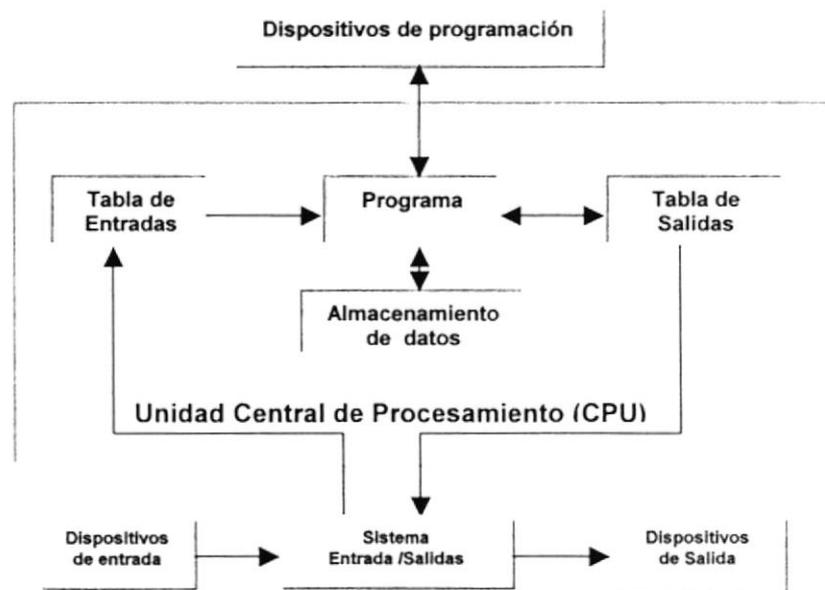


Figura 7.1. Diagrama de Bloques del PLC

El PLC permite utilizar softwares de programación para crear la lógica que controla un sistema. Las funciones de un PLC se repiten ordenadamente, para responder a cualquier cambio en las condiciones del sistema. El PLC ejecuta continuamente un ciclo automático, llamado TIEMPO DE BARRIDO. Durante cada ciclo de barrido, la Unidad de Procesamiento Central (CPU) del PLC realiza secuencialmente tres funciones básicas,:

1. Lectura de las entradas
2. Ejecución del programa.
3. Actualización de las salidas.

Las tres funciones mencionadas anteriormente se repiten en forma continua durante el control del proceso.

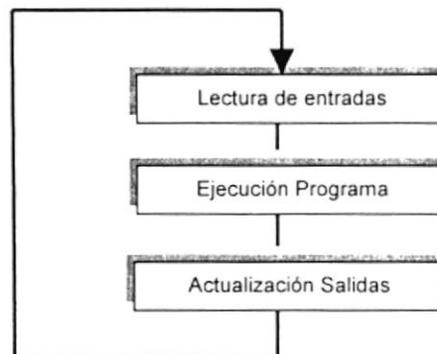


Figura 7.2. Funciones del PLC

ESTRUCTURA BÁSICA DEL PLC

ENTRADAS.- Son las entradas físicas del PLC. Estas pueden ser analógicas o digitales. Las señales de entradas son generalmente voltajes provenientes de sensores ubicados en la máquina o proceso a controlar.

Las entradas del PLC pueden ser de diferentes voltajes, ya sea de corriente alterna o de corriente continua. Estos voltajes pueden ser 24VDC, 110VAC, 220VC.

SALIDAS.- Son salidas físicas a las cuales se conecta el cableado que llevará la señal a los actuadores de la máquina o proceso a controlar. Cada salida corresponde a una variable dentro del programa en ejecución.

CPU.- Es la parte del PLC que coordina, utiliza y controla a las demás partes del sistema. Aquí se ejecuta el programa, realizando cada instrucción de acuerdo al orden en la programación.. Los principales componentes del CPU incluyen el microprocesador, software, y memoria.

SELECCIÓN DEL PLC.

En la actualidad existe una amplia gama de PLC's. Las nuevas tecnologías son rápidamente adoptadas por los fabricantes para mejorar las características de sus productos, lo que hacen difícil su elección. La elección del controlador depende del proceso que se va a automatizar, así como de la cantidad de entradas y salidas necesarias para suplir los sensores y actuadores del sistema.

Al momento de tomar la decisión de que tipo de PLC se debe comprar para poder implementar un proyecto de automatización en particular, se aconseja tener presente los siguientes puntos:

Primeramente, asegurarse que la compañía para la cual se está realizando la implementación, no utilice una determinada marca del PLC. Si esto es cierto, y usted no lo conoce, toda la investigación sería una pérdida de tiempo.

Asumiendo que la compañía no tiene una marca estándar en cuanto a PLC's se refiere, se recomienda considerar los siguientes aspectos:

SOPORTE

Se deberá buscar respuestas a las siguientes preguntas. ¿Qué tipo de soporte tienen disponible? ¿ Hay oficina de ventas o distribuidor local que lo puedan ayudar?

En todo momento deberá tener presente: ¿Quién prestará soporte técnico, cuando usted lo necesite?

SOFTWARE

Conocer con anticipación si la compañía que provee el PLC permite instalar el software de programación en más de una computadora. En muchas empresas la programación del controlador se realiza en una PC de escritorio, sin embargo cuando se deben resolver problemas en el equipo se utiliza una laptop.

Además, saber si el software de programación trabaja con el sistema operativo instalado en su computadora. Usted podría estar utilizando Windows XP , NT , 98, etc.

¿Con el software se puede programar cualquier tipo de PLC de esa marca o sólo un modelo en particular? Si desea adquirir más de un PLC sería aconsejable poderlo programar con un software ya conocido por usted.

ALIMENTACIÓN AC o DC

La decisión de elegir o no un PLC con una fuente de poder incorporada, dependerá de si la máquina a ser controlada por el mismo tiene ya una fuente que puede ser utilizada para alimentar al controlador. De no ser así , se considerará en la elección, un PLC con suministro de energía propio.

ESTILO

Los PLC's pueden ser : MODULARES, formados por un gabinete o carcasa que aloja una serie de módulos que deben ser insertados con el fin de ensamblar el equipo específico para determinada aplicación; o MICRO en donde todos sus elementos estén en una caja compacta.

Otra consideración que se deberá hacer es si su proyecto necesita entradas o salidas remotas? (Están todos sus sensores, interruptores, etc. localizados relativamente cerca de donde el PLC será instalado? Si no es así , considerar "i/o remotas").

FUNCIONABILIDAD

Para seleccionar el PLC, se deberá considerar de que manera se necesitará comunicarse con el controlador. Si se necesitará algún tipo de comunicación especial o si se cargará el programa al PLC desde una computadora personal . En otras palabras, de que forma se configurará el PLC como parte de la red.

Adicionalmente, que requerimientos especiales necesitará su controlador. Por ejemplo: reloj de tiempo real, bloques PID (controladores de temperatura), entradas/salidas analógicas (mediciones de un sensor de presión), matemática de punto flotante, etc.

TAMAÑO DEL PLC

Para determinar el tamaño del PLC que se utilizará en el proyecto, se deberá considerar todas las señales que serán enviadas y recibidas por el PLC (interruptores de posición, sensores, botoneras, etc.). Analizar que tipo de entrada es (NPN, PNP o AC/DC)

Luego, analizar todos aquellos dispositivos que van a recibir una señal desde el PLC. (luces pilotos, motores, solenoides etc.) y que tipo de salida del PLC necesitamos (transistores NPN/PNP, relés, triac)

Una vez que se hayan determinado el número de entradas y salidas necesarias para el proyecto, se aconseja dimensionar el PLC, añadiendo, como margen de seguridad un 15-20% del número total de entradas y salidas.

ENTRADAS / SALIDAS ESPECIALES

Considerar si su proyecto necesita entradas/salidas especiales, las más comunes son las entradas/salidas analógicas. En general las entradas analógicas llevan los datos medidos desde un sensor al PLC. Las salidas analógicas pueden ser usadas para control de motores.

DESCRIPCIÓN DE MICROPLC. GE FANUC AUTOMATION

La serie 90 Micro PLC's es miembro de GE Fanuc Series TM 90 Controladores Lógicos Programables (PLC's). Son fáciles de instalar y ofrecen ventajosas características en la programación.

La serie 90 Micro PLC, provee de:

- Un CPU, fuente de poder, entradas y salidas que se encuentran en un módulo, lo que permite una fácil y rápida configuración, instalación , actualización y mantenimiento.
- Compatibilidad con los demás equipos de la familia GE Fanuc Series TM 90.
- Provee un sistema de integración a través protocolos de comunicación estándar.
- La mayoría de modelos tienen un contador de alta velocidad.

El software de programación contiene rutinas para comunicarse con el programador. Estas rutinas permiten almacenar y descargar los programas de aplicación y de control del PLC.

En la figura se muestra la estructura básica de Micro PLC, un solo módulo que incluye un CPU, I/O, y fuente de alimentación.

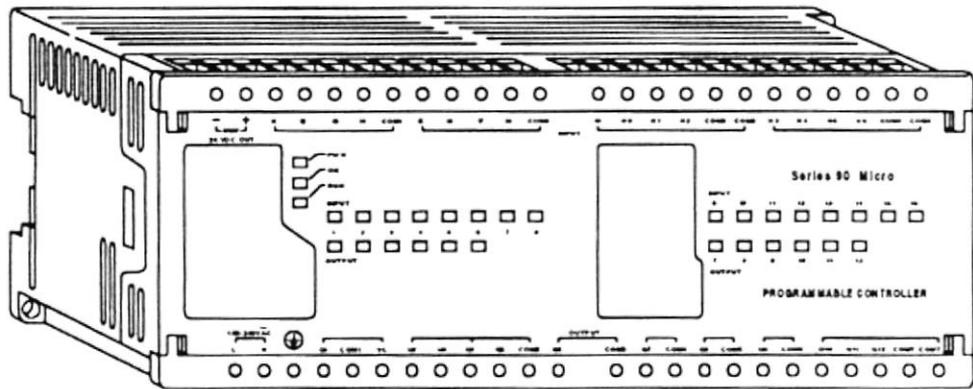


Figura 7.3. Serie 90 TM: Micro PLC

Las características técnicas del Micro PLC usado en la simulación del proyecto se presenta en el anexo B

SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN LM90

El software de programación, Logicmaster 90-30/20/ Micro, es parte de la familia de productos usados para configurar y programar las Series 90 TM Micro PLC

La programación consiste en la creación de un programa para una aplicación del controlador. Este software basa su lenguaje de programación en "diagramas en escalera"

Los diagramas en escalera han sido la base del control industrial por muchos años. Estos diagramas proveen una secuencia lógica que controla el funcionamiento de un proceso o máquina en particular.

Los elementos básicos para la programación en escalera son: contactos NA (normalmente abiertos), contactos NC (normalmente cerrados), y bobinas.

En un "diagrama en escalera", figura 7.4, las líneas verticales representan las barras de poder. El flujo de la corriente es de izquierda a derecha. El PLC resuelve la lógica del diagrama en escalera de arriba hacia abajo, un paso a la vez.



Figura 7.4. Diagrama en escalera

Otras funciones, como contadores, temporizadores, bloques para realizar operaciones matemáticas, control de procesos, entre otras, se podrán observar en el subcapítulo 7.3.

La configuración es el proceso de asignación de direcciones lógicas, entre otras características, para los módulos hardware del sistema. Se realiza antes de la programación, utilizando la configuración del software.

En la tabla VII se muestran los prefijos utilizados para la asignación de variables en la programación del proyecto:

Tipo	Descripción
%R	%R es usado para asignar referencias de registros en el sistema, el cual cargará los datos en el programa, tales como el resultados de operaciones.
%AI	%AI representa un registro para una entrada analógica. Este prefijo está seguido por registro de dirección usado como referencia. (Ej. %AI0015)
%AQ	%AQ representa un registro para una salida análoga. Este prefijo esta seguido por un registro de dirección usado como referencia (Ej. %AQ00056)
%I	El prefijo %I representa una referencia de entrada. %I está localizada en la tabla de estados de entradas, la cual carga el estado de todas las entradas recibidas desde los módulos de entradas durante la ultima actualización de datos.
%Q	El prefijo %Q representa una referencia de salidas. %Q está localizadas en la tabla de estados de salidas, la cual mantiene el estado de las referencia de las salidas de la ultima actualización de salidas de acuerdo al programa. Los valores de la tabla de estados de las salidas son enviados a los módulos de salida durante la actualización de las salidas.
%M	%M representa una referencia interna.

Tabla VII. Prefijos para la asignación de variables

7.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS SEÑALES A SER CONTROLADAS POR EL PLC

Conociendo las características del Micro PLC utilizado en este proyecto, se procede a la distribución de las señales a controlar, dando un direccionamiento físico y en la memoria del PLC. Tabla VIII



N°	Ubicación de la señal	Descripción del estado de la señal	Estado	Tipo de señal	Ubicación en PLC
1	Interruptor de posición de la puerta superior en la cámara de secado	Puerta superior de la cámara de secado abierta	1	ED	%I1
2	Interruptor de posición de la puerta inferior en la cámara de secado	Puerta inferior de la cámara de secado abierta	1	ED	%I2
3	Interruptor de posición en la compuerta de salida de polvo en la cámara de secado	Puerta de salida de polvo en la cámara de secado abierta	1	ED	%I3
4	Válvula de suministro de agua.	Válvula de suministro de agua a la cámara abierta (<i>micro-swicht</i>)	1	ED	%I4
5		Válvula de suministro de agua a la cámara cerrada (<i>micro-swicht</i>)	0	ED	
6	Válvula de salida de extracto de café desde el tanque emulsificador	Válvula superior de salida de extracto desde el tanque emulsificador abierta (<i>micro-swicht</i>)	1	ED	%I5
7		Válvula superior de salida de extracto desde el tanque emulsificador cerrada (<i>micro-swicht</i>)	0	ED	
8	Válvula de salida de extracto de café desde el tanque emulsificador	Válvula inferior de salida de extracto desde el tanque emulsificador abierta (<i>micro-swicht</i>)	1	ED	%I6
9		Válvula inferior de salida de extracto desde el tanque emulsificador cerrada (<i>micro-swicht</i>)	0	ED	
10	Sensor de nivel en el tanque de emulsificado	Tanque de emulsificado lleno	1	ED	%I7
11	Control de las válvulas en los tanques de almacenamiento de extracto de café	Válvula(1) de ingreso de extracto de café a los tanques se almacenamiento abierta	1	ED	%I8
12		Válvula(1) de ingreso de extracto de café a los tanques se almacenamiento cerrada	0	ED	
13		Válvula(2) de ingreso de extracto de café al tanque de almacenamiento #2 abierta	1	ED	%I9
14		Válvula(2) de ingreso de extracto de café al tanque de almacenamiento #2 cerrada	0	ED	
15		Válvula(3) de ingreso de extracto de café al tanque de almacenamiento #1 abierta	1	ED	%I10
16		Válvula(3) de ingreso de extracto de café al tanque de almacenamiento #1 cerrada	0	ED	
17		Válvula(4) de salida de extracto de café desde el tanque de almacenamiento #1 abierta	1	ED	%I11
18		Válvula(4) de salida de extracto de café desde el tanque de almacenamiento #1 cerrada	0	ED	

Tabla VIII. Distribución de señales en el PLC

N°	Ubicación de la señal	Descripción del estado de la señal	Estado	Tipo de señal	Ubicación en PLC
19	Control de las válvulas en los tanques de almacenamiento de extracto de café	Válvula(5) de salida de extracto de café desde el tanque de almacenamiento #2 abierta	1	ED	%I12
20		Válvula(5) de salida de extracto de café desde el tanque de almacenamiento #2 cerrada	0	ED	
21	Control de quemador	Raq confirma presencia de llama	1	ED	%I13
22	Ventilador de alimentación	Ventilador de alimentación activado	1	SD	%Q2
23	Alimentación de aire caliente a la cámara de secado.	Actuador activado, posición de la compuerta en el ducto de aire caliente a torre	1	SD	%Q3
24	Ventilador aspirante	Ventilador aspirante activado	1	SD	%Q4
25	Válvulas rotativas	3 Válvulas rotativas activado	1	SD	%Q5
26	Ventilador transportador de finos	Ventilador de finos activado	1	SD	%Q6
27	Válvula de suministro de agua	Válvula de suministro de agua activada	1	SD	%Q9
28	Variador de velocidad en la bomba de baja presión	Variador para la bomba de baja presión activado	1	SD	%Q7
29	Bomba de baja presión	Bomba de baja presión activada	1	SD	%Q6
30	Bomba de alta presión	Bomba de alta presión activada	1	SD	%Q10
31	Motor del batidor en el tanque de emulsificado	Batidor de extracto activado	1	SD	%Q8
32	Bomba de circulación de extracto de café	Bomba de circulación activada	1	SD	%Q9
33	Vibrador situado a la salida de la cámara de secado	Vibrado activado	1	SD	%Q10
34	Martillos	Secuencia de martillos ON 1SD/martillo	1	SD	%Q11
35			1	SD	%Q12
36			1	SD	%Q13
37			1	SD	%Q14
38			1	SD	%Q15
39			1	SD	%Q16
40	Tanque de almacenamiento de extracto de café	Válvula 1 ingreso de extracto de café a los tanques de almacenamiento activada	1	SD	%Q17
41		Válvula 2 de ingreso de extracto de café al tanque de almacenamiento #2 activada	1	SD	%Q18
42		Válvula 3 de ingreso de extracto de café al tanque de almacenamiento #1 activado	1	SD	%Q19
43	Tanque de almacenamiento de extracto de café	Válvula 4 de salida de extracto de café desde el tanque de almacenamiento #1 activada	1	SD	%Q20
44		Válvula 5 de salida de extracto de café al tanque de almacenamiento #2 activada	1	SD	%Q21

Continuación de Tabla VIII. Distribución de señales en el PLC

N°	Ubicación de la señal	Descripción del estado de la señal	Estado	Tipo de señal	Ubicación en PLC
45	Sensor de temperatura colocado en el conducto a la entrada de la cámara	Temperatura del aire a la entrada de la cámara de secado.	4-20 mA	EA	%AI1
46	Sensor de temperatura colocado a la salida del quemador.	Temperatura del aire a la salida del quemador.	4-20 mA	EA	%AI2
47	Sensor de temperatura colocado a la salida de la cámara de secado	Temperatura del aire a la salida de la cámara de secado.	4-20 mA	EA	%AI3
48	Sensor de presión colocado en la línea de alimentación de extracto de café a la cámara de secado	Presión de extracto de café a la entrada de la cámara de secado.	4-20 mA	EA	%AI4
49	Sensor de nivel colocado en el tanque #1 de almacenamiento de extracto de café	Nivel de extracto de café en el tanque de almacenamiento #1	4-20 mA	EA	%AI5
50	Sensor de nivel colocado en el tanque #2 de almacenamiento de extracto de café	Nivel de extracto de café en el tanque de almacenamiento #2	4-20 mA	EA	%AI6
51	Sensor de presión colocado en el tanque de emulsificado.	Presión de CO2 o aire en el tanque de emulsificado	4-20 mA	EA	%AI7
52	Sensor de presión en la línea de extracto entre la bomba de baja y la de alta.	Presión de extracto en la línea de alimentación entre la bomba de baja y la de alta.	4-20 mA	EA	%AI8
53	Sensor de presión en la línea de suministro de CO2 y aire	Presión de CO2 en la línea de suministro de CO2 o aire	4-20 mA	EA	%AI9
54	Sensor de temperatura colocado en el sistema de precalentamiento de extracto.	Temperatura del extracto de café a la salida del sistema de precalentamiento de extracto hacia el tanque de emulsificado.	4-20 mA	EA	%AI10
55	Bomba de baja presión	Control del variador de velocidad para la bomba de baja presión.	0-10 V	SA	%AQ2

Continuación de Tabla VIII. Distribución de señales en el PLC

7.1.2. CONDICIONES EN LA PROGRAMACIÓN

En la simulación del secador por aspersion, como parte de la programación del sistema de control para el equipo, se realizaron las siguientes consideraciones:

La operación del secador se puede realizar con tres tipos de control: automático, manual remoto o manual local. Para poder acceder a los tipos el control con los que se puede iniciar el proceso se ha considerado la validación del usuario mediante el ingreso de clave.

