

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE INGENIERÍA CONCEPTUAL

En los alcances definidos para el estudio de ingeniería conceptual, se trató de abarcar el mayor número posible de actividades para establecer un escenario completo. Esto incluye una descripción detallada del sistema a sustituir con las soluciones de automatización seleccionadas y con las especificaciones generales del sistema de control.

IV.1 Descripción del proceso en estudio

El proceso se inicia con la recepción de la materia prima y para extraerla del camión se debe presurizar mediante un compresor K-1101, es llevada al silo de almacenamiento SL-1101. Este silo tiene acoplado un vibrador M-1102 cuya función es despegar la sémola adherida a las paredes del silo. Luego la materia prima pasa a través de un tornillo sin fin A-1101 (ver figura 22), y pasa por una válvula estrella que lleva la sémola a la tubería sin dejar escapar la presión. Esta entra al ciclón S-1101 que la transporta, con su movimiento giratorio, hasta el plansister. Al llegar allí el aire que contiene partículas de sémola se realimentan al ciclón S-1101. La corriente principal saliente del plansister pasa al ciclón S-1104, y el aire de presión, igualmente con partículas de sémola, se extrae del ciclón y se lleva a los filtros de tela S-1101, donde se acumula la sémola y regresa al ciclón S-1101. Las partículas grandes del plansister se extraen por una compuerta de descarte. En la parte posterior del ciclón se encuentra el pulmón A-1102 donde cae la sémola dosificada (ver fig.28) para pasar al sistema de amasado (ver fig. 24), a través del tornillo sin fin A-1103.

En la primera prensa A-1105, cae la sémola con una cantidad dosificada de agua (ver fig. 26 y 27) donde esa pasta se amasa por segunda vez en A-1106 y pasa luego al amasado al vacío equipo A-1107 que se muestra en la figura 25, donde se retira

presión a través de una bomba de vacío P-1101, la pasta es luego transportada a través de un tornillo sin fin hasta una extrusora, A-1109.



Figura 23. Tornillo Sin fin



Figura 24. Tina Amasadora Principal



Figura 25. Amasadora al vacío



Figura 26. Sistema de dosificación de agua



Figura 27. Dosificación de agua



Figura 28. Sistema de dosificación de sémola

La extrusión de la pasta se realiza con un grupo de compresión con un tornillo sin fin de paso variable A-1108, que comprime la masa través de las torrajas del molde. La forma que toma la masa se le da por medio de dos tipos de equipos, uno denominado CAR 500 (fig. 29) y el otro HOJA 1000 (fig. 30), el CAR 500 se utiliza para formatos completos como por ejemplo las plumitas y la HOJA 1000 es para formatos cortados tipo troquel.



Figura 29. Equipo CAR 500

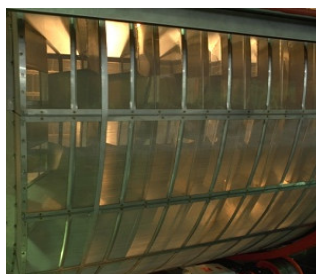


Figura 30. Equipo HOJA 1000

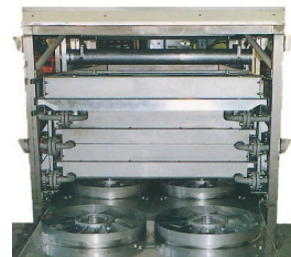
Para el proceso de secado la línea cuenta con un Trabatto A-1110, dotado con un sistema de ventiladores (ver fig. 32) y motovibradores para mover el producto y evitar que se peguen unas formas con otras y donde se retira el primer porcentaje de humedad que posee la pasta al salir de la extrusora, al salir de allí la pasta pasa al presecado que se realiza en el primer rotante D-1101, luego pasa al segundo D-1102 y tercer rotante D-1103 para el secado y estabilización en el cuarto rotante D-1104 (fig. 31). Dichos rotantes están compuestos por 24 sectores (fig. 32), a través de los cuales circula la pasta durante el secado, cada rotante está apoyado sobre una base que le da la inclinación apropiada y además están cubiertos por paneles de fiberglass.