Para el control del secador en automático, el arranque y parada del equipo se comandan desde botoneras que se encuentran en las pantallas de visualización con las que cuenta la interfase HMI. Una vez que el operador ordene el arranque del equipo presionando la botonera correspondiente, el programa en el PLC realizará la secuencia de encendido de cada uno de los equipos de forma automática. Lo mismo ocurre en la parada del secador. La programación fue realizada basándose en las secuencias lógicas del proceso presentadas en el capítulo 4.

Con el control manual-remoto, se da la posibilidad de encender o apagar cada uno de los equipos del secador individualmente desde su PC, por medio de paneles de control. El supervisor del proceso tiene la habilidad de decidir en que momento activar o desactivar un equipo, el programa obedecerá a esta orden únicamente si se han cumplido previamente las condiciones establecidas.

Si se decide manejar el proceso desde campo, control manual-local, el operador será el único responsable de la operación del equipo. Para este tipo de control no se consideran ningún tipo de condiciones en la programación.

El llenado de los tanques de almacenamiento será comandado por los sensores de nivel colocados en cada uno de ellos. De acuerdo a los niveles de extracto, se controlará el cierre y apertura de las válvulas en el sistema de almacenamiento de extracto.

El extracto de café que va a ser procesado en la torre de secado, debe reposar en ellos por lo menos dos horas. Las válvulas de salida de los tanques de almacenamiento se activan únicamente cuando el tiempo de reposo se haya cumplido. En la programación la utilización de los tanques durante la producción de café instantáneo se realiza en forma alternada para asegurar la continuidad del proceso.

Para poder dar inicio al arranque del equipo, el quemador de aire debe estar encendido, la compuerta en el ducto de entrada de aire a la cámara de secado debe estar en posición de chimenea y las válvulas de salida de extracto del tanque de emulsificado cerradas.

Para encender el ventilador de alimentación el quemador de aire debe estar prendido. Cuando la temperatura del aire en el ducto de alimentación a la torre alcance los 232 °C la compuerta en el ducto de alimentación pasará a posición de torre enviando el aire de secado al interior de la cámara.

El ventilador aspirante en la torre de secado se podrá encender únicamente si el ventilador de alimentación está activado o si la puerta inferior de la cámara se encuentra abierta.

El funcionamiento de la bomba de circulación de extracto es comandado por un interruptor de nivel colocado en el tanque de emulsificado y con cualquiera de las válvulas de salida de los tanques de almacenamiento estén abiertas. El motor del batidor de extracto en el tanque de emulsificado se activará cuando el nivel del tanque sea alto.

La bomba de baja presión en la línea de alimentación de producto se podrá encender cuando se encuentren abiertas cualquiera de las válvulas de salida de extracto a la salida del emulsificador o la válvula en la línea de alimentación de agua a la cámara.

Asimismo, las válvulas que permiten el paso de extracto hacia las distintas bombas que forman parte del secador se podrán cerrar únicamente cuando la bomba a la cual estén alimentando se encuentre apagada. Esta consideración evita daños en las bombas por falta de fluido.

En caso de falla del quemador se apagarán los siguientes equipos: la bomba de baja presión en la línea de alimentación de extracto a la cámara, el ventilador aspirante y el ventilador de alimentación.

7.2. INTERFASE OPERADOR- MÁQUINA

La Interfase Operador Máquina HMI, es uno de los módulos o bloques software de un sistema SCADA (Adquisición de Datos y supervisión de Control). Es una aplicación software de control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador.

La función de una HMI (Interfaz Hombre-Máquina) es proporcionar al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se presenta mediante sinópticos gráficos, brindando información a operadores, supervisores de control de calidad, mantenimiento, etc.

Gracias al desarrollo de las HMI's los sistemas de interfaz entre usuario y planta basados en paneles de control repletos de indicadores luminosos, instrumentos de medida y pulsadores, están siendo sustituidos por sistemas digitales que implementan el panel sobre la pantalla de un ordenador.

La Interfaz gráfica del operador debe ofrecer las siguientes prestaciones:

Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de eventos.

Generación de históricos de señal de planta, que permiten el monitoreo de una variable a lo largo del proceso.

Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómeta, bajo ciertas condiciones.

Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador, y no sobre la del autómeta, menos especializado, etc.

En la actualidad existen varios tipos de programas de visualización, que dadas sus características los hacen pioneros en sus áreas.

Visualización

7.2.1. INTOUCH COMO HERRAMIENTA EN EL MONITOREO DEL PROCESO

El componente de visualización de FactorySuite, InTouch 7.0, la principal interfaz hombre-máquina en el mundo, es un generador de aplicaciones HMI gráfico, orientado a objetos, basado en Windows, para la automatización industrial, el control de proceso y el monitoreo supervisorio. Es una aplicación de software para hacer supervisión y adquisición de datos de control (SCADA). Permite tener una visualización integrada en tiempo real de todos los recursos de control e información en un ambiente de fábrica y desarrollar arquitecturas altamente abiertas e integradas a través de interfases orientadas a objetos, sus animaciones e históricos de tendencias.

InTouch permite a los ingenieros, supervisores, administradores y operadores visualizar e interactuar con el desarrollo de toda una operación a través de representaciones gráficas de sus procesos de producción. En una sola pantalla el operador puede ver los interruptores, calibradores y medidores que indican la condición del proceso de producción. A nivel industrial cubre la necesidad de visualizar los datos almacenados en equipos de control industrial por vía digital (PLC, Buses de Campo, etc). Brinda la posibilidad de configurar alarmas, control de eventos, intercambio de datos, entre otros. Ofrece una conectividad estándar abierta a la selección de dispositivos de entrada/salida muy amplia en el área de producción de la planta lo que permite conectarse en interfaz con más equipos que otras HMI disponibles en la actualidad.

InTouch trabaja en dos ambientes, uno de ellos es el de DESARROLLO en el cual se crean las aplicaciones, se programa las animaciones y se construyen accesos; y el otro que es el de EJECUCIÓN en el cual solamente se ejecuta la aplicación desarrollada.

Asistentes "Wizards" : InTouch incluye una biblioteca completa de asistentes complejos preconfigurados como botoneras, deslizadores, luces, motores, instrumentos, etc. ;que los usuarios pueden modificar y duplicar libremente, lo que permite la realización de las pantallas.

Enlaces de Animación : Los enlaces de animación se combinan para ofrecer tamaños, colores, movimientos y/o cambios de posición. Incluyen entradas de contacto discretas, analógicas; pulsadores discretos y de acción: pulsadores para mostrar y ocultar ventanas; enlaces de color de línea, relleno y texto para valores y alarmas discretos y analógicos , etc.

Scripts : InTouch, dentro de sus herramientas provee una aplicación especial en la que utilizando lenguaje de programación de pascal se pueden crear scripts.

Tendencias Históricas Distribuidas : Este sistema permite especificar de forma dinámica diferentes fuentes de datos de archivos históricos para cada una de las variables involucradas en el proceso. InTouch permite a los usuarios disponer de una cantidad sin precedentes de datos históricos en un instante dado.

Alarmas Distribuidas: Esta función permite varios servidores o suministradores de alarmas, lo que da al usuario la posibilidad de ver información de alarmas desde varias ubicaciones remotas al mismo tiempo.

Gráficos Orientados a Objetos: Aplicaciones fáciles de configurar permiten desarrollos más rápidos. Los objetos pueden moverse, redimensionar y animarse de forma más rápida y sencilla. Esta potente herramienta facilita dibujar, organizar, alinear, rotar, invertir, duplicar, cortar, pegar, borrar, entre muchas más.

Descripción del programa **7.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Las pantallas de visualización en InTouch, fueron diseñadas bajo las siguientes consideraciones:

- ✓ Los colores usados para representar símbolos, formas, valores, etc, son consistentes en todas las pantallas de la aplicación, incluyendo el uso de intermitencia, etc.
- ✓ Las formas de los equipos han sido diseñadas para reflejar fielmente la forma física del equipo, considerando las dimensiones relativas de



las diferentes partes del equipo, dentro de las restricciones de una pantalla clara y no confusa.

- ✓ Un estilo y resolución estándares son usados para desplegar valores numéricos y el formatos de unidades ingeniería son consistentes en el proyecto.
- ✓ El orden en el cual aparecen las pantallas es congruente, combinando la frecuencia y flujo del proceso.
- ✓ Los colores usados para rellenar tuberías y recipientes son consistentes en todas las pantallas y sirven para diferenciar los materiales.
- ✓ La secuencias de arranque y parada del proceso se presentan de manera simplificada, usando el cambio de atributos en los dispositivos para indicar el estado de secuencia.
 - *Cuando un elemento de proceso se halla actualmente activa, se presenta con color verde.*
 - *Cuando un elemento del proceso está apagado o no disponible, se presenta con color rojo.*
- ✓ La hora y fecha actuales son presentados en cada pantalla, con el mismo formato y en la misma posición.

ALARMAS

- ✓ Todas las alarmas del proceso son anunciadas por medio de la interfase de usuario y las tres más recientes alarmas aparecen en cada pantalla, en la misma posición y con un mismo formato.
- ✓ Las alarmas son tratadas de manera similar, en términos de anunciación, aceptación permitiendo que la operación normal del equipo continúe luego de su aparición.
- ✓ En el sistema de alarmas se ha especificado una secuencia de apagado de emergencia, para condiciones críticas durante la operación del secador , con la finalidad de proteger al equipo.
- ✓ Las alarmas críticas, son anunciadas por medio de un claxon . El silenciamiento del claxon es provocado por el reconocimiento de la alarma.
- ✓ Se proporcionan medios para detener y reemprender el proceso, mientras se toma acción pertinente.
- ✓ Se proporciona un histórico de alarmas, con orden cronológico de aparición. La última alarma suscitada en el proceso aparecerá siempre al final de la página.

Se ha considerado dentro de la programación los siguientes eventos como fallas:

- Falla de apertura de válvula y falla de cierre de válvulas.
- Alto absoluto de variable analógicas
- Bajo absoluto de variable analógicas
- Falla del quemador.

Estas señales se considerarán como alarmas únicamente cuando el cambio de estado en una variable durante el proceso, sea mayor al tiempo normal de transición de estado.

EVENTOS Y REGISTRO DE TENDENCIA

Eventos tales como las acciones del operador, reconocimiento y configuración de alarmas, estados de los motores , arranques y paradas , estado automático o manual del proceso, son registrados en una página de Eventos con un formato similar al de la pantalla de alarmas.

El sistema de control ofrece un registro de tendencias, tanto en tiempo real como históricas, para variables analógicas y señales discretas. Las bases de tiempo pueden ser seleccionadas por el usuario.

7.2.3. PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN

Todas las pantallas que conforman la aplicación en InTouch del Secador por Aspersión, poseen en la parte inferior un submenú con íconos que permiten al operador viajar a través del proceso seleccionando la pantalla a la cual desea trasladarse.

En la parte inferior derecha de las pantallas podemos visualizar fecha y hora actuales. En la parte superior se presentan las tres últimas alarmas que han ocurrido durante el proceso, con un formato similar al de la pantalla histórica de alarmas.

Con el fin de presentar de manera comprensible la integración de cada dispositivo en el proceso, se ha colocado el nombre del equipo a un lado de su representación gráfica en las pantallas.

DESCRIPCIÓN DE CADA UNA DE LAS PANTALLAS

Control de Proceso: Es un conjunto de dos pantallas. La activación de la primera nos permite la validación del usuario de la interfaz mediante el ingreso de su nombre y clave de acceso. El ingreso correcto de los datos mencionados anteriormente permite la aparición de la segunda pantalla. El operador podrá elegir una de las siguientes opciones para el control del proceso:

- Automático
- Manual Remoto
- Manual Local.

Cámara de Secado: Pantalla principal, donde se encuentran la cámara de secado, el ventilador de alimentación, ventilador aspirante, ventilador transportador de finos, válvulas rotativas, quemador, bomba de baja, bomba de alta, entre otros. Además permite la visualización de señales analógicas como la temperatura del aire a la salida del quemador, temperatura del aire de entrada a la cámara, temperatura del aire a la salida de la cámara, presión de extracto en la línea de alimentación, la frecuencia a la cual trabaja el frecuenciómetro de la bomba de baja presión, por medio de displays.

Tanque de emulsificado: En esta pantalla se muestra el equipo que forma parte del sistema de pretratamiento del extracto antes de ingresar a la cámara de secado. En ella se encuentran el tanque de emulsificado, batidor de extracto, bomba de circulación, la válvula de ingreso de CO₂, sistema de precalentamiento de extracto.

Tanque de almacenamiento: Permite la visualización del nivel de extracto y el estado de la válvulas en los dos tanques que forman parte del sistema de almacenamiento de extracto de café, se muestra además por medio de displays el tiempo de reposado del extracto en los tanques.

Inyección de CO₂: En esta pantalla se muestra el sistema de alimentación de CO₂ o aire. Se pueden apreciar las presiones del gas que está en la línea de alimentación.

Alarmas: Esta pantalla muestra todas las alarmas ocurridas a lo largo del proceso. Con un formato consistente, brinda al usuario información detallada de la falla ocurrida, lo que facilita su ubicación y corrección. La aparición de una nueva alarma se registrará al final de la página. Con un botón se podrá reconocer la presencia de nuevas alarmas.

Eventos: Esta pantalla tiene un formato similar al de la pantalla de alarmas, permite conocer todos los eventos ocurridos a lo largo del proceso y fuera de él.

Tendencias: Permite acceder a las tendencias en tiempo real e históricas de variables analógicas y discretas. Estas se subdividen en tres grupos:

- Sistema de alimentación de aire a la cámara, registra la temperatura del aire a la salida del quemador, temperatura del aire de entrada a la cámara, estados del ventilador de alimentación y del damper.
- Sistema de alimentación de extracto a la cámara, que registra la temperatura del aire a la salida del secador, presión del extracto de café en la línea de alimentación de producto a la cámara, el estado de la bomba de baja presión.
- Sistema de alimentación extracto, registra el nivel de los dos tanques de almacenamiento y el estado de la bomba de circulación.



En el Anexo C se presentan cada una de las pantallas descritas anteriormente durante la simulación del proyecto.

7.2.4. SIMULACIÓN DEL PROCESO

Utilizando las herramientas proporcionadas por el Laboratorio de Automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación se procedió a la elaboración del proyecto de simulación para el funcionamiento del Secador por Aspersión tomando como bases el estudio para la automatización del proceso.

A continuación se muestra el paquete de funciones programadas en lenguaje PASCAL, proporcionados por el software InTouch, para la simulación del monitoreo de cada una de las variables presentes en el proceso.

La presentación del programa realizado para el control de los equipos del secador por aspersión, en el software de programación GE LM90 se encuentra en el Anexo D.

APLICACIÓN SCRIPT PARA LA SIMULACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

```
M12 =1;  
IF I13==1 THEN  
m71=1;  
ENDIF;
```

```
IF I13==0 THEN  
m71=0;  
ENDIF;
```

***** TANQUE #1 *****

SENSOR DE NIVEL TANQUE#1. Nivel Bien Bajo

IF NLT1>=0 AND NLT1<= 250 THEN

M1=1;

ENDIF;

IF NLT1>=250 THEN

M1=0;

ENDIF;

SENSOR DE NIVEL TANQUE#1. Nivel Bajo

IF M62==1 AND NLT1>=500.05 AND NLT1<=520.15 THEN

M265=1;

ENDIF;

IF M62==0 THEN

M265=0;

ENDIF;

SENSOR DE NIVEL TANQUE#1. Nivel alto

IF NLT1 >= 2400 THEN

M3=1;

ENDIF;

IF NLT1 <= 2400 THEN

M3 = 0;

ENDIF;

Tanque #1 Lleno

IF NLT1 >= 2400 THEN

 m68=1;

ENDIF;

IF m6==1 AND NLT1 <= 2400 THEN

NLT1= NLT1 + 90.33;

ENDIF;

TAN1= (NLT1*100) / 2500;

***** TANQUE #2*****

SENSOR DE NIVEL EN TANQUE#2, Nivel Bien Bajo

IF NLT2 >=250 THEN

M26=0;

ENDIF;

IF NLT2 >=0 AND NLT2 <=250 THEN

M26=1;

ENDIF;

SENSOR DE NIVEL EN TANQUE#2. Nivel Bajo

IF M42==1 AND NLT2 >=500 AND NLT2 <=520 THEN

M264=1;

ENDIF;

IF M42==0 THEN

M264=0;

ENDIF;

```
IF m32==1 AND NLT2<= 2400 THEN
NLT2= NLT2 + 90.33;
ENDIF;
```

SENSOR DE NIVEL EN TANQUE#2, Nivel alto

```
IF NLT2 >= 2400 THEN
M27=1;
ENDIF;
```

```
IF NLT2 <= 2400 THEN
M27 = 0;
ENDIF;
```

Tanque#2 Lleno

```
IF NLT2>=2300 THEN
M69=1;
ENDIF;
```

```
TAN2= (NLT2*100) / 2500;
```

DECREMENTO EN LOS TANQUES

Decremento en el tanque 1

```
F M62==1 AND T1 <=100 THEN
NLT1= NLT1 - 20.13 ;
T1=T1+1;
ENDIF;
```

```
IF I7==1 THEN
T1=0;
ENDIF;
```

Decremento en el tanque 2

```
IF M42==1 AND T2 <= 100 THEN
NLT2= NLT2 - 20.13 ;
T2=T2+1;
ENDIF;
```

```
IF I7==1 THEN
T2=0;
ENDIF;
```

*****VARIABLES ANALÓGICAS*****
TEMPERATURA DE ENTRADA A LA SALIDA DEL QUEMADOR

```
IF Q2==1 AND R1 <= 5.54 THEN
R1= R1+ 0.08;
temp1= Exp( R1) +10;
ENDIF;
```

```
IF Q2==0 AND R1 >= 3.20 THEN
R1= R1 - 0.025;
temp1= Exp( R1) - 2.8;
ENDIF;
```

TEMPERATURA DE ENTRADA A LA ENTRADA A LA CÁMARA

IF Q2==1 AND R2 <= 5.41 THEN

 R2= R2 + 0.08;

 temp2= Exp(R2) +6;

ENDIF;

IF Q2==0 AND R2 >= 3.15 THEN

 R2= R2 - 0.025;

 temp2= Exp(R2) - 2.8;

ENDIF;

IF Q2==1 AND temp2 >= 230 THEN

 M72 =1 ;

ENDIF;

IF(Q2==1 AND temp2 <= 230) OR (Q2==0 AND temp2 <= 230) THEN

 M72 =0 ;

ENDIF;

TEMPERATURA DE SALIDA DE LA CÁMARA

IF Q3==0 THEN

 p1=0;

 t4=0;

 t9=0;

 T11=0;

 T15=0;

 T17=0;

ENDIF;

```
IF Q2==1 AND Q3==1 AND EXTRACTO==0 AND R4 <= 5.15 AND  
t9==0 AND M220==0 THEN  
    R4= R4 + 0.04;  
    Tout = Exp( R4 ) +1.5;  
ENDIF;
```

```
IF Q2==1 AND Q3==1 AND Q4==1 AND EXTRACTO==0 AND R4 <=  
5.15 AND M220==0 THEN  
    R4= R4 + 0.06;  
    Tout = Exp( R4 ) +2.3;  
ENDIF;
```

```
IF Q3==1 AND Q4==1 THEN  
    t9=1;  
ENDIF;
```

{ EXTRACTO ingreso de agua}

```
IF (Q3==1 AND EXTRACTO==1 AND M84==1 AND R4 >= 2.35 AND t4  
<= 12 AND EXT==0) OR (Q3==1 AND Q4==0 AND Q7==0 AND I13==0  
AND R4 >=2.35 ) THEN  
    R4= R4 - 0.02;  
    Tout = Exp( R4 ) - 0.8;  
    t4= t4+1;  
ENDIF;
```

```
IF Q3==0 AND EXTRACTO==0 AND R4 >=3.15 THEN  
    R4= R4 - 0.08;  
    Tout = Exp( R4 ) - 2.45;  
ENDIF;
```

```
IF Q3==1 AND Tout >= 150 THEN
    M79=1;
ENDIF;
```

```
IF Q3==1 AND Tout <= 150 THEN
    M79=0;
ENDIF;
```

```
IF Q3==1 AND Tout >= 150 THEN
    M77=1;
ENDIF;
```

```
IF Q3==1 AND Tout <= 100 THEN
    M77=0;
ENDIF;
```