**Figura 31. Secador rotante
vista de frente**



**Figura 32. Sectores
del rotante**



**Figura 33. Ventiladores
del trabatto**

El suministro de calor para efectuar el secado se hace por medio de los intercambiadores de calor E-1102, E-1103 y E-1104) situados en la parte superior de cada rotante (fig. 34), a través del serpentín de cada uno circula agua caliente proveniente del calentador correspondiente a la línea 3. Encima de cada intercambiador se encuentra instalado un ventilador axial (fig. 35), para hacer que circule aire caliente dentro de los rotantes.



Figura 34. Intercambiador de calor



Figura 35. Ventilador

Para el control de la temperatura la línea cuenta con cuatro válvulas de control (fig. 36), que regulan el flujo de agua caliente que pasa a través del serpentín de los intercambiadores, éstas se encuentran instaladas a nivel del techo de la línea. Para el control de la humedad, se dispone de un pistón que abre dos compuertas a los lados del mismo y un extractor para cuando sea necesario retirar más humedad de la que sale por las compuertas. Este sistema pistón-extractor (fig. 37) para cada rotante, se encuentra en el techo de cada uno.

Situado en la parte externa del primer se encuentra instalado un grupo hidráulico completo provisto de una válvula neumática de tres vías, dos manómetros, un by-pass (múltiple de aire para control neumático y un par de termómetros (fig. 38).



Figura 36. Válvula de Control



Figura 37. Pistón y extractor



Figura 38. Grupo Hidráulico

Los valores de temperatura y humedad, del proceso, captados por un sensor en la parte interna de cada rotante, dicho sensor es una sonda de temperatura y humedad relativa, el cuál lleva estos valores a un módulo MPF2-N (termorregulador de temperatura y delta con sonda de humedad relativa), ubicado en el lado exterior de cada cuarto de secado (fig. 39), que es el encargado de llevar los valores del proceso (PV) de temperatura y humedad relativa al punto de control o set point.



Figura 39. Módulo MFP2-N

Finalmente la pasta ya seca con una humedad relativa alrededor del 12%, que ha salido del 4^{to} rotante es transportada por medio de un elevador hasta los silos de almacenamiento (fig. 40 y 41), para luego ser empaquetada y enfardada (fig. 42).

A continuación se presentan los diagramas de flujo del proceso descrito anteriormente



Figura 40. Silos de almacenamiento



Figura 41. Salida de los silos



Figura 42. Pasta para transporte

IV.2 Descripción del Tablero de Comando de Arranque

El tablero de comando de arranque, ver figura 43, 44 y 45, está ubicado entre los tableros de control de potencia de prensa y de potencia principal.

El elemento principal que se encuentra instalado en este tablero es un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual se programó para realizar un arranque secuencial y temporizado de cada uno de los rotantes, así como de suministrar el calor a los mismos de manera progresiva e igualmente temporizada. Posee dentro de su software diferentes comandos para activar alarmas de sonido y/o de luz, hacer paradas de los rotantes tanto en casos de emergencia como en descarga de línea, y energizar diferentes dispositivos electromecánicos para regular el arranque.



Figura 43. PLC en el tablero de control



Figura 44. Sección de interconexión

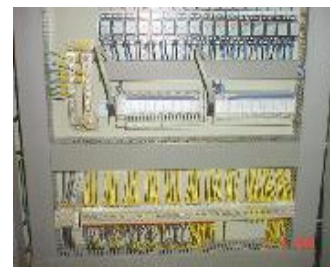


Figura 45. Sección de interconexión final

IV.3 Descripción del Panel de Control (MPF2)

En la figura 39 se mostró una imagen del display o pantalla utilizada por el módulo MPF2N y en la figura 46 se puede ver el esquema detallado de botones y luces en la pantalla frontal.