{EXT , ingreso café}

```
IF M98 == 0 AND I5==0 THEN
    EXT=0;
ENDIF;
```

```
IF M98==1 AND I5==1 THEN
    EXT= 1;
ENDIF;
```

```
IF( Q3==1 AND EXT==1 AND M84==1 AND R4 >= 2.35 AND T17 <=
18) AND M86==1 THEN
    R4= R4 - 0.025;
    Tout = Exp( R4 ) - 0.8;
    T17= T17+1;
ENDIF;
```

```
IF Q3==1 AND M84==0 AND R4 >= 1.35 AND M220==1 AND T18 <= 4
THEN
    R4= R4 + 0.04;
    Tout = Exp( R4 ) +2;
    T18 = T18 + 1;
ENDIF;
```

```
IF M90==1 THEN
    m92=1;
ENDIF;
```

```
IF M84==0 THEN
    m92=0;
ENDIF;
```

```
IF M86==1 THEN
    EXTRACTO =1;
ENDIF;
```

```
IF M86==0 THEN
    EXTRACTO = 0;
ENDIF;
```

PRESIÓN EN LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN

```
IF M86 ==1 AND R3 <= 5.08 THEN
    R3= R3 +0.2;
    Pres1= Exp( R3 ) +15;
    T3=0;
ENDIF;
```

```
IF M86 ==0 AND R3 >= 1.45 AND T3 <= 3 THEN
R3= R3 - 0.05;
Pres1= Exp( R3 ) - 4;
T3=T3 + 1;
ENDIF;
```

```
IF M86 ==0 AND T3 >= 3 THEN
R3=0.25;
Pres1 = 0;
ENDIF;
```

```
IF M86==1 AND Pres1 >=170 THEN
M127=1;
ENDIF;
```

```
IF (M86==1 AND Pres1 <= 170) OR M86==0 THEN
M127=0;
ENDIF;
```

```
IF M86==1 AND Pres1 >=20 THEN
bypass=1;
m475=1;
ENDIF;
```

```
IF (M86==1 AND Pres1 <=20) OR M86==0 THEN
bypass=0;
m475=0;
ENDIF;
```

PRESION ENTRE LA BOMBA DE ALTA Y LA DE BAJA

```
IF Q7 == 1 AND M86==0 THEN
```

```
pres2= 2.25;
```

```
ENDIF;
```

```
IF M86==1 THEN
```

```
pres2= Pres1/3;
```

```
ENDIF;
```

```
IF Q7 == 0 THEN
```

```
pres2= 0;
```

```
ENDIF;
```

TIEMPOS DE REPOSO DEL EXTRACTO EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Tanque#1

```
IF M3==1 AND M9==0 AND I10 ==0 AND tiempo <= 2.4 THEN
```

```
tiempo= tiempo + 0.4;
```

```
min= min + 10;
```

```
ENDIF;
```

```
IF M3==1 AND M9==0 AND I10==0 AND min==60 THEN
```

```
Hour = Hour + 1;
```

```
tiempo=0;
```

```
min=0;
```

```
ENDIF;
```

```
IF M3==0 THEN
tiempo=0;
min=0;
Hour=0;
ENDIF;
```

Tanque #2

```
IF M27==1 AND M25==0 AND I9==0 AND tiempo2 <= 2.4 THEN
tiempo2= tiempo2 + 0.4;
min2= min2 + 10;
ENDIF;
```

```
IF M27==1 AND M25==0 AND I9==0 AND min2==60 THEN
Hour2 = Hour2 + 1;
tiempo2=0;
min2=0;
ENDIF;
```

```
IF M27==0 THEN
tiempo2=0;
min2=0;
Hour2=0;
ENDIF;
```

```
IF Hour >= 2 THEN
ExtRep#1=1;
ENDIF;
```

```
IF Hour2 >= 2 THEN
ExtRep#2=1;
ENDIF;
```

IF M10==1 THEN

ExtRep#1=0;

ENDIF;

IF M40==1 THEN

ExtRep#2=0;

ENDIF;

EVENTOS

DAMPER=Q3;

VENTALIM= Q2;

BOMBCIRC= Q8;

BOMBALTA=M86;

SISTEMA DE INYECCION DE CO2

IF M478==1 OR m490==1 THEN

pres3= 130;

ENDIF;

IF M478==0 AND m490==0 THEN

pres3= 0;

ENDIF;

IF M482==1 AND presreg <= 12.00 THEN

presreg= presreg + 2.01;

ENDIF;

```
IF M482==0 THEN
presreg=0;
ENDIF;
```

```
IF M496==1 THEN
temp4=40;
ENDIF;
```

```
IF M496==0 THEN
temp4=0;
ENDIF;
```

```
*****CONTROLADOR DE HUMEDAD *****
```

```
IF SIMULAR ==1 AND TW<= 115 THEN
TW= TW + 1;
m497=1;
ENDIF;
```

```
IF TW <= 8 THEN
Tout1= 115.05 ;
ENDIF;
```

```
IF TW >= 8 AND TW <= 16 THEN
Tout1 = (0.375*TW) + 112;
ENDIF;
```

```
IF TW >= 16 AND TW <= 20 THEN
Tout1= 118;
ENDIF;
```

```
IF TW >= 20 AND TW <= 30 THEN  
Tout1= (0.2 *TW) + 114;  
ENDIF;
```

```
IF TW >= 30 AND TW <=40 THEN  
Tout1= Tout1;  
ENDIF;
```

```
IF TW >= 40 AND TW <= 50 THEN  
Tout1 = ( -0.4*TW) +136.1;  
ENDIF;
```

```
IF TW >= 50 AND TW <= 60 THEN  
Tout1= Tout1;  
ENDIF;
```

```
IF TW >= 60 AND TW <=75 THEN  
Tout1= (-0.266*TW) + 132;  
ENDIF;
```

```
IF TW >= 75 AND TW <= 85 THEN  
Tout1= Tout1;  
ENDIF;
```

```
IF TW >= 85 AND TW <= 105 THEN  
Tout1= (0.26* TW )+ 89.3;  
ENDIF;
```

```
IF TW >= 105 AND TW <=115THEN  
Tout1 = Tout1;  
ENDIF;
```

```
IF (SIMULAR==1 AND TW ==115) OR SIMULAR==0 THEN
TW=0;
m497=0;
ENDIF;
```

```
r205= (Tout1/170)*32767;
driver= (r206 *60)/32767;
voltaje=(driver*10)/60;
```

```
***** ALARMAS*****
```

Cerrar salida de polvo

```
IF (m283==1 AND Q6==1 AND Q2==1 AND I2==0 AND M220==0) OR
(m282==1 AND Q2==1 AND Q3==1 AND Q4==1 AND Q6==1 AND
I2==0) THEN
M462=1;
ENDIF;
```

```
IF M220==1 OR (m282==1 AND Q4==0) THEN
M462=0;
ENDIF;
```

```
IF M459==1 OR m474==1 THEN
PlaySound ("d:/BOAZ/ALARM.WAV", 1 );
ENDIF;
```

Alarma en el sistema de pretratamiento de extracto de café

```
IF (Q8==1 AND I7==0 AND t20 <= 60) OR (M459 AND t20 <= 10) THEN
t20= t20 +1;
ENDIF;
```

```
IF I7==1 THEN
t20=0;
TANQUEEMUL=0;
ENDIF;
IF t20 >= 50 THEN
TANQUEEMUL=1;
ENDIF;
```

```
IF TANQUEEMUL==1 AND T21 < 7 THEN
T21= T21+1;
ENDIF;
```

```
IF T21==7 THEN
T21=0;
ENDIF;
```

```
IF (T21==1 AND I7==0) OR M459 THEN
PlaySound("I:\Para convertir\Alarmas\alarma.wav", 1);
ENDIF;
```

Alarma del Quemador

```
IF M459==1 THEN
m1200=1;
ENDIF;
```

```
IF M459==0 THEN
m1200=0;
ENDIF;
```

```
IF m283==1 AND t22 <= 7 THEN
t22= t22+1;
ENDIF;
```

```
IF t22 == 7 THEN
t22=0;
ENDIF;
```

```
IF m1200==1 THEN
PlaySound ("I:\Para convertir\Alarmas\alarma.wav", 1 );
ENDIF;
```

VARIADOR

```
IF (m283==1 AND M85==1 AND HZ <= 10.0) OR ( m282==1 AND
M85==1 AND HZ <= 10.0) THEN
HZ= HZ + 0.5;
ENDIF;
```

```
IF M85==0 THEN
HZ= 0;
ENDIF;
```

```
Variador=HZ;
```

ANEXO A
INSTRUMENTACIÓN

DIMENSIONAMIENTO DE SENSORES

TIPO DE SEÑAL	DESCRIPCIÓN	RANGO DE MEDICION	TIPO DE SENSOR
Presión de extracto en la línea de alimentación hacia la cámara de secado	Sensor de presión. Se colocará a la salida de la bomba de alta. Permitirá monitorear variaciones de este parámetro a lo largo del proceso.	0 psi - 400 psi	- PMP 46: diaphragm seal for hygienic applications
Presión de CO2 o Aire en el tanque de emulsificado	Sensor de presión que se colocará en el tanque de emulsificado. Las mediciones de este sensor estarán directamente relacionadas con la cantidad de CO2 o Aire que envía la válvula reguladora al tanque.	0 psi - 40 psi	Cerabar T PMP 131 Pressure transducer with polysilicon sensor
Presión de la bomba de circulación de extracto de café	Sensor de presión. Se ubicará a la salida de la bomba de circulación. Monitoreará la presión con que la bomba envía el extracto de café al precalentador.	0 psi - 200 psi	- PMP 46: diaphragm seal for hygienic applications
Presión de CO2 o Aire en la línea de alimentación a la válvula reguladora	Sensor de Presión que se colocará a la salida del tanque pulmón en la línea de alimentación de gas. Permetirá monitorear la presión con la que el CO2 o el aire llega a la válvula reguladora	0 psi - 150 psi **	Cerabar T PMP 131 Pressure transducer with polysilicon sensor
Presión en la línea desde la bomba de baja presión a la bomba de alta presión.	Sensor de presión que se colocará en la línea de alimentación de extracto entre la bomba de baja presión y la de alta. Facilitará el monitoreo de la presión como respuesta a las variaciones de los rpm de la bomba de baja presión.	0 psi - 200 psi	- PMP 46: diaphragm seal for hygienic applications
Temperatura de extracto de café en el precalentador de extracto.	Sensor que se colocará en la línea de extracto a la salida del precalentador. Permitirá monitorear la temperatura del extracto de café a la salida del precalentador.	0°C - 50 °C	RTD PT100
Temperatura del aire a la salida del quemador.	Sensor de temperatura que se instalará a la salida del quemador. Medirá de forma continua la temperatura del aire a la salida del quemador. Esta señal será comparada con la del sensor de temperatura colocado a la entrada de la cámara para observar las pérdidas causadas por mal aislamiento	0°C - 400 °C	RTD PT100
Nivel de extracto de café en los tanques de almacenamiento	Sensor de nivel que se instalará en cada uno de los tanques del almacenamiento de extracto para monitorear las variaciones de nivel en dichos tanques, tanto en el momento de llenado como durante la producción.	0 lts - 2500 lts	Capacitance Level EC 11Z
Flujo en la línea de alimentación de extracto de café hacia la cámara.	Sensor que se colocará en la línea de alimentación de extracto de café hacia la cámara de secado. Con esta señal se monitoreará constantemente el flujo de extracto que está entrando a la cámara y que tipo de fluctuaciones se producen en el mismo como resp	0 lts/h - 500 lts/h	Vortex Flow Measuremente System PROWIRL 70
Flujo en la línea de inyección de CO2 o aire al extracto en el tanque de emulsificado.	Sensor que se colocará en la línea de inyección de CO2 o aire al extracto de café. Estará ubicado a la salida de la válvula reguladora y permitirá conocer el flujo de gas que circula en cada instante a lo largo del proceso.	—	Flowmeter t-mass S

Pressure Transducer cerabar T PMP 131

Pressure transducer with polysilicon sensor
For absolute and gauge pressures up to 400 bar
Version available for hazardous areas



Application

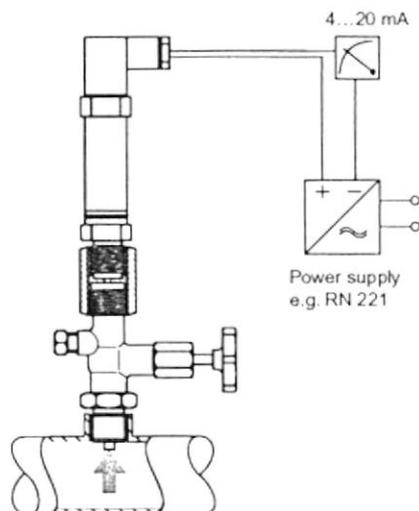
Cerabar T PMP 131 is designed for measuring absolute and gauge pressure of gases, vapours and liquids

Features and Benefits

- Finely graduated measuring ranges up to 400 bar or 6000 psi
- Up to 4 times overload resistance
- Extremely stable
- Flush diaphragm process connection or manometer connection for 1/2 BSP (G 1/2), 1/4 BSP (G 1/4) or 1/2 NPT
- Electronic versions with
 - analogue output 4...20 mA
 - switch output PNP transistor
- Approved for EEx ib IIC T6

Measuring System

- Pressure transducer Cerabar T PMP 131 with 4...20 mA output or switch output.
- Power supply, e.g. RN 221 transmitter power supply unit from Endress+Hauser



Endress + Hauser

The Power of Know How



Manufacturer	Endress+Hauser
Instrument designation	Cerabar T PMP 131

Measuring absolute and gauge pressure of gases, vapours and liquids

Measuring principle

With analogue output		The process pressure acting upon the metallic separating diaphragm of the sensor is transmitted to a resistance bridge via a fluid. The change in the output voltage of the bridge is proportional to the pressure and can be measured directly.
With switch output		The process pressure acting upon the metallic separating diaphragm of the sensor is transmitted to a resistance bridge via a fluid. A differential amplifier creates a standard signal from the pressure-proportional change in output voltage of the bridge. A comparator with an adjustable hysteresis compares this signal with the pre-set switch point and then activates the power amplifier and the LED.
Design	Analogue output Switch output	Pressure sensor is optionally supplied with DIN 43650 A/ISO 4400 plug or cable Pressure transducer with plug DIN 43650 A/ISO 4400 (see page 3)

Measured variable	Gauge or absolute pressure
Measuring ranges	Max. 400 bar/6000 psi (see „Product Structure“ page 6)

Analogue output 4...20 mA

Output signal	4...20 mA
Load	$R_E [\Omega] \leq (U_S - 12 V) / 0.02 A$, (U_S = power supply)

Switch output PNP

Output signal	Voltage (depends on power supply voltage)
Output current	Switch status ON: $I_a \leq 0.5 A$ Switch status OFF: $I_a \leq 1 mA$
Power	max. 6 W
Switch frequency	max. 10 Hz
Input resistance / Input current PLC	$R_i \leq 2 k\Omega$ or $I_i \geq 10 mA$
Note	To prevent electrical interference, inductive loads (relays, contactors or solenoid valves) may only be operated with directly connected to a protective circuit (free-wheeling diode or capacitor)

Terminal-based linearity including hysteresis and reproducibility (Limit point method to DIN IEC 770)		Analogue output: $\leq 0.5 \% FS$
Accuracy	Switch output	$\leq 1 \% FS$ for the switch point
Reproducibility	Switch output	$\leq 0.5 \% FS$ for the switch output
Settling time		2...5 ms
Effect of ambient temperature	Analogue output Switch output	- Zero: typical 0.2%/10 K, max. 0.5%/10 K of measuring span. Values are 0.1%/10 K higher for measuring spans ≤ 6 bar - Span: typical 0.2%/10 K, max. 0.5%/10 K of measuring span - Switch output: typical 0.2%/10K of measuring span
Long-term stability		typical 0.15 % per year

Mounting conditions	Any position, flush-mounted for process connection G ½ (Code B): max. torque for mounting 40 Nm
---------------------	---

Environment

Normal operating temperature	-25 ... +70°C (-13 ... +158°F), Ex area: -25 ... +65°C (-13 ... 149°F)
Storage temperature	-40 ... +85°C (-40 ... 185°F)
Climate class	4 Z with Z=70 °C to VDI/VDE 3540
Ingress protection	With plug: IP 65, with cable: IP 68
Vibrational resistance	4M5 to DIN EN 60721-3
Electromagnetic compatibility	Interference emission to EN 61326 electrical device B, interference immunity to EN 61326 appendix A (industrial use) and NAMUR recommendation NE 21

Process

Normal process temperature	-25 ... +70°C (-13 ... +158°F)
Process pressure limits	Overload resistance see "Product Structure" page 6 Vacuum resistance to 10 mbar _{absolute}

Process connections	See Product Structure "Process Connection" page 6
Electrical connection	See Product Structure "Version" page 6 and "Electrical Connection" page 3
Cable	Material of outer covering: PUR, non-flammable to VDE 0472, External diameter: 5.8 mm, Wires: 4 x 0,22 mm ² , External diameter of air line: 2 mm
Connection	Plug to DIN 43650 A/ISO 4400, Material: PA

Materials for wetted parts

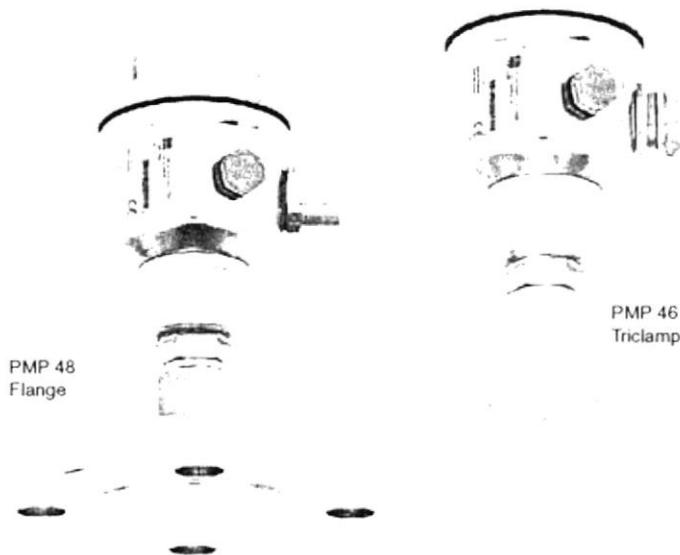
Process connection and housing	1.4301 (SS 304)
Process diaphragm	1.4435 (SS 316 L)
Fill fluid	Silicone oil AK3

Power supply	Analogue output	Non-Ex: 12 ... 30 V DC Ex: no-load voltage ≤ 26 V, short-circuit current ≤ 100 mA, power consumption ≤ 0.8 W 18 ... 32 V DC, current consumption without load < 20 mA, with reverse polarity protection
	Switch output	
Ripple	Analogue output	5%
	Switch output	10%

cerabar M PMP 46

cerabar M PMP 48

Overload resistant pressure transmitter with diaphragm seal and analogue or Smart electronics



Applications

The Cerabar M transmitter measures the gauge and absolute pressure of gases, vapours and liquids and can be used in all areas of industry. Two criteria are used in selecting diaphragm seals:

1. A specific plant technology and connection standard are required for a specific facility. Endress+Hauser offers:

- PMP 46: diaphragm seal for hygienic applications
- PMP 48: threaded boss and flanges with or without extended diaphragm

2. Special materials or connections to be used depending on the process, e.g.

- no dead volume for especially hygienic applications
- flush-mounted installation for media that solidify or crystallise out
- special diaphragm seal materials for aggressive media

Features and Benefits

- Accuracy
 - Linearity deviation lower than 0.3% of set span
 - Adjustable measuring range with TD 10:1
 - Long-term stability better than 0.1%
- Piezoresistive metal sensor for measuring ranges up to 400 bar (6000 psi).
 - Electronics
 - Analogue: cost effective version with short response time especially for fast processes
 - Smart: intelligent with flexible operating procedures via HART protocol
- Housing
 - With its stainless steel housing and no dead volume, the Cerabar M fulfils all the special hygienic requirements of the food and pharmaceutical industries
- Process connections
 - Changing the material of the wetted parts by simple replacement of the sensor module with the diaphragm seal

Endress + Hauser

Nothing beats know-how



Manufacturer	Endress+Hauser
Instrument	Pressure transmitter
Designation	Cerabar PMP 46, PMP 48
Technical documentation Version Technical data	TI 322P/00/en 04.99 according to DIN 19 259

Measurement of absolute and gauge pressure in gases, vapours, liquids

Measuring principle

Metal sensor	The process pressure acting on the diaphragm of the diaphragm seal is transmitted to the metal separating diaphragm of the sensor by a filling fluid. The separating diaphragm is deflected and the resulting pressure proportional change in the output voltage of the resistance bridge is then measured. Working volume: smaller than 1 mm ³ (0.039 in ³)
--------------	--

Measuring system

Analogue electronics see page 5	Cerabar M and power supply e.g. via RN 221 transmitter power supply Calibration via potentiometers for zero point and span, plug-in analogue display for showing measured values
Smart electronics see page 5.. 6	Cerabar M and power supply e.g. via RN 221 transmitter power supply and operation via - two keys on the instrument and a plug-in display module - Universal HART Communicator DXR 275 - PC with the Commuwin II operating program via Commubox FXA 191

Construction	SS housing as standard and all common diaphragm seal versions (see page 2 and page 16 onwards)
Signal transmission	Analogue Smart - 4...20 mA, 2-wire - 4...20 mA with superposed HART communications signal, 2-wire

Measured variables	Absolute or gauge pressure
--------------------	----------------------------

Measuring ranges

PMP 46 (max. 40 bar), PMP 48							
Type of pressure	Measurement limits	Min. span	Overload	Type of pressure	Measurement limits	Min. Span	Overload
	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar
gauge	0...1	0.1	4	absolute	0...1	0.1	4
gauge	0...4	0.4	16	absolute	0...4	0.4	16
gauge	0...10	1	40	absolute	0...10	1	40
gauge	0...40*	4	160	absolute	0...40	4	160
gauge	0...100*	10	400	absolute	0...100	10	400
gauge	0...400*	40	600	absolute	0...400	40	600
gauge	-1...+1	0.2	4	* Absolute pressure sensors			
gauge	-1...+4	0.5	16				
gauge	-1...+10	1.0	40				

The stated overload applies to the sensor. Please also note the maximum permissible overloads for the diaphragm seals.