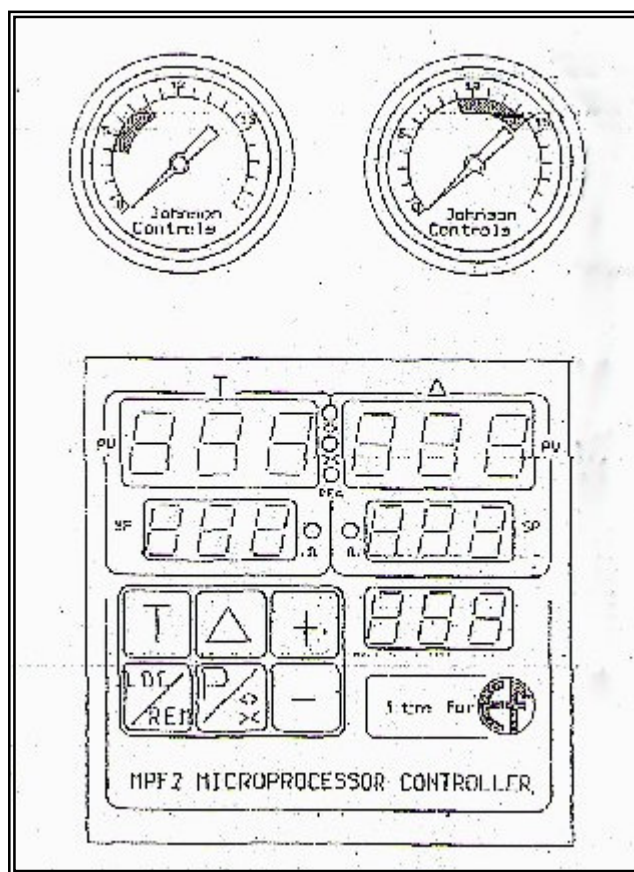


Figura 46. Módulo MPF2

Descripción del panel trasero

Los dispositivos T y RH permiten el calibrado de los indicadores PV (temperatura y %HR). En la tabla 2 se describe el panel frontal, describiendo las teclas que utiliza en la tabla 3.

Descripción del panel frontal.

Tabla 2. Descripción del Panel Frontal

SECCION DEL PANEL							
Temperatura		Humedad Relativa		Delta		Otros Indicadores	
Display PV	Señala el valor de proceso (temperatura de la sonda).	Display %HR	Señala el valor de la humedad relativa medida por la sonda (escala 0 a 99,9%).	Display PV	Señala el valor del delta psicrométrico calculado por el regulador.	LED REM	Señala que el equipo está conectado a un control remoto a través del interfaz serial (si está montado) y que la conexión esté en función.
Display SP	Señala el valor del Set Point fijado.			Display SP	Señala el valor del SET POINT fijado.	El LED < o >	Señala que la opción de interconexión entre las regulaciones de temperatura y delta no ha sido seleccionada. Las regulaciones no están interconectadas.
El LED AL	Señala la introducción de la alarma.			El LED AL	Señala la introducción de la alarma.	El LED > o <	Señala que la opción de interconexión entre las regulaciones ha sido seleccionada, y entonces las regulaciones están interconectadas.

Descripción del teclado

Tabla 3. Teclas y su función

TECLA	FUNCION
T	Permite modificar el Set Point o los Parámetros de la Sección Temperatura.
Delta	Permite modificar el Set Point o los parámetros de la Sección DELTA.
(+)	Aumenta el valor del Set Point o de los parámetros.
(-)	Disminuye el valor del Set Point o de los parámetros.
P	Permite la visualización y/o a la modificación de los parámetros de regulación.
LOC/REM	Permite quitar al regulador del control centralizado, para permitir el funcionamiento de la instalación también en caso de fuera de servicio del controlador.

IV.4 Activación de las funciones del MPF2

El módulo MPF2 posee dentro de su diseño diferentes funciones las cuales se activan de diferentes formas, las cuales se enuncian a continuación.