Resistance to low pressures (vacuum resistance)		max. 10 mbar _{abs/vac} (0.15 psia)
Adjusting the span (turndown)	Analogue Smart	to TD 10.1 to TD 10.1
Zero point increase and decrease	Analogue Smart	±10% Within measurement limits

Output signal	Analogue Smart	Analogue 4...20 mA signal 4...20 mA signal with superposed communication signal with HART protocol
Signal on alarm	Analogue Smart	Signal overrun (>20.5 mA) or underrun (<3.6 mA) optional 3.6 mA, 22 mA or HOLD (last current value will be held)
Integration time	Analogue Smart	depending on switch position: off: 0 s on: 2 s depending on switch position: off: 0 s on: 2 s, or with Universal HART Communicator DXR 275 0: 40 s

Reference conditions		DIN IEC 770 T ₀ =25°C (+77°F)
Linearity including hysteresis and reproducibility (based on the limit point method to DIN IEC 770)		±0.3% of set span
Warm-up time	Analogue Smart	200 ms 1 s
Rise time	Analogue Smart	60 ms 220 ms
Response time	Analogue Smart	180 ms 600 ms
Long-term drift		0.1% (FS) per year
Thermal effects (with reference to the set span) Applies to transmitters without diaphragm seals or capillary tubes	Analogue Smart	for -10...+60°C (+14...+140°F) ±(0.3% x TD + 0.3%) for -40...-10°C (-40...+14°F) and +60...+85°C (+140...185°F) ±(0.5% x TD + 0.5%) for -10...+60°C (+14...+140°F) ±(0.2% x TD + 0.2%) for -40...-10°C (-40...+14°F) and +60...+85°C (+140...185°F) ±(0.4% x TD + 0.4%) TD=Nominal value/set span
Temperature coefficient (maximum TK) (But not exceeding the error due to thermal effects.) (Applies to transmitters without diaphragm seals or capillary tubes.)		For zero signal and span Analogue: for -10...+60°C (+14...+140°F) ±0.15% of nominal value/10 K for -40...-10°C (-40...+14°F) and +60...+85°C (+140...185°F) ±0.2% of nominal value/10 K Smart for -10...+60°C (+14...+140°F) ±0.08% of nominal value/10 K for -40...-10°C (-40...+14°F) and +60...+85°C (+140...185°F) ±0.1% of nominal value/10 K
Vibration effects		None (4 mm in path peak-to-peak 5...150 Hz, 2 g: 15...150 Hz, 1 g: 150 Hz...2000 Hz)

Mounting conditions	Any position Zero point shift due to position can be corrected (see page 11 Zero point increase and decrease)
---------------------	--

Ambient conditions

Ambient temperature	-40...+85°C (-40...+185°F)
Ambient temperature range	-40...+100°C (-40...+212°F)
Storage temperature	-40...+100°C (-40...+212°F)
Climatic class	4K4H to DIN EN 60721-3
Protection	IP 66/Nema 4x with cable gland IP 68 (1m water over 24 h) or NEMA 6P (1.8 m water over 30 min.) with assembled cable with reference air feed
Electromagnetic compatibility	Interference emission to EN 50081-1, Interference immunity to EN 50082-2 and NAMUR NE 21 influence <0.5%

Process conditions

Product temperature range	Depending on maximum permissible temperature of filling liquid of diaphragm seal and diameter of diaphragm (see pages 7...9)
Process pressure	corresponds to permissible overload

iTEMP RTD TMT 187

Universal head transmitter for resistance thermometers (RTD) for installation in a sensor head form B



Application area

- Fixed adjusted temperature head transmitter for converting various input signals into an scalable 4...20 mA analogue output signal
- Input:
Resistance thermometer (RTD)

Features and benefits

- Fixed adjusted measurement range for resistance thermometer (RTD)
- 2 wire technology, 4...20 mA analogue output
- High accuracy in total ambient temperature range
- Fault signal on sensor break or short circuit, presettable to NAMUR NE 43
- EMC to NAMUR NE 21, CE
- Ex-Certification
 - ATEX
 - FM
 - CSA
- Galvanic isolation

Endress + Hauser
The Power of Know How



Measurement system	The main input for temperature head transmitter is a two-wire transmitter with an analogue output. It has measurement input for resistance thermometers (RTD) in 2-, 3- or 4-wire connection.
--------------------	---

Resistance thermometer (RTD)

Type	Measurement ranges	min. measurement range
Pt100 Pt500 Pt1000 according to IEC 751	-200 to 850 °C -200 to 250 °C -200 to 250 °C	-328 to 1562 °F -328 to 482 °F -328 to 482 °F
Ni100 Ni500 Ni1000 according to DIN 43760	-60 to 180 °C -60 to 150 °C -60 to 150 °C	-76 to 356 °F -76 to 302 °F -76 to 302 °F
Connection type	2-, 3- or 4-wire connection	
Sensor cable resistance	max. 11 Ω per cable	
Sensor current	≤ 0.6 mA	

Output (analogue)

Output signal	4...20 mA
Transmission as	temperature linear
Max. load	$(V_{\text{power supply}} - 8 \text{ V}) / 0.022 \text{ A}$
Input current required	≤ 3.5 mA
Current limit	≤ 23 mA
Switch on delay	4 s (during power up $I_a = 3.8 \text{ mA}$)
Reply time	1 s

Failure signal (fault monitoring)

Measurement range undercut	Linear drop to 3.8 mA
Exceeding measurement range	Linear rise to 20.5 mA
Sensor breakage, Sensor short circuit	≥ 21.0 mA

Electrical connection

Power supply	$U_D = 8...35 \text{ V}$, polarity protected
Galvanic isolation (In/out)	$\dot{U} = 3.75 \text{ kV AC}$
Allowable ripple	$U_{SS} \leq 5 \text{ V}$ at $U_D \geq 13 \text{ V}$, $f_{\text{max}} = 1 \text{ kHz}$

Reference conditions	Calibration temperature $23 \text{ °C} \pm 5 \text{ K}$
----------------------	---

Resistance thermometer (RTD)

Type	Measurement accuracy ^[1]
Pt100, Ni100	0.2 K or 0.08%
Pt500, Ni500	0.5 K or 0.20%
Pt1000, Ni1000	0.3 K or 0.12%

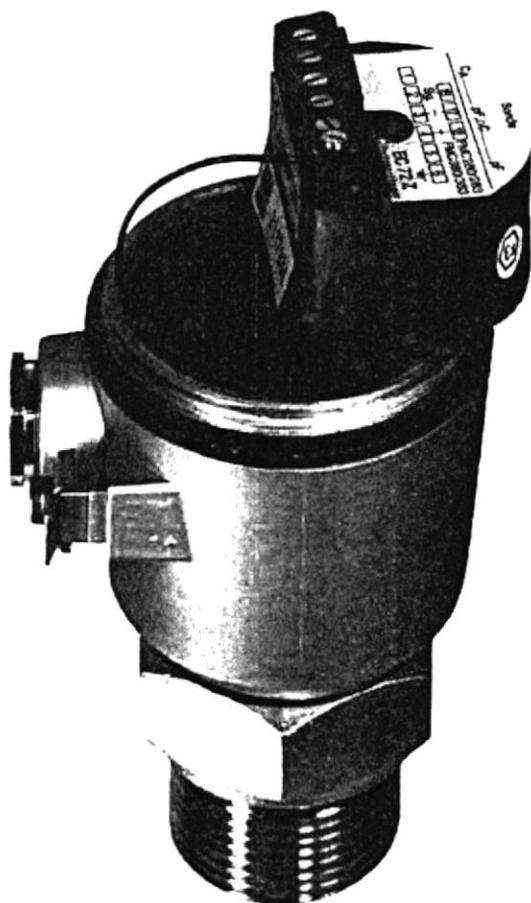
Influence of power supply	$\leq \pm 0.01\%/V$ deviation from 24 V ^[2]
Load influence	$\leq \pm 0.02\%/100 \text{ } \Omega$ ^[2]
Temperature drift	$T_D = \pm (15 \text{ ppm/K} \cdot \text{max. meas. range} + 50 \text{ ppm/K} \cdot \text{preset meas. range})$

[1] % is related to the adjusted measurement range (the value to be applied is the greater)

[2] All data is related to a measurement end value (FSD) of 20 mA

Electronic Inserts EC 11 Z, EC 72 Z

Transmitters for capacitance probes



Application

The electronic inserts EC 11 Z and EC 72 Z are transmitters for continuous capacitance level measurement in not explosion-hazardous areas in conjunction with the level measuring instruments Silometer FMC 420, FMC 423 and FMC 425.

Features and Benefits

- Applicable over a wide temperature range
- Separate protection housing available
- Application on ships in accordance with the regulations of German Lloyd unlimited possible.

Endress + Hauser

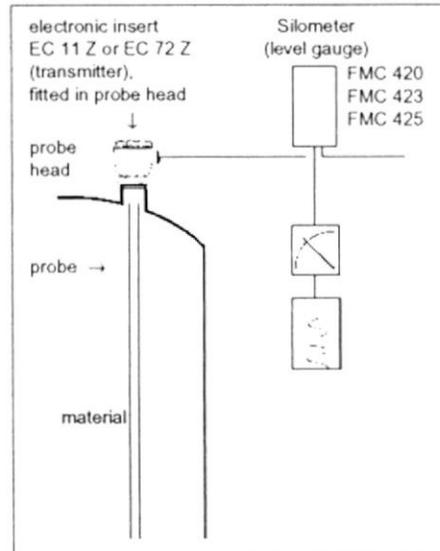
The Power of Know How



The complete measuring system comprises

- a Silometer FMC ... level gauge
- a fully insulated rod or rope probe, which is fitted vertically in the vessel
- an electronic insert EC 11 Z or EC 72 Z, which is normally fitted in the probe head

Measuring system for capacitance level measurement



The basis of this technique lies in the physical properties of a capacitor. The capacitance C of a capacitor is derived from the distance d between the electrodes, the surface area A of the electrodes and the dielectric constant ϵ of the intermediate dielectric

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

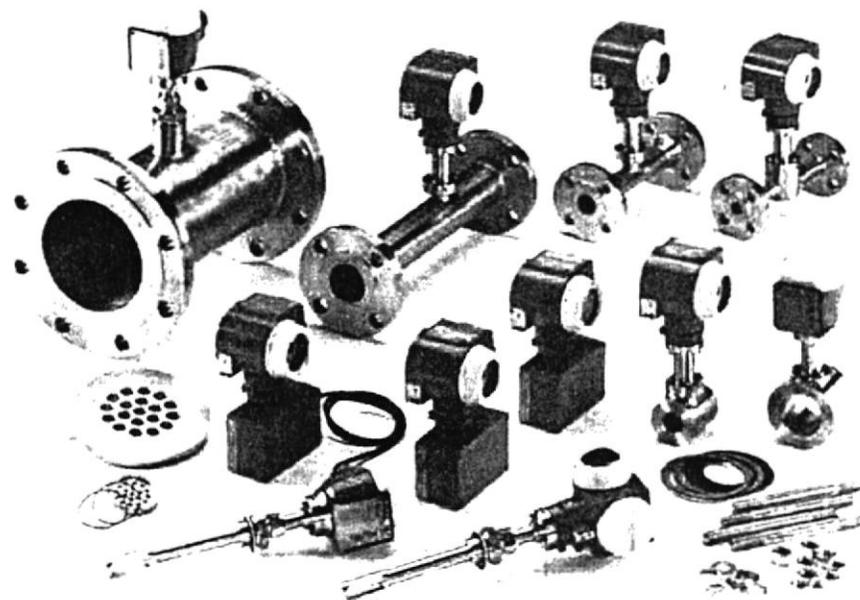
The capacitor used in level measurement generally takes the form of the vessel itself and a probe that extends into the vessel. The vessel wall and the probe form the two electrodes. If the vessel is made from non-conductive material, then a counter electrode must be fitted (e. g. an earth tube, second probe or metal plate). This can also be the second rod of a double rod probe.

The distance between the electrodes and surface area remain constant. The

only variable is the depth of material being measured, which represents the dielectric between the two electrodes. Air and vacuum have a relative dielectric constant $\epsilon_r = 1$, for liquids and solids $\epsilon_r > 1$ is valid.

The capacitance of the capacitor therefore depends on how much material lies between the probe and the vessel wall, i. e., how high the vessel is. This capacitance is measured by feeding a high frequency voltage at a constant frequency to the electrodes (vessel and probe). The higher the capacitance of the capacitor (and therefore the level), the greater the high frequency current flowing through the capacitor. The electronic insert converts the high frequency current into a frequency proportional to level, which is then used by the Silometer to indicate the level.

Direct Mass Flow Measurement of Gases



Features

- SMART technology permits two-way digital communication via HART protocol
- One standard, compact meter for all gases with a process temperature range of $-10...+100^{\circ}\text{C}$
- Negligible pressure losses
- Single point measurement
- Wide turndown of up to 100:1
- Every sensor is delivered with a calibration certificate traceable to National Standards
- Current and pulse simulation mode for commissioning and diagnosis
- Insertion (AT70), flanged (AT70F) and wafer (AT70W) flowcell formats provide compatibility with any pipeline or ducting installations.
- Can be supplied to suit a wide range of process pipe sizes and connections to suit all areas of industry
- Display and the complete electronic housing can be rotated to enable the best viewing angles

Flexibility and Convenience

- t-mass measures the mass flow in the process. It can be programmed to display the flow rate in a wide range of engineering units including standardised volume.
- Local, manual configuration is possible with the housing closed, even in hazardous areas

Safety

- CE mark compliance with electromagnetic compatibility according to EN50081-1:1992 and EN50082-1:1992
- Approved for hazardous area operation
- All meters hydrostatically pressure-tested
- Sensor electronics feature self-diagnostics with alarm functions

Endress + Hauser

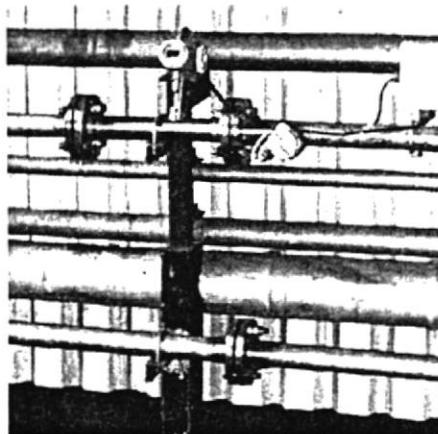
The Power of Know How



types

Applications include:

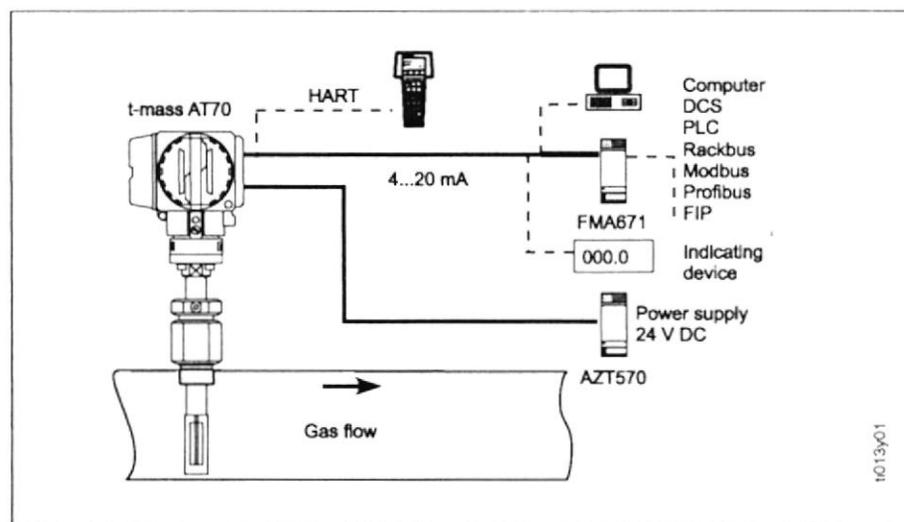
- Natural gas flow to boilers and dryers
- Biogas from waste water plant digesters
- Landfill gas monitoring
- Carbon dioxide metering in the brewing and soft drinks industry
- Instrument air in process plants
- HVAC ducts
- Nitrogen, oxygen and argon flows in the steel industry
- Gas production (eg. Ar, N₂, CO₂)
- Hydrogen flow in the chemical industry
- Leak detection



Typical application - Brewery carbon dioxide distribution pipeline

A typical measuring system consists of:

- A t-mass S flow sensor
- A 20..30 V DC power supply rated at 150 mA
- A current or pulse output signal for connection to an external indicator or measuring system (e.g. PLC or SCADA)



t-mass Flow Sensor

The new t-mass S has the following features:

- Microprocessor-controlled
- Self-monitoring and diagnosis of electronics and sensor
- Separate wiring compartment for field connections
- IP 65 protection type
- Built-in electromagnetic interference immunity (EMC)
- Open collector pulse output
- Digital display with bargraph for rate and totalised flow (optional)
- All versions of the sensor are available in compact form with the housing attached directly to the sensor and also in remote form with the housing separated from the sensor by up to 100 metres distance.

Local Programming

- All functions can be set and all values can be read at the meter using four

pushbuttons, even in hazardous areas, and without opening the housing.

- A HART™ hand-held device can be used to programme t-mass S via the 4...20 mA output, but is not required for normal operation. t-mass S is delivered factory-programmed, but viewing or selection of the individual functions is easily done using a simple menu and the local display, e.g. engineering units, current output functions, open collector function, system parameters.

Digital Communication

The SMART technology offered by t-mass S permits remote, two-way digital communication

- Using a HART™ handheld communicator or via any computer system utilising a HART™ interface
- Integration to higher level systems can be accomplished using the optional INTENSOR protocol (pending)

ANEXO B

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MICRO PLC

Physical and Funtional Characteristics (23 Point Micro PLC)

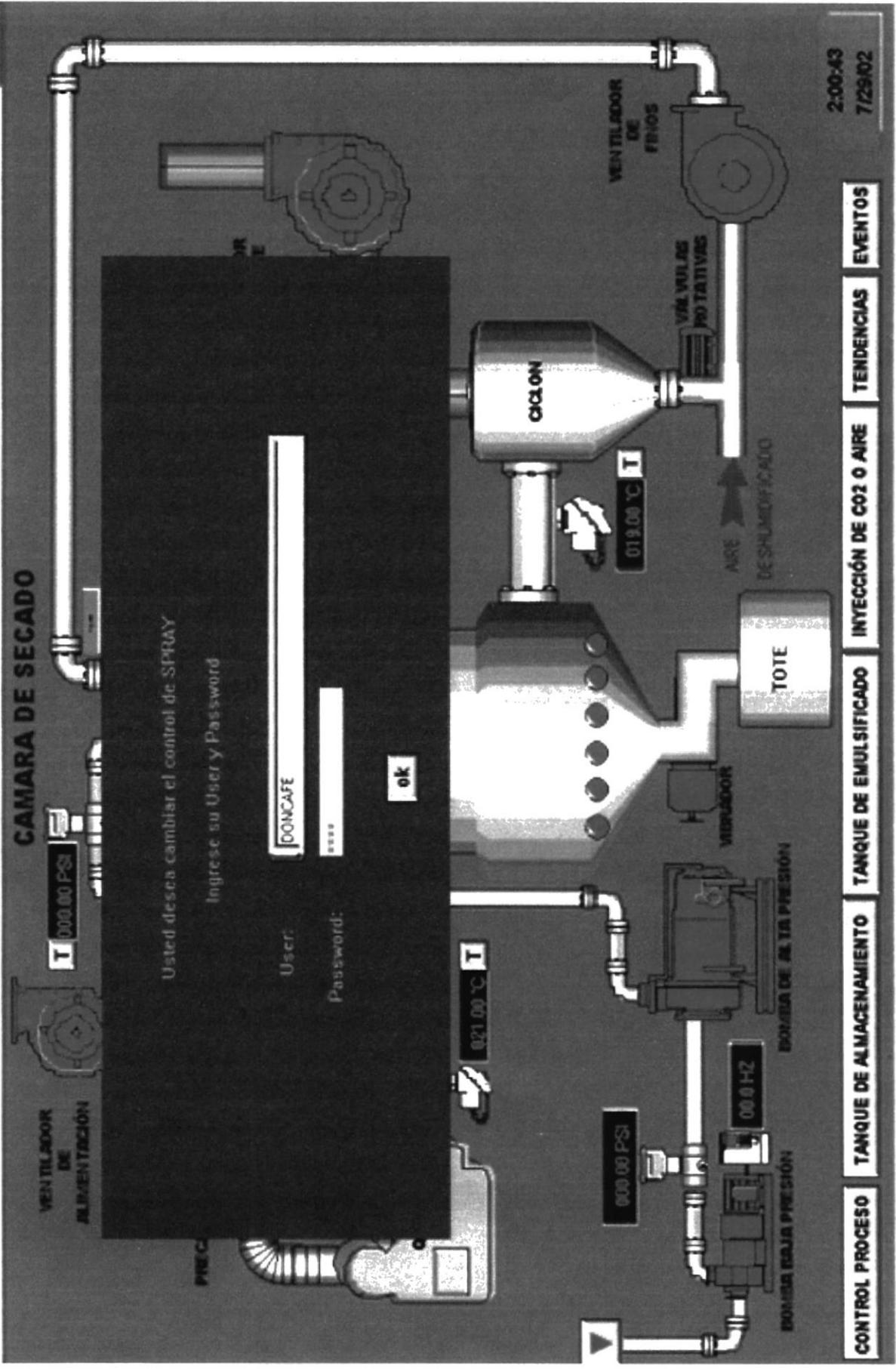
Weight	1.52 lbs
Module Dimensions	Height: 82mm Widht:218mm Depth:76mm
Typical Scan Rate	1.0 ms/K of logic
Real Time Clock Accuracy 10°C (with internal 15°C rise) 25°C (with internal 15°C rise) 55°C (with internal 15°C rise)	4.54 sec./day 5.22 sec./day 10.66 sec./day
Maximum number of Discrete Physical I/O Points	23 (13 inputs/10 output)
Maximum number of slave devices pet network	8 (can be increased with a repeater)
+5 VDC on pin 5 of Serial Ports Serial Port 1 Serial Port 2 Serial Port 1 and 2 combined	155 mA maximum 100 mA maximum 255 mA maximum
24 VDC Output Power Supply	200 mA maximum
Lithium battery lifetime	Shelf life Up to 7 years typical at 30 °C Up to 5 years typical al 55 °C
Analog inputs Inputs ranges	Two, differential 0 to 10V (10.24 V maximum) 0 to 20 mA (20.5 mA maximum) 4 to 20 mA (20.5 mA maximum)
Resolution: 0 to 10 V range 0 to 20 mA range 4 to 20 mA range	10 bits (1 LSB = 10mV) 9 bits (1LSB = 40µA) 8+ bits (1LSB = 40µA)
Accuracy	1% of full scale over full operating temperture range
Linearity	±3 LSB maximum
Common mode voltage	200 V maximum
Filter response time	20.2ms to reach 1% error for step response
Analog outputs Output ranges	1, single-ended, non isolated 0 to 10V (10.24 V maximum) 0 to 20 mA (20.5 mA maximum) 4 to 20 mA (20.5 mA maximum)
Resolution	12 bits over 0 to 10V range 12 bits over 0 to 20mA range 11+bits over 4 to 20mA
Accuracy	±1 % of full scale over full operantig temperature range (0°C to 55°C)

ANEXO C

PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN EN INTOUCH

13:53 ADM DO TEMP. AIRE SALIDA DE CAMARA Tout ALARMAS 19/ 114 ACK_AIM
 13:53 ADM DO PRESSION INGRESO EXTRACTO A LA CAMARA Presi ALARMAS 0/ 150 ACK_AIM

ALARMA

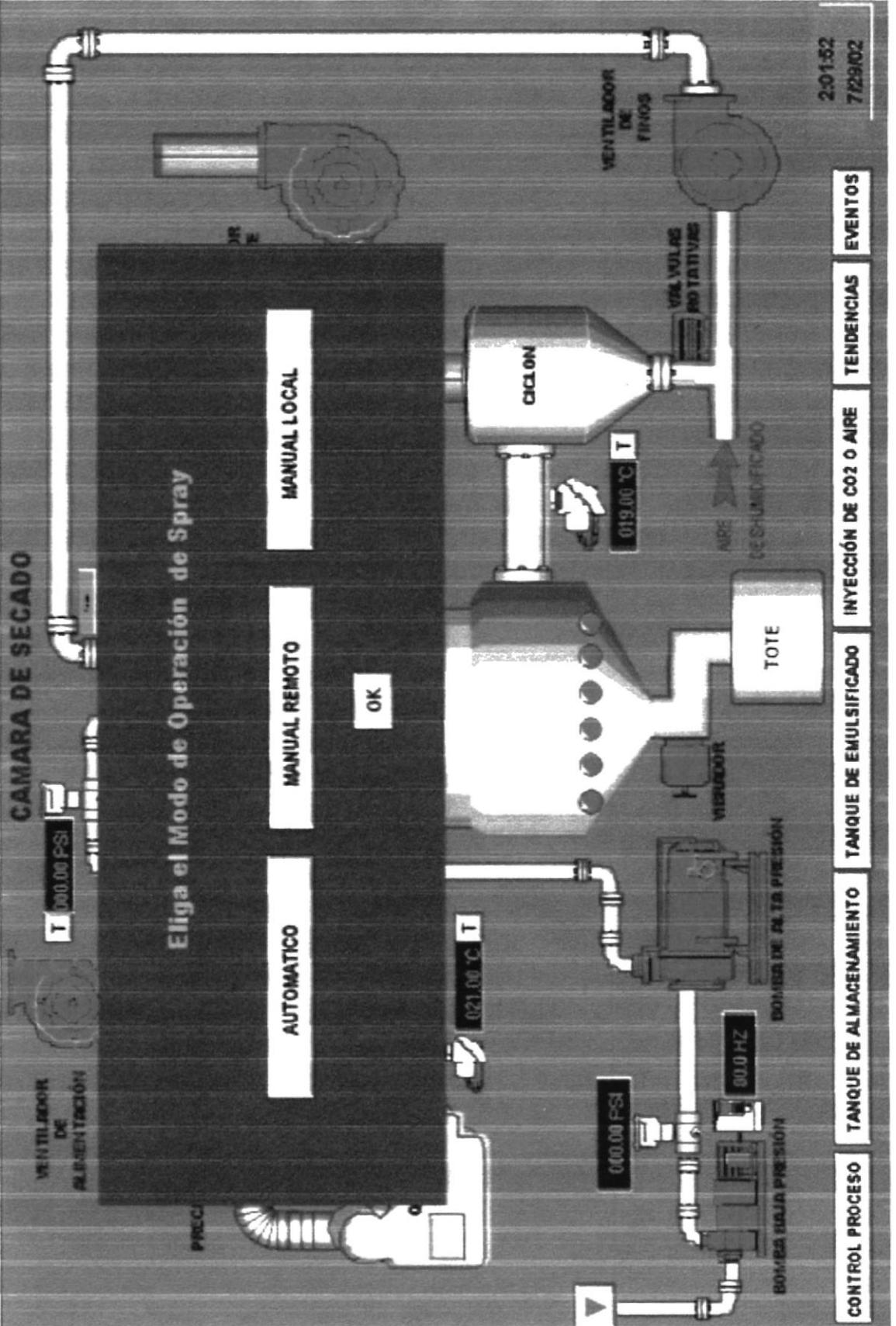


CONTROL PROCESO TANQUE DE ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMULSIFICADO INYECCIÓN DE CO2 O AIRE TENDENCIAS EVENTOS

2:00:43
7/29/02

13:53 AJM IO TEMP. AIRE SALIDA DE CAMARA Tout ALARMAS 19/ 114 ACK_AJM
 13:53 AJM IO PRESSION INGRESO EXTRACTO A LA CAMARA PCSI ALARMAS 0/ 150 ACK_AJM

ALARMA



2:01:52
7/29/02

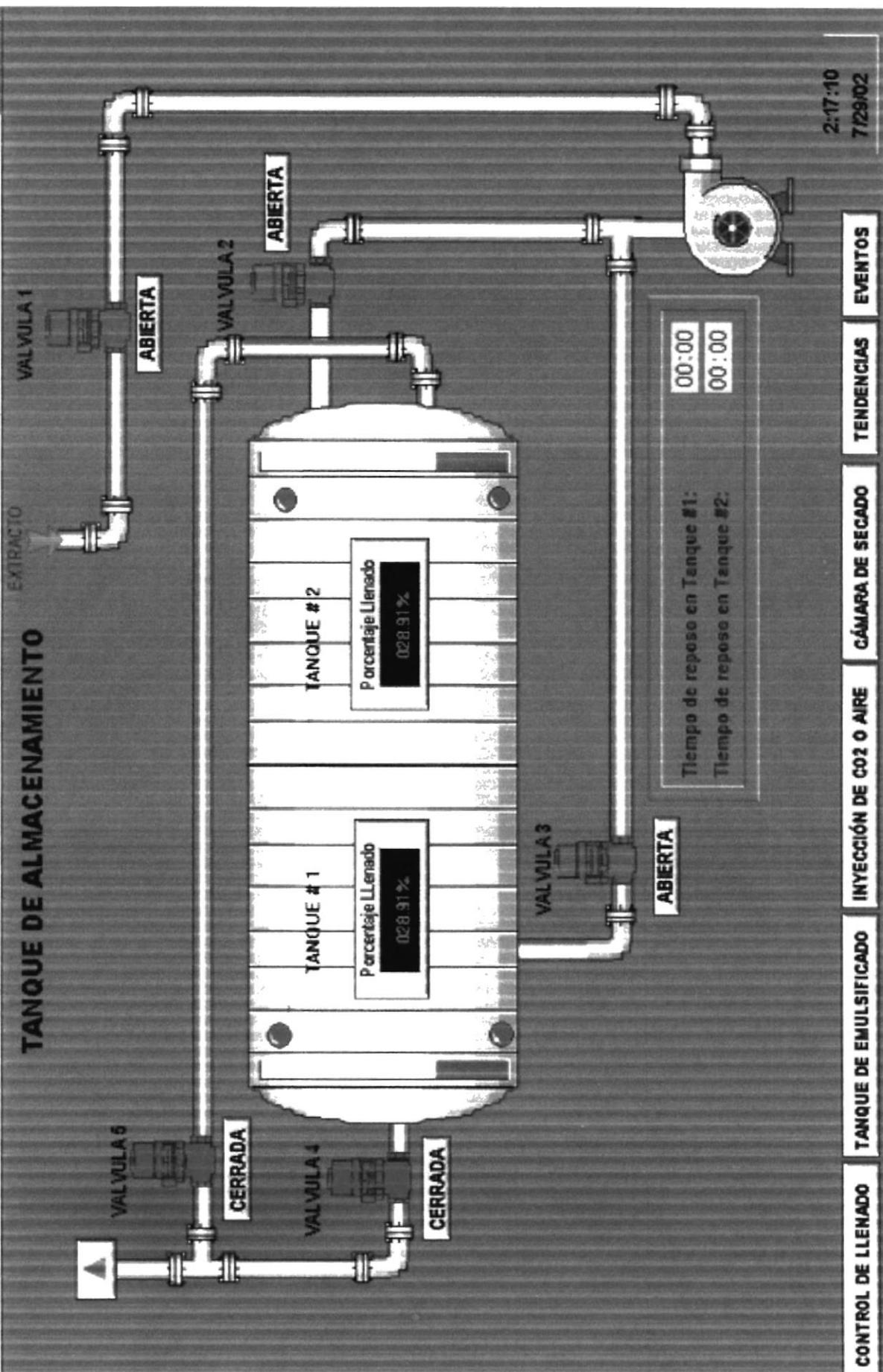
CONTROL PROCESO TANQUE DE ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMULSIFICADO INYECCIÓN DE CO2 O AIRE TENDENCIAS EVENTOS

07/29 14:15 AIM LO TEMP. AIRE SALIDA DE CÁMARA
07/29 14:15 AIM LO PRESION INGRESO EXTRACTO A LA CÁMARA

Tout ALARMAS
Pres1 ALARMAS

19/ 114 ACK_AIM
0/ 150 ACK_AIM

ALARMAS



CONTROL DE LLENADO

TANQUE DE EMULSIFICADO

INYECCIÓN DE CO2 O AIRE

CÁMARA DE SECADO

TENDENCIAS

EVENTOS

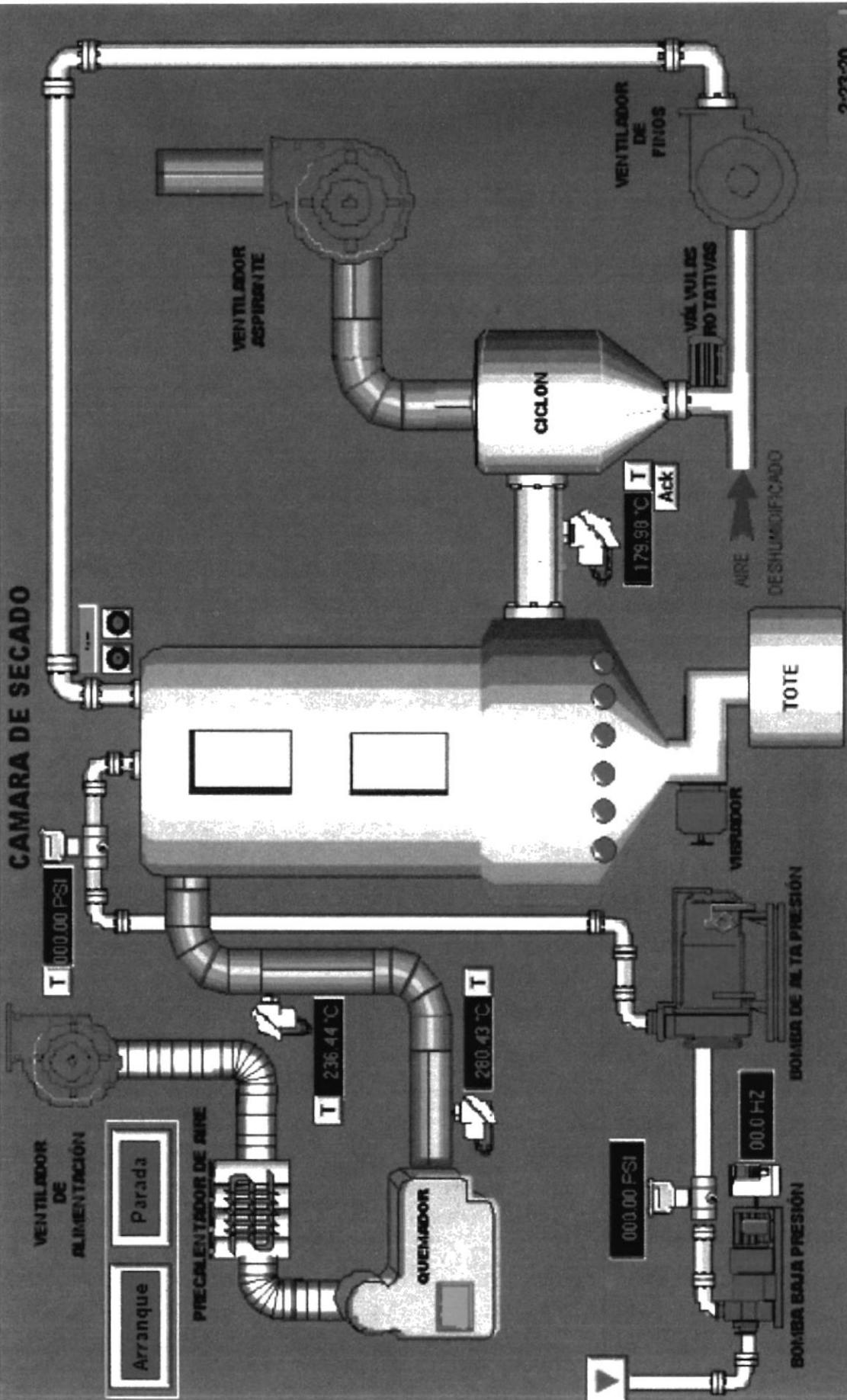
14:20 ALM HI TEMP. AIRE SALIDA DEL QUEMADOR.
 14:22 ALM HIHI TEMP. AIRE SALIDA DE CÁMARA

temp1 ALARMAS 280.426/
 Tout ALARMAS 179.983/

278 ACK_ALM
 170 UNACK_ALM

ALARMA

CÁMARA DE SECADO



2:23:20
 7/29/02

EVENTOS

TENDENCIAS

INYECCIÓN DE CO2 O AIRE

TANQUE DE EMULSIFICADO

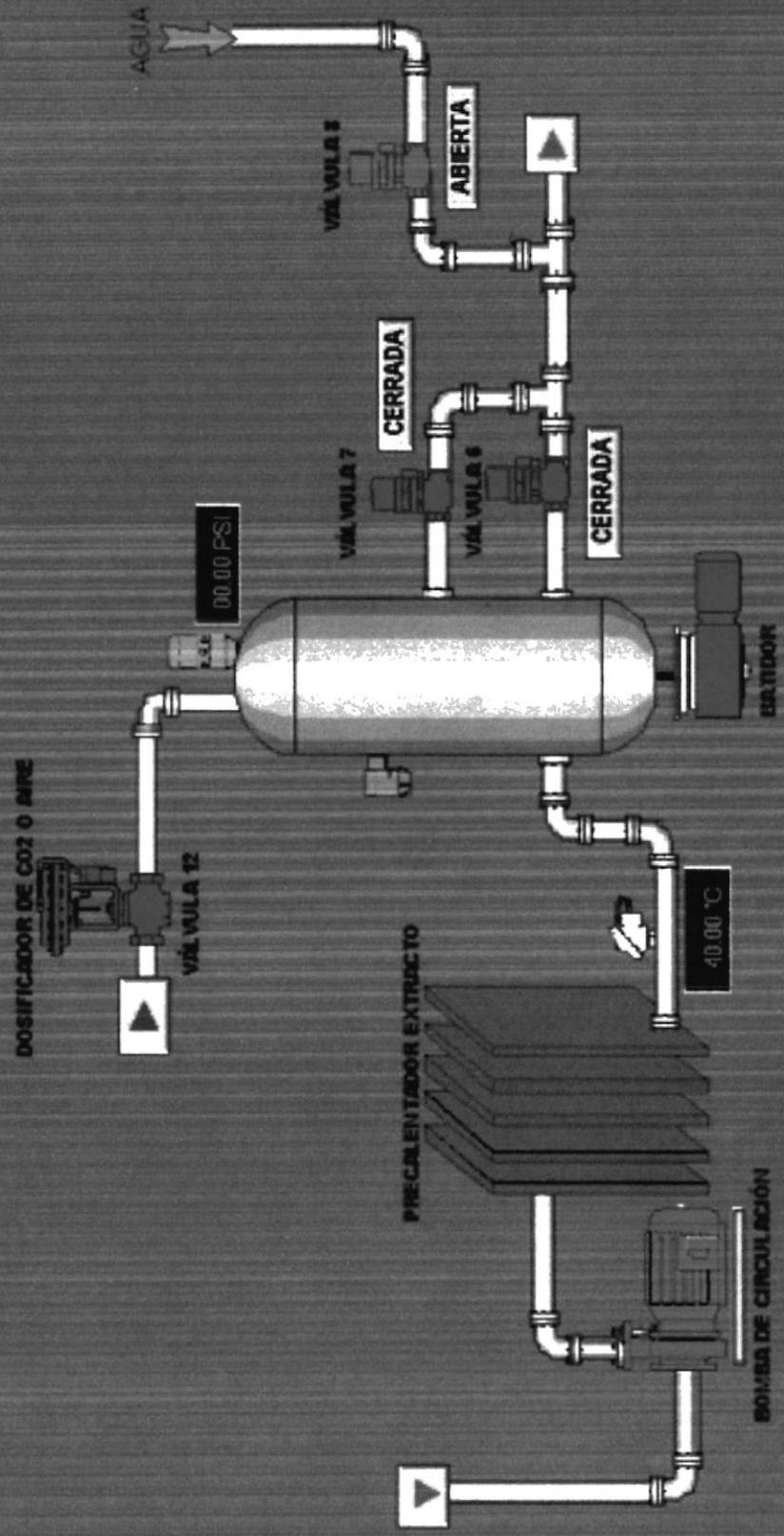
TANQUE DE ALMACENAMIENTO

CONTROL PROCESO

07/29 14:24 ALM HI TEMP. AIRE SALIDA DE CÁMARA Tout ALARMAS 166.535/ 125 ACK_ALM
 07/29 14:24 ALM HIHI PRESION INGRESO EXTRACTO A LA CÁMARA Pres1 ALARMAS 196.272/ 185 ACK_ALM