IV.4.1 Función Automático-Manual

Debemos seguir el siguiente procedimiento:

1. Presionar simultáneamente las teclas + y -, en el display %RH aparece la indicación MAN, entonces esta y el LED AL relampaguean. El operador tiene 60 segundos para elegir la sección donde quiere trabajar, en caso contrario el regulador vuelve automáticamente a funcionamiento normal.
2. La sección donde se quiere trabajar (temperatura o DELTA) se elige presionando respectivamente la tecla T o DELTA. El LED AL de la sección elegida sigue relampagueando, y el de la otra sección vuelve a funcionar regularmente. En

display SV de la sección elegida, aparece el valor de salida el psi con el punto decimal más a la derecha que relampaguea. El display PV sigue indicando el valor de la variable (T o DELTA).

3. El valor de salida puede ser modificado por medio de las teclas + (para aumentar) y - (para disminuir).

4. Es posible salir de la manera manual presionando la tecla T o DELTA correspondiente a la sección donde se está trabajando.

5. Es posible pasar directamente a la otra sección presionando la tecla correspondiente. La sección donde se estaba trabajando queda en modo manual y la salida tiene el valor antes fijado. Para salir del modo manual seguir las indicaciones del punto 4.

IV.4.2 Acción “BUMPLESS”

Entrando en modo manual, la salida mantiene el valor que tenía durante el funcionamiento en automático. Durante el funcionamiento manual, el regulador sigue calculando la salida necesaria para la regulación del proceso y saliendo del modo manual la salida toma este nuevo valor calculado en el interin.

En el supuesto caso de una avería de los sensores, la salida en funcionamiento automático puede tomar el valor de seguridad de 0 psi, en este caso, entrando en el modo manual la salida es igual al valor fijado para el parámetro psi.

IV.4.3 Fijación del Set Point

Las alarmas fijables son de 2 tipos: alarmas a ventana sección TEMPERATURA y sección DELTA. Estas alarmas excitan los respectivos relés interiores y la fijación de los valores correspondientes se hace presionando simultáneamente las teclas P y T o bien P y DELTA.

Si el teclado está bloqueado (bornes 21 y 22 desconectados) la modificación de los valores fijados no se puede hacer. Si el valor fijado es X, el relé está excitado y el LED X está conectado cuando la temperatura o el DELTA están debajo de SP-X o

por encima de SP+X. AL1 y AL2 (presentes solamente en la sección DELTA) son alarmas de máxima y son accesibles también cuando el teclado está deshabilitado.

Para fijar el Set Point presionar el botón T(si se quiere trabajar en la sección Temperatura) o DELTA (si se quiere trabajar en la sección DELTA), durante 2 segundos.

En el display aparece la indicación S.P. El valor actual del Set Point aparece en el display SP y puede ser modificado por medio de las teclas (+) y (-). Una vez que se alcanza el valor deseado para aceptarlo es necesario, de nuevo, presionar el botón T.

Hasta ahora el regulador había utilizado el valor del set point antes fijado. Si después de la última presión de la tecla transcurren 60 segundos, el regulador sale automáticamente de la fase de programación y recupera el valor del Set Point precedente.

IV.4.4 Fijación de las alarmas AL1 y AL2 de la sección DELTA

Las dos alarmas superiores AL1 y AL2 pueden ser fijadas de la siguiente manera, presionar la tecla DELTA durante 2 segundos. En el display PV aparece la indicación SP, presionar la tecla P; en el display PV aparece la indicación AL 1; el valor de la alarma aparece en el display SP, y puede ser modificado por medio de las teclas (+) y (-) , presionando de nuevo la tecla P el nuevo valor viene aceptado y memorizado y en el display PV aparece la indicación AL 2. El valor aparece en el display SP, y puede ser modificado por medio de las teclas (+) y (-); presionando de nuevo la tecla P el nuevo valor viene memorizado y en el display PV aparece de nuevo la indicación SP. Para salir de la fase de modificación, presionar la tecla DELTA. Los códigos AL1 y AL2 aparecen en todos los equipos.

IV.4.5 Visualización y Modificación de los Parámetros de Regulación

Para ello se debe presionar simultáneamente las teclas T y P o bien DELTA y P. La indicación de los parámetros de regulación aparece en el display PV y el valor

actual del parámetro correspondiente en el display SP. El valor del parámetro se puede modificar por medio de las teclas (+) y (-). Una vez que se alcanza el valor deseado para aceptarlo es necesario presionar la tecla P; presionando la tecla P antes de las teclas + o - , el valor del parámetro queda inalterado y se pasa al parámetro siguiente.

Al presionar la tecla P se memoriza el valor del parámetro indicado en el display SP; además permite la visualización del parámetro siguiente del set de los parámetros. Para salir, en cualquier momento de la fase de visualización y/o de modificación, es necesario presionar la tecla T (si se estaba trabajando en la sección de temperatura) o bien la tecla D (si se estaba trabajando en la sección DELTA). También en este caso, si después de la última presión de la tecla pasan 60 segundos, el regulador sale automáticamente de la fase de visualización/modificación y mantiene el set de parámetros antes fijado, como se observa en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Parámetros de regulación que se pueden observar en el display y campos de los valores ajustables en el MPF2 para la Temperatura

SECCIÓN TEMPERATURA		
PARÁMETRO	CODIGO	CAMPO DE VALORES
Set Point	SP	(0,0 – 199) °C
Señal de la Salida	psi ⁽¹⁾	(0,0 – 15,0) °C
Alarma (Relé Interior)	A	(0 – 50) °C
Banda Proporcional	P	(0,1 – 99,9) °C
Tiempo Integral (TI)	I	(0 – 999) seg.
Tiempo Derivativo (TD)	d	(0 – 999) seg.
Límite de Escala Inferior	U ⁽²⁾	(0,0 – SP) °C
Límite de Escala Superior	F ⁽²⁾	(SP – 199) °C
Calefacción -Enfriamiento	HC ⁽³⁾	(H – C)
Límite Máximo de Salida	OL	(0,0 – 15,0) psi
Software del Regulador	Ad ⁽⁴⁾	(0 – 99)

Tabla 5. Parámetros de regulación que se pueden observar en el display y campos de los valores ajustables en el MPF2 para el Delta T

SECCIÓN DELTA		
PARÁMETRO	CODIGO	CAMPO DE VALORES
Set Point	SP	(0,0 – 40,0) °C
Alarma Exterior 1	AL1	(0,0 – 40,0) °C
Alarma Exterior 2	AL2	(0,0 – 40,0) °C
Señal de Salida	psi ⁽¹⁾	(0,0 – 15,0)
Alarma (Relé Interior)	A ⁽²⁾	(0 – 50) °C
Banda Proporcional	P	(0,1 – 99,9) °C
Tiempo Integral (TI)	I	(0 – 999) seg.
Tiempo Derivativo (TD)	d	(0 – 999) seg.
Límite de Escala Inferior	U ⁽²⁾	(0,0 – SP) °C
Límite de Escala Superior	F ⁽²⁾	(SP – 40,0) °C
Límite Máximo de Salida	OL	(0,0 – 15,0) psi

Nota:

(1): El parámetro psi representa la señal de salida de regulación que el regulador suministra en el momento del arranque, o cuando el valor del proceso es igual al Set Point con falta de acción derivativa o integral.

(2): Los parámetros F y U determinan los límites superior e inferior del Set Point que se desea. No será posible fijar un valor de SP superior a F o inferior a U.

(3): El parámetro HC determina el sistema de funcionamiento de la salida principal de regulación. Si el valor es igual a H (HEAT) (=calienta), la salida irá desde 20 a 0 mA para las temperaturas crecientes. Si por el contrario, el valor es igual a C (COOL) (=enfria), la salida irá desde 0 a 20 mA para las temperaturas crecientes. El parámetro H – C tiene solamente dos valores posibles (H o C). Para pasar de H a C presionar la tecla +. Para pasar de C a H presionar la tecla -.

(4): el parámetro Ad aparece solamente entre los parámetros de la sección temperatura en las instalaciones donde está montado el interfaz de comunicación serial.