ALARMAS

TANQUE DE EMULSIFICADO



2:28:15
7/29/02

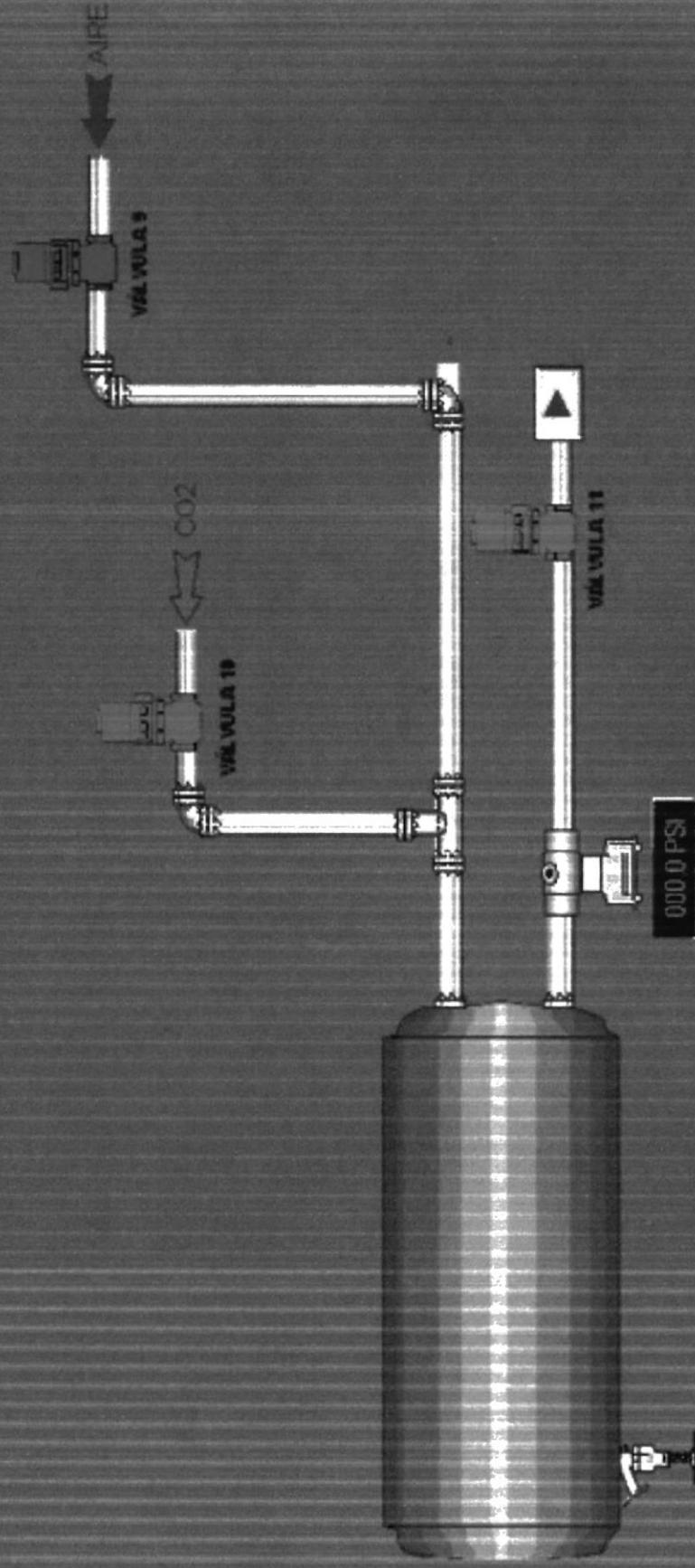
- CONTROL PROCESO
- TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- INYECCIÓN DE CO2 O AIRE
- CÁMARA DE SECADO
- TENDENCIAS
- EVENTOS

07/29 14:31 ALM DISC V4 NO CIERRE
07/29 14:31 ALM DISC V3 NO APERTURA

M456 ALARMAS UNACK_ALM
m449 ALARMAS UNACK_ALM

ALARMAS

INYECCIÓN DE CO2 O AIRE



2:31:51
7/29/02

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

TANQUE DE EMULSIFICADO

CÁMARA DE SECADO

TENDENCIAS

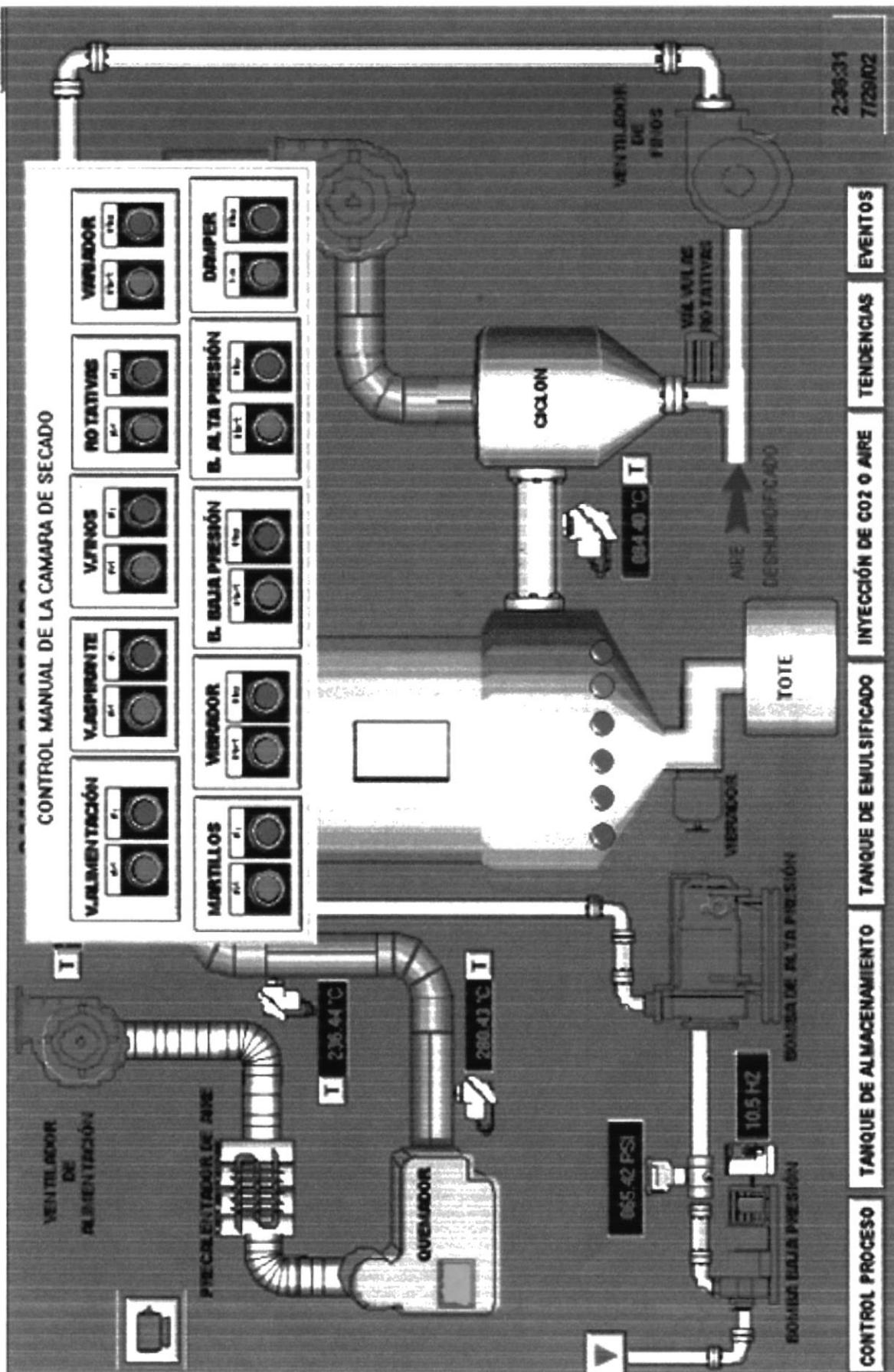
EVENTOS

14:31 ALM DISC V4 NO CIERRE
14:31 ALM DISC V3 NO APERTURA

M456 ALARMAS
M449 ALARMAS

ON/ ON UNACK_ALM
ON/ ON UNACK_ALM

ALARMA



ANEXO D

PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA SIMULACIÓN DEL PROYECTO UTILIZANDO EL SOFTWARE GE LM90

V A R I A B L E D E C L A R A T I O N T A B L E

REFERENCE	NICKNAME	REFERENCE DESCRIPTION
%I0001	PSUP	Switch posicion puerta superior
%I0002	PINF	Switch posicion puerta inferior
%I0003	SALPOLV	Switch posicion Salida Polvo
%I0004	V8	Switch posicion Valvula Agua
%I0005	V7	Switch posicion Valvula Extracto
%I0006	V6	Switch posicion Valvula Extracto
%I0007	SNIVEL	Switch Nivel.Tanque Emulsificado
%I0008	V1	Switch posicion Val Talmacenam.
%I0009	V2	Switch posicion Val Talmacenam.
%I0010	V3	Switch posicion Val Talmacenam.
%I0011	V4	Switch Val Salida Talmacenam1
%I0012	V5	Switch Val Salida Talmacenam2
%I0013	BURNER	Confirmacion Controlador BURNER
%Q0002	VENTALI	Ventilador Alimentacion Aire
%Q0003	DAMPER	Damper Entrada Chimenea/Torre
%Q0004	VENTASP	Ventilador Aspirante Aire
%Q0005	VALROT	Valvulas Rotativas
%Q0006	VENTFIN	Vent.Recuperador Polvos Finos
%Q0007	BOMBBAJ	Bomba de Baja Presion
%Q0008	BOMB CIR	Bomba Circulacion Extracto
%M0001	NBAJOT1	Sensor Nivel colocado en T1
%M0003	NALTOT1	Sensor Nivel colocado en T1
%M0005	CONFV3	Confirmacion Valvula#3 Abierta
%M0006	LLENT1	Confirno VlyV3 abiertas llenoT1
%M0007	VALV1	Activa/Desactiva Valvula#1
%M0009	VALV3	Activa/Desactiva Valvula#3
%M0010	VALV4	Activa/Desactiva Valvula#4
%M0014	EXTREP1	Extracto Tanque1 Reposado
%M0017	CONFNS	Controla On/Off B.Circulacion
%M0025	VALV2	Activa/Desactiva Valvula#2
%M0026	NBAJOT2	Sensor Nivel colocador en T2
%M0027	NALTOT2	Sensor Nivel colocado en T2
%M0029	CONFV2	Confirmacion Valvula#2 Abierta
%M0032	LLENT2	Confirno VlyV3 abiertas llenoT2
%M0040	VALV5	Activa/Desactiva Valvula#5
%M0041	CONFV5	Confirmacion Valvula#5 Abierta
%M0042	VACT2	V5 y B.Circ encendidas vaciarT2
%M0062	VACT1	V4 y B.Circ encendidas vaciarT1
%M0063	EXTREP2	Extracto Tanque2 Reposado
%M0072	TEMPEST	Temp.Entrada Camara Estables
%M0073		Ret.Tiempo enviar Damper a Torre
%M0074		Ret.Tiempo prender Val.Rotativas
%M0075		Ret. Tiempo prender V.PolvosFino
%M0081		Ret.Tiempo Abrir V8 Agua
%M0082	VALV8	Activa/Desactiva Valvula#8 Agua
%M0083		Ret.Tiempo prender B.BajaPresion
%M0084	TOBERA	Valvula posicion BYPASS/TORRE
%M0085	VARVEL	Variador Velocidad B.BajaPresion
%M0086	BALTAPR	Bomba de Alta Presion
%M0089		T.Emulsificado Lleno No Espuma
%M0090	BATIDOR	Batidor Colocado T.Emulsificado
%M0092		Temp.Salida Estable InTouch
%M0093	BARRANQ	Botonera Inicia Proceso Automat.
%M0096	VIBRAD	Vibrador de zaranda bajo camara
%M0097	MARTILL	Secuencia Martillos Base Camara
%M0098	VALV7	Activa/Desactiva Valvula#7

%M0099	VALV6	Activa/Desactiva Valvula#6
%M0100	CONFV7	Confirmacion Valvula#7 Abierta
%M0101	CONFV6	Confirmacion Valvula#8 Abierta
%M0110	MART#1	Activa/Desactiva Martillo#1
%M0111	MART#2	Activa/Desactiva Martillo#2
%M0112	MART#3	Activa/Desactiva Martillo#3
%M0113	MART#4	Activa/Desactiva Martillo#4
%M0114	MART#5	Activa/Desactiva Martillo#5
%M0115	MART#6	Activa/Desactiva Martillo#6
%M0117	CONFV8	Confirmacion Valvula#8 Abierta
%M0118		Apaga Sec.Martillos Man.Remoto
%M0125	ARRANQ	Cumplen PreCondiciones Arranque
%M0126	BURNON	Confirmacion PLC BURNER ON
%M0128		Ret.Tiempo prender V.Aspirante
%M0134	BPARADA	Botonera Detiene Proceso Automat
%M0221		Contacto Paro Automat. Var.Veloc
%M0222		Contacto Paro Automat. B.Alta
%M0224		Contacto Paro Automat. V.Aliment
%M0230		Contacto Paro Automat. B.Circ
%M0233		Prender/Apagar V.Asp. Limpieza
%M0234		Apagar Val.Rot Limpieza
%M0242		Contacto Paro Automat. V.Rotativ
%M0243		Ret.Tiempo prender B.AltaPresion
%M0245		Contacto Paro Automat. VFinos
%M0246		Contacto Paro Automat. Batidor
%M0248		Contacto Paro Automat. Vibrador
%M0251		En Paro Automat. Apagar Quemador
%M0266	CMANREM	Contacto ManRemoto LlenarTanques
%M0267	CAUTOM	Contacto Autom. LlenarTanques
%M0276	BMANREM	Botonera ManRemoto LlenarTanques
%M0277	BAUTOM	Botonera Automat. LlenarTanques
%M0280	BOTMANR	Botonera Manual Remoto Proceso
%M0281	BOTAUT	Botonera Automatico Proceso
%M0282	CONMANR	Contacto Manual Remoto Proceso
%M0283	CONAUT	Contacto Automatico Proceso
%M0286	BMANLOC	Botonera ManLocal LlenarTanques
%M0288	CMANLOC	Contacto ManLocal LlenarTanques
%M0295	BOTMANL	Botonera Manual Local Proceso
%M0297	CONMANL	Contacto Manual Local Proceso
%M0298		Enciende B.AltaPresion ManRemoto
%M0299		Enciende B.BajaPresion ManRemoto
%M0300		Enciende Vibrador Man.Remoto
%M0301		Enciende Sec.Martillos ManRemoto
%M0302		Enciende V.Aliment. Man.Remoto
%M0303		Enciende V.Aspirante Man.Remoto
%M0304		Enciende V.PolvosFinos ManRemoto
%M0305		Enciende V.Rotativas Man.Remoto
%M0306		Enciende B.Circulacion ManRemoto
%M0307		Enciende Batidor Man.Remoto
%M0308		Abrir Valvula#7 Man.Remoto
%M0309		Cerrar Vavula#6 Man.Remoto
%M0310		Abrir Valvula#6 Man.Remoto
%M0311		Cerrar Valvula#7 Man.Remoto
%M0312		Abrir Valvula#8 Man.Remoto
%M0313		Cerrar Valvula#8 Man.Remoto
%M0320		Apaga V.Aliment. Man.Remoto
%M0321		Apaga V.Aspirante Man.Remoto
%M0322		Apaga V.PolvosFinos Man.Remoto
%M0323		Apaga V.PolvosFinos Man.Remoto
%M0324		Apaga B.Circulacion Man.Remoto

Apaga Batidor Man.Remoto	VALCO2	%M0325
Apaga B.Altapresion Man.Remoto	VALCO2	%M0326
Apaga B.Bajapresion Man.Remoto	VALCO2	%M0327
Apaga Vibrador Man.Remoto	VALCO2	%M0328
Damper a Torre Man.Remoto	VALCO2	%M0330
Damper a Chimenea Man.Remoto	VALCO2	%M0331
Enciende Var.Velocidad ManRemoto	VALCO2	%M0420
Apaga Var.Velocidad Man.Remoto	VALCO2	%M0421
Abrir Valvula#4 Man.Remoto	VALCO2	%M0428
Cerrar Valvula#4 Man.Remoto	VALCO2	%M0429
Abrir Valvula#5 Man.Remoto	VALCO2	%M0430
Cerrar Valvula#5 Man.Remoto	VALCO2	%M0431
ALARMA NOApertura Valvula#3	VALCO2	%M0449
ALARMA NOApertura Valvula#2	VALCO2	%M0451
ALARMA NOApertura Valvula#1	VALCO2	%M0453
ALARMA NOcierre Valvula#1	VALCO2	%M0454
ALARMA NOApertura Valvula#4	VALCO2	%M0455
ALARMA NOcierre Valvula#4	VALCO2	%M0456
ALARMA NOApertura Valvula#5	VALCO2	%M0457
ALARMA NOcierre Valvula#5	VALCO2	%M0458
ALARMA FallaQuemador P.Automatic	VALCO2	%M0459
ALARMA Cerrar Puerta Inferior	VALCO2	%M0463
ALARMA Abrir Puerta Inferior	VALCO2	%M0464
ALARMA NOApertura Valvula#7	VALCO2	%M0465
ALARMA NOcierre Valvula#7	VALCO2	%M0466
ALARMA NOApertura Valvula#6	VALCO2	%M0467
ALARMA NOcierre Valvula#6	VALCO2	%M0468
ALARMA NOApertura Valvula#8	VALCO2	%M0469
ALARMA NOcierre Valvula#8	VALCO2	%M0470
ALARMA NOcierre Valvula#3	VALCO2	%M0471
ALARMA NOcierre Valvula#2	VALCO2	%M0472
ALARMA FallaQuemador P.ManRemoto	VALCO2	%M0474
ALARMA Valvula BYPASS a TORRE	VALCO2	%M0475
ALARMA Valvula TORRE a BYPASS	VALCO2	%M0476
Abrir Valvula CO2 Man.Remoto	VALCO2	%M0477
Valvula Linea de CO2	VALCO2	%M0478
Abrir Valvula Salida CO2/AIRE	VALSAL	%M0480
Valvula Salida Sist.InyeccionCO2	VALSAL	%M0481
Abrir Valvula Reguladora de CO2 o Aire	VALREG	%M0482
Abrir Val.Reguladora Man.Remoto	VALREG	%M0483
Cerrar Valvula CO2 Man.Remoto	VALREG	%M0484
Cerrar Val.Reguladora Man.Remoto	VALREG	%M0488
Abrir Valvula AIRE Man.Remoto	VALAIRE	%M0489
Valvula Linea AIRE	VALAIRE	%M0490
Cerrar Valvula AIRE Man.Remoto	VALAIRE	%M0491
Cerrar Valvula Salida CO2/AIRE	VALAIRE	%M0494
Confirmacion Valvula#4 Abierta	CONFA4	%M0503

```

|{      START OF PROGRAM LOGIC      }
|
|SELECCIÓN DEL CONTROL PARA EL LLENADO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE
|EXTRACTO
|
|BMANREM                                     %M0278
+--] [----- (^) --
|
|
| %M0278                                     CMANREM
+--] [----- (S) --
|
|
| %M0278                                     CAUTOM
+--] [---+----- (R) --
|
|
| %M0287 |
+--] [---+
|
|
|BAUTOM                                     %M0279
+--] [----- (^) --
|
|
| %M0279                                     CAUTOM
+--] [----- (S) --
|
|
| %M0279                                     CMANREM
+--] [---+----- (R) --
|
|
| %M0287 |
+--] [---+
|
|
|BMANLOC                                     %M0287
+--] [----- (^) --
|
|
| %M0287                                     CMANLOC
+--] [----- (S) --
|
|
|CMANLOC                                     CMANLOC
+--] [---+----- (R) --
|
|
| %M0279 |
+--] [---+
|
|NBAJOT1 +-----+                                     %M0020
+--] [---+ONDTR+----- ( ) --
|
|      |0.10s|
|NBAJOT1 |
+--]/[---+R |
|
|      |
| CONST -+PV |
| +00050 |
|
|      +-----+
|      %R0001