IV.4.6 Visualización del Valor de Salida

Presionando simultáneamente las teclas (+) y T en el display PV de la sección temperatura aparece la indicación “out” y en el display SV de la misma sección el valor de salida indicada en PSI. Para volver al funcionamiento normal presionar la tecla T.

Análogamente presionando simultáneamente las teclas (+) y DELTA, en el display PV de la sección DELTA aparece la indicación “out” y en el display SV de la misma sección el valor de salida indicado en psi. Para volver al funcionamiento normal presionar la tecla DELTA.

Las dos secciones del regulador siguen funcionando normalmente aún si viene visualizado el valor de salida de una de ellas. No es posible la visualización simultánea del valor de salida de ambas secciones.

IV.5 Descripción y Estrategias del sistema de Control a sustituir

El sistema al que se referirá este estudio es el de las etapas que constituyen el presecado y secado, las cuales se realizan en el rotante N°1, N°2 y N°3 respectivamente. Para realizar este control la línea dispone actualmente de tres módulos para el control de la temperatura y la humedad relativa de la pasta (MPF2), los cuales se encuentran instalados en el panel de control ubicados en la parte externa de cada rotante, dichos módulos están conectados a un sensor que en este caso es una sonda rotronic (ver fig. 47).



Figura 47. Sonda Rotronic

Esta sonda capta la temperatura y la humedad relativa del proceso que ocurre en cada rotante y la lleva con una señal de 4-20mA (para la temperatura y la humedad) a la pantalla o display, ver figura 39, la cual se traduce en °C para la temperatura y % para la humedad relativa, mediante las relaciones que se muestran a continuación en las tablas 6 y 7, obtenidas del manual de especificaciones del sensor (sonda):

Tabla 6. Humedad Relativa (%) en función de una señal de 4-20 mA

% HR reflejado	Señal sensor al MPF2 en mA (humedad)
0	4.0
10	5.6
20	7.2
30	8.8
35	9.6
40	10.4
50	12.0
60	13.6
65	14.4
70	15.2
80	16.8
90	18.4
95	19.2
100	20.0

Tabla 7. Temperatura (°C) en función de una señal de 4-20 mA

Temperatura reflejada en °C	Señal sensor al MPF2 en mA (temperatura)
0	4.00
10	5.06
20	6.13
30	7.20
40	8.26
50	9.33
60	10.40
70	11.46
80	12.53
90	13.60
100	14.66
120	16.80
140	18.93
150	20.00

La señal de humedad del sensor pasa al módulo y este determina el delta de temperatura ya que la temperatura que capta el sensor es la temperatura de bulbo seco y por medio de la humedad relativa que capta el sensor el modulo calcula

internamente el delta de temperatura. Esto lo hace por medio de una tabla de Mollier (ver Anexo 1) que se le ha introducido, mostrando en pantalla los valores temperatura de bulbo seco, delta psicrométrico de temperatura y porcentaje de humedad relativa como valores PV y para valores de set point de delta de temperatura y de % de humedad relativa. Mediante estos valores el operador podrá observar el cambio de dichas variables a través del tiempo que dura el proceso.

La información del sensor va al controlador MPF2 y de allí toma la decisión mediante un control PI para luego enviar esta información a un transductor que transforma la señal de 4-20 mA a una señal de (3-15 psi) de presión, es decir, es un transductor eléctrico-neumático; al mismo tiempo se alimenta al transductor una corriente neumática de 20 psi que proviene del múltiple de aire para control neumático. Del transductor se envía la decisión del controlador a los elementos finales de control que en este caso son una válvula de control (ATO) para el control de la temperatura y un pistón-extractor para el control de la humedad. Del transductor se envía una señal de 3-15 psi (se leen en el manómetro de temperatura) hacia el actuador de la válvula y una señal de 3-15 psi (leídos en el manómetro para humedad) para el movimiento del pistón. Para cada rotante, el pistón abre 4 compuertas para retirar la humedad interna por tiro inducido y a su vez este pistón mueve una válvula mariposa que está dentro del extractor para que salga más humedad por medio del ventilador que este tiene internamente que la extrae por tiro forzado.