```



```

|NALTOT1 VALV4 V4 CMANREM %M0268 VALV3
+--)/[-----]/[-----]/[-----] [-----] [-----] (S)---
|
|%M0020 CAUTOM
+--) [-----] [-----]
|
|CMANLOC %M0289
+--) [-----] [-----]
|
| VALV3 V3 CONFV3
+--) [-----] [-----] ( )---
|
|CONFV3 %M0033
+--) [-----] [-----] (^)---
|
|
|%M0068 NBAJOT1 LLENT1
+--) [-----]/[-----] (R)---
|
|
|CONFV3 V1 VALV1 LLENT1
+--) [-----] [-----] [-----] (S)---
|
|
|%M0069 NBAJOT2 LLENT2
+--) [-----]/[-----] (R)---
|
|
|%M0012 %M0033 CAUTOM VALV1
+--) [---+---] [---+---] [-----] (S)---
|
| | |
| |%M0034 |
| +---) [---+
|
|%M0012 %M0407 CMANREM %M0270
+--) [---+---] [---+---] [-----] [---+
|
| | |
| |%M0408 |
| +---) [---+
|
|CMANLOC %M0291
+--) [-----] [-----]
|
|
|CMANREM %M0033 %M0407
+--) [-----] [-----] (S)---
|
|CMANREM %M0034 %M0408
+--) [-----] [-----] (S)---
|
|
|CMANREM CONFV3 %M0407
+--) [-----]/[-----] (R)---
|
|
|CMANREM CONFV2 %M0408
+--) [-----]/[-----] (R)---
|
|
|NALTOT1 %M0059
+--) [-----] [-----] ( )---
|

```




```

|
|NALTOT2                                     %M0060
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
|
| %M0060                                     %M0030
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] (^)--
|
| VALV1   V1   %M0060  CAUTOM                                     VALV2
+--]/[-----]/[-----]/[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] (R)--
|
|                                     |
|                                     |CMANREM %M0275 |
|                                     |
|CMANLOC %M0294                                     |
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] +
|
|
|NALTOT1  VALV3   V3   +-----+                                     EXTREP1
+--] [-----]/[-----]/[-----] + TMR +-----] [-----] [-----] ( )--
|
|                                     |0.10s|
|                                     |
|                                     CONST -+PV |
|                                     +00100 |
|                                     +-----+
|                                     %R0013
|
|FUNCIONAMIENTO ALTERNADO TANQUE # 1, CONTINUIDAD PROCESO
|
|EXTREP1                                     %M0130
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] (SM)--
|
|
|CONAUT  %M0130  %M0088  VALV5                                     VALV4
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] (S)--
|
|                                     |
|                                     |%M0263 |
|                                     +--] [-----] [-----] [-----] [-----]
|
|CONMANR %M0130  %M0428                                     |
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] +
|
|CONMANL %M0432                                     |
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] +
|
|
|CONFV4  %M0265                                     %M0260
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
|
| VALV4   V4                                     CONFV4
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|

```

|CONTROL AUTOMÁTICO BOMBA DE CIRCULACIÓN EXTRACTO, SWITCH DE NIVEL

```

|
|CONFV4 SNIVEL +-----+ CONFNSN
+--] [---+---]/[-----+ONDTR+----- ( )--
| | | |0.10s|
|CONFV5 | | |
+--] [---+ +-----+R |
| | | |
|SNIVEL | | |
+--] [-----+ CONST -+PV |
| | +00050 | |
| | +-----+ |
| | %R0016 |
|
|CONAUT CONFNSN %M0230 BOMBCIR
+--] [-----] [-----]/[---+----- ( )--
| |
|CONMANR %M0434 CONFNSN |
+--] [-----] [-----] [---+
| |
|CONMANL %M0435 %M0436 |
+--] [-----] [-----]/[---+
|
|CONMANR %M0306 VALV4 V4 %M0434
+--] [-----] [---+---] [-----] [---+----- (S)--
| | | |
| | VALV5 V5 |
| | +---] [-----] [---+
|
|CONMANR %M0324 BOMBBAJ %M0434
+--] [-----] [-----]/[----- (R)--
|
|CONFV4 BOMBCIR VACT1
+--] [-----] [----- ( )--
|
|FUNCIONAMIENTO ALTERNADO TANQUE # 2, CONTINUIDAD DEL PROCESO
|
|NALTOT2 VALV2 V2 +-----+ EXTREP2
+--] [-----]/[-----]/[---+ TMR +----- ( )--
| | | |0.10s|
| | | |
| | CONST -+PV |
| | +00100 | |
| | +-----+ |
| | %R0019 |
|
|EXTREP2 %M0131
+--] [----- (SM)--
|
|CONAUT %M0131 %M0260 VALV5
+--] [-----] [-----] [---+----- (S)--
| |
|CONMANR %M0131 %M0430 |
+--] [-----] [-----] [---+
| |
|CONMANL %M0437 |
+--] [-----] [-----+

```

```

|
|CONFV5 %M0264 %M0263
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
|
| VALV5 V5 CONFV5
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
|
|CONFV5 BOMB CIR VACT2
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
|CONTROLADOR DEL QUEMADOR RAQ, CONFIRMACIÓN DE FUNCIONAMIENTO
|
|BURNER BURNON
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
|ARRANQUE DEL SECADOR POR ASPERSIÓN
|
|CONAUT BARRANQ DAMPER TOBERA V7 V6 PSUP PINF ARRANQ
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
|
|CONAUT ARRANQ BURNON %M0224 VENTALI
+--] [---+---] [---+---] [---+---] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
| | |
| | VENTALI |
| | +--] [---+ |
|
|CONMANR %M0302 DAMPER %M0320 BURNON
+--] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] ( )--
|
| | |
| | VENTALI |
| | +--] [-----+ |
|
|CONMANL %M0400 %M0404
+--] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] [---+---] ( )--
|
| | |
| | VENTALI |
| | +--] [---+ |
|
|
|VENTALI +-----+ %M0252
+--] [---+ TMR +-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
| |0.10s|
| | |
| CONST -+PV |
| +00100 | |
| | +-----+ |
| | %R0106 |
|
|
|TEMPEST +-----+ %M0073
+--] [---+ TMR +-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
| |0.10s|
| | |
| CONST -+PV |
| +00050 | |
| | +-----+ |
| | %R0022 |

```

```

|CONAUT %M0252 %M0073 %M0254 DAMPER
+--] [---+--] [---+--] [-----]/[---+-----] ( )--
|
| |DAMPER|
| +--] [---+
|
|CONMANR %M0330 %M0401
+--] [---+--] [---+--]/[-----+
|
| |DAMPER|
| +--] [---+
|
|CONMANL %M0402 %M0403
+--] [---+--] [---+--]/[-----+
|
| |DAMPER|
| +--] [---+
|
|CONMANR %M0331 VENTASP %M0401
+--] [-----] [---+--]/[-----+-----] ( )--
|
| |VENTASP PINF|
| +--] [-----]/[---+
|
|DAMPER +-----+ %M0128
+--] [---+ TMR +-----] ( )--
|
| |0.10s|
|
| CONST -+PV
| +00100 |
|
| +-----+
| %R0082
|
|CONAUT VENTALI %M0128 %M0253 VENTASP
+--] [---+--] [---+--] [-----]/[---+-----] ( )--
|
| |VENTASP|
| +--] [---+
|
| |%M0233|
| +--] [-----+
|
|CONMANR %M0303 DAMPER %M0321 %M0253
+--] [---+--] [-----] [---+--]/[-----]/[---+
|
| |VENTASP|
| +--] [-----+
|
|CONMANL %M0410 %M0411 VENTALI DAMPER
+--] [---+--] [---+--]/[---+--] [-----] [---+
|
| |VENTASP| | PINF|
| +--] [---+ +--]/[-----+

```

```

|VENTASP +-----+                                     %M0074
+--] [---+ TMR +-----+----- ( )--
|      |0.10s|
|      |      |
| CONST -+PV |
| +00050 |
|      +-----+
|      %R0070
|
|CONAUT %M0074 %M0242                                     VALROT
+--] [---+ ] [---+ ]/[---+-----+----- ( )--
|      |      |
|      |VALROT |
|      +--] [---+ |
|      |      |
|      |%M0234 |
|      +--] [---+ |
|
|CONMANR %M0305 %M0323 |
+--] [---+ ] [---+ ]/[---+
|      |      |
|      |VALROT |
|      +--] [---+ |
|
|CONMANL %M0412 %M0413 |
+--] [---+ ] [---+ ]/[---+
|      |      |
|      |VALROT |
|      +--] [---+ |
|
|
|VALROT +-----+                                     %M0075
+--] [---+ TMR +-----+----- ( )--
|      |0.10s|
|      |      |
| CONST -+PV |
| +00050 |
|      +-----+
|      %R0025
|
|CONAUT %M0075 %M0245 %M0255                             VENTFIN
+--] [---+ ] [---+ ]/[---+ ]/[---+-----+----- ( )--
|      |      |
|      |VENTFIN|
|      +--] [---+ |
|
|CONMANR %M0304 VALROT %M0322 |
+--] [---+ ] [---+ ] [---+ ]/[---+
|      |      |
|      |VENTFIN |
|      +--] [-----+
|
|CONMANL %M0414 %M0415 |
+--] [---+ ] [---+ ]/[-----+
|      |      |
|      |VENTFIN|
|      +--] [---+ |
|
|

```

```

| PINF VENTFIN +-----+                                     %M0076
+--] [-----] [---+ TMR +-----] ( )--
|           |0.10s|
|           |      |
|           CONST -+PV |
|           +00050 |
|           +-----+
|           %R0109
|
|
| %M0079 SALPOLV                                           %M0080
+--] [-----]/[-----] ( )--
|
|
| %M0080 +-----+                                           %M0081
+--] [---+ TMR +-----] ( ^ )--
|           |0.10s|
|           |      |
|           CONST -+PV |
|           +00100 |
|           +-----+
|           %R0076
|
|
| CONAUT %M0081 V7 V6 VALV8 (S)--
+--] [-----] [---+]/[-----]/[-----]
|
| CONMANR %M0312 |
+--] [-----] [---+
|
| CONMANL %M0416 |
+--] [-----] [---+
|
| VALV8 V8 CONFV8 ( )--
+--] [-----] [-----]
|
|
| CONFV8 +-----+                                           %M0083
+--] [---+ TMR +-----] ( )--
|           |0.10s|
|           |      |
|           CONST -+PV |
|           +00050 |
|           +-----+
|           %R0031
|
|

```

```

|
|CONAUT %M0083 %M0221 %M0409 BOMBBAJ
+--] [---] [---]/[---]/[---]----- ( )--
|
| BOMBBAJ |
| +--] [---] |
|
|CONMANR %M0299 VALV7 V7 %M0409 %M0327 |
+--] [---] [---] [---] [---]/[---]/[---]
|
| BOMBBAJ VALV6 V6 |
| +--] [---] [---] [---] |
|
| VALV8 V8 |
|
|CONMANL %M0418 VALV8 V8 %M0419
+--] [---] [---] [---] [---]/[---]
|
| BOMBBAJ |
| +--] [---] |
|
|
|CONAUT BOMBBAJ %M0221 VARVEL
+--] [---] [---]/[---]----- ( )--
|
| VARVEL |
| +--] [---] |
|
|CONMANR %M0420 %M0422 |
+--] [---] [---]/[---]
|
| VARVEL |
| +--] [---] |
|
|CONMANL %M0423 %M0424 |
+--] [---] [---]/[---]
|
| VARVEL |
| +--] [---] |
|
|CONMANR %M0421 BOMBBAJ %M0422
+--] [---] [---]/[---]----- ( )--
|
|
|CONMANL %M0425 BOMBBAJ %M0424
+--] [---] [---]/[---]----- ( )--
|
| BOMBBAJ VARVEL +-----+ %M0243
+--] [---] [---+ TMR +-----] ( )--
|
| |0.10s|
| | |
| CONST -+PV |
| +00020 |
|
| +-----+
| %R0079
|
|
|CONAUT %M0243 %M0222 %M0409 BALTAPR

```



```

|
|CONAUT %M0092 %M0248 VIBRAD
+--] [---+---] [---+---]/[---+-----] ( )--
|
| | |
| |VIBRAD |
| | +---] [---+ |
|
|CONMANR %M0300 %M0328
+--] [---+---] [---+---]/[---+
|
| | |
| |VIBRAD |
| | +---] [---+ |
|
|CONMANL %M0441 %M0442 |
+--] [---+---] [---+---] [---+
|
| | |
| |VIBRAD |
| | +---] [---+ |
|
|
|CONAUT VIBRAD MARTILL
+--] [-----] [-----]-----] ( )--
|
|CONMANR %M0301 %M0118 |
+--] [---+---] [---+---]/[---+
|
| | |
| |MARTILL|
| | +---] [---+ |
|
|CONMANL %M0443 %M0444 |
+--] [-----] [-----]/[---+
|
|SECUENCIA DE MARTILLOS EN LA BASE DE LA CÁMARA DE SECADO
|
|MARTILL T_SEC +-----+
+--] [-----]/[--->UPCTR+-
|
| | |
| %M0106 | | |
+--] [---+-----+R |
|
| | |
| %M0118 | | |
+--] [---+ CONST -+PV |
| +00100 | |
| +-----+
| %R0049
|
|
|MARTILL +-----+ MART#1
+--] [---+ EQ_ |-----] (S)--
| | INT ||
| | | ||
| %R0049 -+I1 Q++
| | |
| CONST -+I2 |
| +00001 +-----+
|

```

```

|
|MART#1 +-----+
+--] [---+ONDTR+----- ( )--
|          |0.10s|
|MART#1 |
+--]/[---+R |
|          |
| CONST -+PV |
| +00020 |
|          +-----+
|          %R0052
|
|
| %M0103
+--] [----- (R)--
|
|
|MARTILL +-----+
+--] [---+ EQ_ |----- (S)--
|          | INT ||
|          | ||
| %R0049 -+I1 Q++
|          | |
| CONST -+I2 |
| +00006 +-----+
|
|
|MART#2 +-----+
+--] [---+ONDTR+----- ( )--
|          |0.10s|
|MART#2 |
+--]/[---+R |
|          |
| CONST -+PV |
| +00020 |
|          +-----+
|          %R0055
|
|
| %M0104
+--] [----- (R)--
|
|
|MARTILL +-----+
+--] [---+ EQ_ |----- (S)--
|          | INT ||
|          | ||
| %R0049 -+I1 Q++
|          | |
| CONST -+I2 |
| +00011 +-----+
|
|
|MART#3 +-----+
+--] [---+ONDTR+----- ( )--
|          |0.10s|
|MART#3 |
+--]/[---+R |
|          |
| CONST -+PV |
| +00020 |
|          +-----+
|          %R0058

```

```

| %M0105                                     MART#3
+--] [----- (R) --
|
| MARTILL +-----+                                     %M0106
+--] [---+ EQ_ |----- ( ) --
|           | INT ||
|           |     ||
| %R0049 -+I1 Q++
|           |     |
| CONST -+I2 |
| +00047 +-----+
|
| MARTILL +-----+                                     MART#4
+--] [---+ EQ_ |----- (S) --
|           | INT ||
|           |     ||
| %R0049 -+I1 Q++
|           |     |
| CONST -+I2 |
| +00016 +-----+
|
| MART#4 +-----+                                     %M0107
+--] [---+ONDTR+----- ( ) --
|           |0.10s|
| MART#4 |     |
+--]/[---+R |
|           |     |
| CONST -+PV |
| +00020 |
|           +-----+
|           %R0061
|
| %M0107                                     MART#4
+--] [----- (R) --
|
| MARTILL +-----+                                     MART#5
+--] [---+ EQ_ |----- (S) --
|           | INT ||
|           |     ||
| CONST -+I1 Q++
| +00021 |
|           |     |
| %R0049 -+I2 |
|           +-----+
|
| MART#5 +-----+                                     %M0108
+--] [---+ONDTR+----- ( ) --
|           |0.10s|
| MART#5 |     |
+--]/[---+R |
|           |     |
| CONST -+PV |
| +00020 |
|           +-----+
|           %R0064

```

```

| %M0108                                     MART#5
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] (R) --
|
|
|MARTILL +-----+                                     MART#6
+--] [---+ EQ_ | +-----] [-----] (S) --
|           | INT ||
|           |   ||
| %R0049 -+I1 Q++
|           |   |
| CONST -+I2 |
| +00027 +-----+
|
|
|MART#6 +-----+                                     %M0109
+--] [---+ONDTR+-----] [-----] ( ) --
|           |0.10s|
|MART#6 |   |
+--]/[---+R |
|           |   |
| CONST -+PV |
| +00020 |   |
|           +-----+
|           %R0067
|
|
| %M0109                                     MART#6
+--]/[-----] [-----] [-----] (R) --
|
|
| CONAUT MARTILL                                     VALV7
+--] [-----] [---+-----] [-----] (S) --
|           |
| CONMANR %M0308 |
+--] [-----] [---+
|           |
| CONMANL %M0445 |
+--] [-----] [---+
|
|
| CONAUT MARTILL VALV8 V8                                     VALV6
+--] [-----] [-----]/[-----]/[---+-----] (S) --
|           |
| CONMANR %M0310 |
+--] [-----] [-----] +
|           |
| CONMANL %M0447 |
+--] [-----] [-----] +
|
|
| VALV7 V7                                     CONFV7
+--] [-----] [-----] [-----] ( ) --
|
|
| VALV6 V6                                     CONFV6
+--] [-----] [-----] [-----] ( ) --
|

```

```

|CONAUT CONFV7
+--] [-----] [-----]----- (R)--
|
|CONMANR %M0313 BOMBBAJ
+--] [-----] [---+---]/[-----+
|
|          |BOMBBAJ CONFV7 |
|          +---] [---+---] [---+
|
|          |CONFV6 |
|          +---] [---+
|
|CONMANR %M0417
+--] [-----] [-----]-----+
|
|SECUENCIA DE PARADA PARA EL SECADOR, OPERACIÓN NORMAL
|
|BPARADA
+--] [-----] [-----]----- (S)--
|
|%M0220 T_SEC +-----+
+--] [-----] [--->UPCTR+-
|
|MARTILL
+--]/[-----+R
|
|          CONST -+PV
|          +01200
|          +-----+
|          %R0088
|
|%M0220 +-----+
+--] [---+ GE_ |----- ( )--
|          | INT ||
|          |     ||
|%R0088 -+I1 Q++
|          |     |
|          CONST -+I2
|          +00003 +-----+
|
|
|%M0220 BOMBBAJ +-----+
+--] [-----]/[---+ GE_ |----- ( )--
|          | INT ||
|          |     ||
|          %R0088 -+I1 Q++
|          |     |
|          CONST -+I2
|          +00005 +-----+
|
|
|%M0220 %M0222 +-----+
+--] [-----] [---+ GE_ |----- ( )--
|          | INT ||
|          |     ||
|          %R0088 -+I1 Q++
|          |     |
|          CONST -+I2
|          +00030 +-----+
|
|

```

```

|
| %M0220 DAMPER +-----+                                     %M0251
+--] [-----]/[---+ GE_ | +-----+----- ( )--
|           | INT ||
|           |   ||
|           %R0088 -+I1 Q++
|           |   ||
|           CONST -+I2 |
|           +00050 +-----+
|
|
| %M0220 +-----+                                     %M0225
+--] [---+ GE_ | +-----+----- ( )--
|           | INT ||
|           |   ||
| %R0088 -+I1 Q++
|           |   ||
| CONST -+I2 |
| +00055 +-----+
|
|
| %M0220 PINF T_SEC +-----+                                     %M0244
+--] [-----]/[-----] [--->UPCTR+-----+----- ( )--
|           |   ||
| MARTILL |   ||
+--]/[-----+R |
|           |   ||
|           CONST -+PV |
|           +00200 |
|           +-----+
|           %R0100
|
| %M0220 +-----+                                     %M0234
+--] [---+ EQ_ | +-----+----- (S)--
|           | INT ||
|           |   ||
| %R0100 -+I1 Q++
|           |   ||
| CONST -+I2 |
| +00010 +-----+
|
|
| %M0220 +-----+                                     %M0233
+--] [---+ EQ_ | +-----+----- (S)--
|           | INT ||
|           |   ||
|
|           |   ||
| CONST -+I2 |
| +00025 +-----+
|
|
| %M0220 +-----+                                     %M0233
+--] [---+ EQ_ | +-----+----- (R)--
|           | INT ||
|           |   ||
| %R0100 -+I1 Q++
|           |   ||
| CONST -+I2 |
| +00085 +-----+
|
|

```

```

| %M0220 +-----+                                     %M0245
+--] [---+ GE_ | +-----+ ( )--
|         | INT ||
|         |    ||
| %R0100 -+I1 Q++
|         |    |
| CONST -+I2 |
| +00090 +-----+
|
|
| %M0220 +-----+                                     %M0234
+--] [---+ EQ_ | +-----+ (R)--
|         | INT ||
|         |    ||
| %R0100 -+I1 Q++
|         |    |
| CONST -+I2 |
| +00095 +-----+
|
|
| %M0220 %M0234 +-----+                               %M0230
+--] [-----]/[---+ GE_ | +-----+ ( )--
|         | INT ||
|         |    ||
|         %R0100 -+I1 Q++
|         |    |
|         CONST -+I2 |
|         +00100 +-----+
|
|
| %M0220 +-----+                                     %M0246
+--] [---+ GE_ | +-----+ ( )--
|         | INT ||
|         |    ||
| %R0100 -+I1 Q++
|         |    |
| CONST -+I2 |
| +00110 +-----+
|
|
| %M0220 +-----+                                     %M0247
+--] [---+ GE_ | +-----+ ( )--
|         | INT ||
|         |    ||
| %R0100 -+I1 Q++
|         |    |
| CONST -+I2 |
| +00115 +-----+
|
|
| %M0220 +-----+                                     %M0248
+--] [---+ GE_ | +-----+ ( )--
|         | INT ||
|         |    ||
| %R0100 -+I1 Q++
|         |    |
| CONST -+I2 |
| +00120 +-----+
|

```

```

|
|CONAUT %M0247 VALV7
+--] [-----] [-----]----- (R)--
|
|CONMANR %M0311 BOMBBAJ |
+--] [-----] [---+---]/[-----]
| | |
| | |BOMBBAJ V6 |
| | | +--] [---+---] [---+
| | | |
| | | V8 |
| | | +--] [---+
| | |
|CONMANL %M0448 |
+--] [-----] [-----]-----+
|
|CONAUT %M0247 VALV6
+--] [-----] [-----]----- (R)--
|
|CONMANR %M0309 BOMBBAJ |
+--] [-----] [---+---]/[-----]
| | |
| | |BOMBBAJ V7 |
| | | +--] [---+---] [---+
| | | |
| | | V8 |
| | | +--] [---+
| | |
|CONMANL %M0445 |
+--] [-----] [-----]-----+
|
|CONAUT %M0220 %M0230 VALV4
+--] [---+---] [-----] [---+----- (R)--
| | |
| | |CONFV4 NBAJOT1|
| | | +--] [-----] [---+
| | |
|CONMANR BOMBCIR %M0429 |
+--] [---+---]/[---+---] [---+
| | |
| | | V5 |
| | | +--] [---+
| | |
|CONMANL %M0433 |
+--] [-----] [-----]-----+
|
|CONAUT %M0220 %M0230 VALV5
+--] [---+---] [-----] [---+----- (R)--
| | |
| | |CONFV5 NBAJOT2|
| | | +--] [-----] [---+
| | |
|CONMANR BOMBCIR %M0431 |
+--] [---+---]/[---+---] [---+
| | |
| | | V4 |
| | | +--] [---+
| | |
|CONMANL %M0438 |
+--] [-----] [-----]-----+

```

```

|
|NBAJOT2                                     %M0131
+--] [-----]----- (RM)--
|
|NBAJOT1                                     %M0130
+--] [-----]----- (RM)--
|
| %M0224  %M0233                             %M0240
+--] [-----]/[-----]----- ( )--
|
| %M0229                                     %M0241
+--] [-----]----- ( )--
|
| %M0225  %M0234                             %M0242
+--] [-----]/[-----]----- ( )--
|
|MARTILL                                     %M0220
+--]/[-----]----- (R)--
|
|VENTALI +-----+                           %M0253
+--]/[---+ TMR +-----]----- ( )--
|           |0.10s|
|           |
| CONST -+PV |
| +00050 |
|           +-----+
|           %R0112
|
| %M0253 +-----+                           %M0254
+--] [---+ TMR +-----]----- ( )--
|           |0.10s|
|           |
| CONST -+PV |
| +00050 |
|           +-----+
|           %R0115
|
|VALROT +-----+                           %M0255
+--]/[---+ TMR +-----]----- ( )--
|           |0.10s|
|           |
| CONST -+PV |
| +00050 |
|           +-----+
|           %R0118
| %M0253 +-----+                           %M0409
+--] [---+ TMR +-----]----- ( )--
|           |0.10s|
|           |
| CONST -+PV |
| +00020 |
|           +-----+
|           %R0130

```



```

|
|
| %M0317 CONAUT
+--]/[----- (R)--
|
| BOTMANL %M0296
+--] [----- (^)--
|
|
| %M0296 CONMANL
+--] [----- (S)--
|
|
| %M0296 %M0318
+--] [----- (S)--
|
|
| %M0318 +-----+ %M0319
+--] [---+OFDT +----- ( )--
| |0.10s|
| | |
| CONST -+PV |
| +00030 |
| | +-----+
| | %R0127
|
| %M0319 CONMANL
+--]/[----- (R)--
|
| %M0285 %M0318
+--] [----- (R)--
|
| %M0284 |
+--] [--+
|
| SISTEMA DE ALARMAS PARA APERTURA Y CIERRE DE VÁLVULAS
|
| VALV3 V3 +-----+ %M0449
+--] [-----]/[---+ TMR +----- ( )--
| |0.10s|
| | |
| | CONST -+PV |
| | +00070 |
| | +-----+
| | %R0133
| VALV3 V3 +-----+ %M0471
+--]/[-----] [---+ TMR +----- ( )--
| |0.10s|
| | |
| | CONST -+PV |
| | +00070 |
| | +-----+
| | %R0136
| VALV2 V2 +-----+ %M0451
+--] [-----]/[---+ TMR +----- ( )--
| |0.10s|
| | |
| | CONST -+PV |
| | +00070 |
| | +-----+

```

```

|                                     %R0139
|
| VALV2    V2    +-----+
+--]/[-----] [---+ TMR +-----+ %M0472
|                                     |
|                                     |0.10s|
|                                     |
|                                     |
|          CONST -+PV |
|          +00070 |
|                                     +-----+
|                                     %R0142
|
| VALV1    V1    +-----+
+--] [-----]/[---+ TMR +-----+ %M0453
|                                     |
|                                     |0.10s|
|                                     |
|                                     |
|          CONST -+PV |
|          +00070 |
|                                     +-----+
|                                     %R0145
|
| VALV1    V1    +-----+
+--]/[-----] [---+ TMR +-----+ %M0454
|                                     |
|                                     |0.10s|
|                                     |
|                                     |
|          CONST -+PV |
|          +00070 |
|                                     +-----+
|                                     %R0148
|
| VALV4    V4    +-----+
+--] [-----]/[---+ TMR +-----+ %M0455
|                                     |
|                                     |0.10s|
|                                     |
|                                     |
|          CONST -+PV |
|          +00070 |
|                                     +-----+
|                                     %R0151
|
| VALV4    V4    +-----+
+--]/[-----] [---+ TMR +-----+ %M0456
|                                     |
|                                     |0.10s|
|                                     |
|                                     |
|          CONST -+PV |
|          +00070 |
|                                     +-----+
|                                     %R0154
|
| VALV5    V5    +-----+
+--] [-----]/[---+ TMR +-----+ %M0457
|                                     |
|                                     |0.10s|
|                                     |
|                                     |
|          CONST -+PV |
|          +00070 |
|                                     +-----+
|                                     %R0157
|

```

```

| VALV5      V5      +-----+                                     %M0458
+--]/[-----] [---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV |
|          +00070 |
|                                     +-----+
|                                     %R0160
|
| SISTEMA DE ALARMA PARA FALLA DEL QUEMADOR
|
| CONAUT  %M0473  BURNER  +-----+                                     %M0459
+--] [-----] [-----]/[---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV |
|          +00050 |
|                                     +-----+
|                                     %R0163
|
| %M0459  %M0506                                     %M0505
+--] [---+]/[-----+-----+----- ( )--
|                                     |
| %M0505 |
+--] [---+
|
| %M0504                                     %M0506
+--] [-----+-----+----- (S)--
|
| BURNER                                     %M0506
+--] [-----+-----+----- (R)--
|
|
| CONMANR BURNER  +-----+                                     %M0474
+--] [-----]/[---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV |
|          +00050 |
|                                     +-----+
|                                     %R0166
|
| AVISO CAMBIAR POSICIÓN DE TOBERA
|
| %M0475  TOBERA  +-----+                                     %M0476
+--] [-----]/[---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV |
|          +00070 |
|                                     +-----+
|                                     %R0169
|

```

| AVISO DE ESTADO DE PUERTA INFERIOR DE LA CÁMARA DE SECADO

```

| %M0462  PINF  +-----+                                     %M0463
+--] [-----]/[---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV  |
|          +00070 |      |
|                                     +-----+
|                                     %R0172
|

```

```

| %M0220  VENTFIN  PINF  +-----+                                     %M0464
+--] [-----]/[-----] [---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV  |
|          +00070 |      |
|                                     +-----+
|                                     %R0175
|

```

| FALLA DE APERTURA Y CIERRE DE VÁLVULAS EN EL SISTEMA DE PRETRATAMIENTO

```

| VALV7    V7    +-----+                                     %M0465
+--] [-----]/[---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV  |
|          +00070 |      |
|                                     +-----+
|                                     %R0178
|

```

```

| VALV7    V7    +-----+                                     %M0466
+--]/[-----] [---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV  |
|          +00070 |      |
|                                     +-----+
|                                     %R0181
|

```

```

| VALV6    V6    +-----+                                     %M0467
+--] [-----]/[---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV  |
|          +00070 |      |
|                                     +-----+
|                                     %R0184
|

```

```

| VALV6    V6    +-----+                                     %M0468
+--]/[-----] [---+ TMR +-----+----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV  |
|          +00070 |      |
|                                     +-----+
|                                     %R0187
|

```

```

| VALV8      V8      +-----+                                     %M0469
+--] [-----]/[---+ TMR +----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV  |
|          +00070 |      |
|                                     +-----+
|                                     %R0190
|
| VALV8      V8      +-----+                                     %M0470
+--]/[-----] [---+ TMR +----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV  |
|          +00070 |      |
|                                     +-----+
|                                     %R0193
|
|ARRANQ                                           %M0473
+--] [----- (S)--
|
| %M0220                                           %M0473
+--] [----- (R)--
|
|
|CONAUT  BATIDOR                                           VALCO2
+--] [-----] [-----+----- (S)--
|
|CONMANR %M0477  VALAIRE|
+--] [-----] [-----]/[---+
|
|CONAUT  VALCO2  +-----+                                     %M0479
+--] [-----] [---+ TMR +----- ( )--
|                                     |0.10s|
|                                     |      |
|          CONST -+PV  |
|          +00050 |      |
|                                     +-----+
|                                     %R0196
|
|CONAUT  %M0479                                           VALSAL
+--] [-----] [---+----- (S)--
|
|CONMANR %M0480 |
+--] [-----] [---+
|
|CONAUT  VALSAL  VALCO2                                           VALREG
+--] [-----] [-----] [---+----- (S)--
|
|CONMANR %M0483 |
+--] [-----] [-----+
|

```

```

|
|CONAUT  BATIDOR                                     VALCO2
+--] [-----]/[---+----- (R)---
|
|CONMANR  %M0484 |
+--] [-----] [---+
|
|
|VALCO2  +-----+                                     %M0485
+--]/[---+ TMR +----- ( )---
|          |0.10s|
|          |
|CONST  -+PV |
|+00050 |
|          +-----+
|          %R0199
|
|
|CONAUT  %M0485                                     VALSAL
+--] [-----] [---+----- (R)---
|
|CONMANR  %M0494 |
+--] [-----] [---+
|
|
|VALSAL  +-----+                                     %M0487
+--]/[---+ TMR +----- ( )---
|          |0.10s|
|          |
|CONST  -+PV |
|+00050 |
|          +-----+
|          %R0202
|
|
|CONAUT  %M0487                                     VALREG
+--] [-----] [---+----- (R)---
|
|CONMANR  %M0488 |
+--] [-----] [---+
|
| %M0409 |
+--] [-----+
|
|
|CONMANR  %M0489  VALCO2                             VALAIRE
+--] [-----] [-----]/[----- (S)---
|
|
|CONMANR  %M0491                                     VALAIRE
+--] [-----] [----- (R)---
|
|
|CONAUT  BOMBCIR                                     %M0495
+--] [---+---] [----- ( ^ )---
|
|CONMANR |
+--] [---+
|
|

```

```

| %M0495                                     %M0496
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] (S)--
|
|
| CONMANR %M0246                             %M0496
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] (R)--
|
| CONMANR %M0325 |
+--] [-----] [-----]
|
| SIMULACION DEL CONTROLADOR DE LA HUMEDAD DEL PRODUCTO FINAL
|
| %M0497 +-----+                             %M0498
+--] [---+ GE_ | +-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|           | INT | |
|           | | |
| %R0205 -+I1 Q++
|           | | |
| CONST -+I2 |
| +22744 +-----+
| %M0497 +-----+                             %M0499
+--] [---+ LT_ | +-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|           | INT | |
|           | | |
| %R0205 -+I1 Q++
|           | | |
| CONST -+I2 |
| +21973 +-----+
|
|
| %M0498 %M0502 +-----+
+--] [-----] [-----] [---+ ADD_+-
|           | INT | |
|           | | |
|           %R0206 -+I1 Q+-%R0206
|           | | |
|           CONST -+I2 |
|           +00273 +-----+
|
| %M0499 %M0502 +-----+
+--] [-----] [-----] [---+ SUB_+-
|           | INT | |
|           | | |
|           %R0206 -+I1 Q+-%R0206
|           | | |
|           CONST -+I2 |
|           +00273 +-----+
|
| %M0497                                     %M0500
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] (^)--
|
|
| %M0500 +-----+
+--] [---+MOVE_+-
|           | INT | |
|           | | |
| CONST -+IN Q+-%R0206
|
|           +-----+
|

```


CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El secado por aspersión en la fabricación de café instantáneo es un proceso que debe cumplir con especificaciones bastante precisas en cuanto a la calidad del producto final, los parámetros: color, densidad, %humedad la determinan.
- En el secado por aspersión del extracto de café, están involucradas diversas variables tales como temperatura, presión, flujo. Si durante la producción no se logra mantener a las variables anteriormente mencionadas en rangos considerablemente pequeños para períodos de tiempo prolongados, la calidad del producto final se ve gravemente afectada.
- En el secado por aspersión, cada variable no incide únicamente en un sólo parámetro de calidad para café, sino en varios a la vez, lo que dificulta la elección de las variables a controlar para los distintos lazos de control.
- Observaciones realizadas en la planta de procesamiento nos permitieron concluir que la temperatura del aire de salida es la variable con mayor incidencia sobre el porcentaje de humedad en el producto final. El tiempo de respuesta de esta variable a cambios en la presión de ingreso del extracto a la cámara es bastante pequeño permitiendo realizar un control más fino que con cualquier otra regulación.
- La automatización del secador permite, mediante procesos continuos y constantemente controlados, obtener una estabilización rápida del proceso en

todas sus etapas para alcanzar el tipo de calidad deseada y mantenerla durante el funcionamiento del equipo

- El control automático del proceso busca aumentar la eficiencia del equipo mediante reducción de paradas y tiempos perdidos.
- El monitoreo de los parámetros involucrados en el secador por aspersion a lo largo del proceso proporciona al supervisor de la planta la posibilidad de observar su comportamiento y tomar acciones correctivas o preventivas para mantenerlos en valores constantes si el caso así lo amerita.
- Para lograr los propósitos de la automatización es necesario contar con instrumentos de medición con la suficiente confiabilidad y exactitud además de un PLC que proporcione robustez al sistema.
- La programación del sistema de control y la ejecución por parte del controlador permite controlar la evolución del proceso actuando de manera correcta sobre los equipos conectados en las salidas del PLC.
- La Interfaz Hombre Máquina diseñada para el proyecto permite establecer una comunicación fácil y transparente entre el usuario y el equipo en el proceso.
- En el diseño de las pantallas de visualización es necesario establecer un formato estándar para la presentación, de manera que las nuevas aplicaciones sean consistentes en toda la planta, facilitando su comprensión a cualquier usuario en el lugar que se encuentre.
- El control adecuado sobre los equipos que integran un proceso, con secuencias lógicas de arranque y parada de acuerdo a los manuales de operación, brinda a la empresa ahorros en cuanto a consumo de energía se refiere, disminuyendo de esta forma los costos de producción.

- Sin la implementación del proyecto es imposible cuantificar los ahorros de energía que se logran con la automatización del secador.

- Durante la realización de este proyecto de tesis, utilizando las herramientas del Laboratorio de Automatización realizamos la simulación del comportamiento de cada una de las variables del proceso mediante funciones matemáticas desde Intouch. Al fusionar la parte de control y monitoreo del proceso tuvimos problemas de retardo en la comunicación. Por lo tanto se recomienda realizar todas las funciones matemáticas desde el software de programación del PLC y utilizar Intouch únicamente para el monitoreo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Masters, K, "Spray Drying An Introduction to Principles, Operational Practice and Applications", Leonard Hill Books, London, 1972
2. Robinson, S. G., Food and Drink, p.6-7, Octubre 2000
3. Stephan, D., Food and Drink, p. 4-5, Enero 2002
4. Foxboro, Administración de la Energía en las Industrias de Procesos, p.8, EEUU, 1981
5. Niro Atomizer, "Spray Drying Operation Manual", 1978
6. Anderson, A. , "Instrumentation for Process Measurement and Control", Segunda Edición, Chilton Book Company, Radnor Pa, 1972
7. Endress + Hauser, "Documentation Archive CD", Segunda Edición, 2001
8. Shinskey, F.G., "Sistemas de Control de procesos".Tomo 1, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE MÉXICO, México, 1996
9. Smith, C., Corripio. A. , "Control Automático de Procesos Teoría y Práctica", Noriega Editorial, México, 1997
10. "Series 90 Micro Programmable Logic Controller" Self Teach Manual, GE Fanuc, Automation, 1996