Los parámetros que contribuyen a formar los lazos de regulación se muestran en la tabla 8:

Tabla 8. Parámetros para los Lazos de Regulación

PARAMETROS	OBSERVACIONES	
Acción	Campo de Fijación	Valor a Fijar
Proporcional P	(0,1 – 99,9) °C. El valor fijado representa la diferencia en grados (°C en más o en menos) entre la temperatura leída y la fijada para obtener una variación de 7,5 psi (en más o en menos) respecto al punto de equilibrio.	Depende de la zona y tiene que ser tomado de la práctica, pero se puede decir que los valores varían desde 4 a 10 para la temperatura y desde 2 a 4 para el delta.
Integral I	(1 – 999) seg. Fijando I = 0 la función integral se desactiva. El valor fijado representa los segundos dentro de los cuales viene diluida la corrección integral calculada en base a la diferencia entre la temperatura leída y la fijada, luego comparada al valor de la proporcional fijada, entonces si el proceso es más lento más alto debe ser el tiempo integral.	El valor de I a fijar, como para la proporcional, depende de la zona. Pero se puede decir que los valores varían desde 120 a 800 para la temperatura y desde 300 a 400 para el delta.
Derivativa d	Para este equipo, la experiencia ha demostrado que las acciones fundamentales que forman el loop de regulación son la proporcional y la integrativa, mientras la derivativa debe ser excluida porque nunca aporta beneficio; al contrario, en muchos casos puede ser causa de oscilaciones.	

Estrategias de control

Temperatura del agua de calentamiento

La temperatura del agua del calentador F-1101 se controla mediante un control on-off, para mantener constante el agua que suministra el calor a los secadores. Para ello se utiliza un sensor de temperatura el cual capta la temperatura a la que llega el agua de calentamiento y al alcanzar el valor requerido se apaga la llama del calentador, esta llama es debido a la combustión del gas que llega al mismo. Al bajar la temperatura hasta un valor mínimo determinado, se enciende un sistema de barrido

de aire para purgar por la chimenea los gases dentro del sistema. Luego de un pequeño ciclo de tiempo y al alcanzar se enciende la llama baja para garantizar una buena combustión y así luego encender la llama alta. Al alcanzar la temperatura máxima se apaga la llama y vuelve al ciclo desde el barrido de gases.

Temperatura de secado

La temperatura para las etapas de secado se controla manipulando el flujo de agua caliente proveniente del calentador por medio de válvulas de control ubicadas en la parte superior de cada secador para garantizar la temperatura correcta en cada etapa de secado, ya que la válvula es aire para abrir (ATO) al aumentar la presión de aire logramos aumentar la temperatura y al cerrarla ésta disminuye, este control es comandado a través de un módulo de control MPF2 a través de un control PI cuyos parámetros se han fijado por el fabricante del equipo para este tipo de proceso. Cada secador posee internamente un sensor que capta la temperatura interna dentro del mismo y en función a la temperatura el controlador efectúa la apertura o cierre de la válvula.

Humedad Relativa

El control de la humedad relativa se efectúa manipulando cuatro compuertas de salida de aire ubicadas en la parte superior de cada secador, las cuales se abren o cierran por medio del movimiento de un pistón que es comandado por un módulo de control MPF2 con un control PI cuyos parámetros se han fijado por el fabricante del equipo para este tipo de proceso. Cada secador posee internamente un sensor que capta la humedad interna dentro del mismo y en función a esta humedad el controlador activa el pistón para la apertura o cierre de la compuertas.

El diagrama de instrumentación del proceso a sustituir proporcionado por la empresa puede encontrarse en el Anexo 2.

IV.6 Interfaz humana utilizada

El módulo MPF2 posee en su panel frontal, una pantalla o display que sirve de interfaz entre el operador y el proceso. Por medio de éste, el operador puede introducir los valores de set point deseados, así como observar los valores que toma cada variable (temperatura y humedad relativa) respecto al tiempo. Para monitoreo y para hacer modificaciones al software de arranque del proceso de secado, se utilizará como interfaz entre el operador y el PLC un computador personal.

IV.7 Activación de las Alarmas

Dentro del software del PLC existen diferentes comandos que activan las alarmas. Estas son alarmas de sonido acompañadas por el encendido de una coctelera roja o verde según sea el caso. La coctelera verde se activa sólo cuando los cuatro rotantes están en operación y la coctelera roja se activa junto con alarmas de sonido cuando ocurren problemas tales como:

- ♣ Problemas con el suministro de sémola o de agua en la prensa.
- ♣ Falla mecánica en transmisión de movimiento.
- ♣ Ocurra desalineación de los rotantes.
- ♣ Se obstruya la salida de los rotantes.
- ♣ Exista rebose en la entrada de los rotantes.
- ♣ Parada del elevador transportador hacia los silos.

IV.8 Secuencia de arranque y parada

El Controlador Lógico Programable (PLC), tiene un programa de la secuencia de arranque y parada para la línea N°3, la cual comienza con el prearranque de la prensa. Se debe preparar el equipo para la extrusión, así como colocar el molde seleccionado para el formato que se va a producir, posteriormente se hace el prearranque de la línea para las etapas de secado, luego se activa el precalentamiento manual, se arranca en vacío cuando se inicia una producción y se hace un arranque de máquina llena cuando se reactiva la producción después de una parada de

emergencia. Después de lo anterior se prepara el trabatto, esto se hace colocando los comandos según la secuencia de forma manual, es decir, no se hace automáticamente mediante el software que está en el PLC. El procedimiento de parada comienza con la descarga de la línea ya que antes de detenerla debe estar vacía a menos que haya una parada de emergencia, luego de vaciarla completamente se activa la parada de línea.

IV.9 Diagnóstico del proceso actual

En función del análisis del proceso anteriormente explicado se observó que el sistema de control MPF2 no es eficiente, ya que hay que corregirlo de forma manual para que pueda alcanzar los valores de set point en las variables a controlar. Los parámetros de control que se programaron dentro del módulo MPF2 son los recomendados por el fabricante sin tomar en cuenta la respuesta del proceso, dicha recomendación consta de un control PI donde el tiempo derivativo es igual a cero ($\tau_D=0$).

Este sistema de control es un sistema cerrado ya que sus funciones son limitadas únicamente a realizar el control de la temperatura y la humedad relativa en un proceso de elaboración de pasta, y no puede adaptarse a otro proceso.

Si se instala una estación automática mediante un PLC, este puede hacer el control de la temperatura y la humedad relativa de manera más eficiente ya que este sistema puede manejar más parámetros dentro del proceso que los que puede manejar el sistema MPF2. Debido a que el PLC es un sistema abierto puede programarse para realizar la automatización de sistemas que actualmente se realizan de forma manual como lo es por ejemplo la preparación del trabatto para el primer presecado.

Es importante destacar que un PLC no sólo efectúa funciones de control, puede usarse además para regular funciones como arranque y parada, activación de alarmas y activación de todos los dispositivos electromecánicos de cualquier proceso productivo.

Otra de las ventajas de utilizar un PLC es que si se desea expandir el proceso no es necesario sustituir el sistema de control ya que el PLC crece en su estructura al igual que el proceso con sólo aumentar su memoria o agregar los elementos necesarios para los nuevos requerimientos.

Actualmente, dos de las otras líneas de producción utilizan los módulos MPF2 para el control de la temperatura y la humedad, por lo tanto, al reemplazar los sistemas de control MPF2 por el control PLC, los módulos eliminados de la línea podrían ser utilizados como repuestos, disminuyendo así los costos de reemplazo de inventario.

Este cambio del sistema de control de la línea 3, podría hacerse en el resto de las líneas trayendo ciertas ventajas como:

- ♣ Estandarización de los sistemas de control, siendo más fácil la capacitación del personal ya que se prepararía para manejar un solo tipo de sistema.
- ♣ Estandarización de repuestos para actualizar el inventario ya que sería para un solo sistema.

En el futuro los sistemas cerrados serán sustituidos por sistemas abiertos que sean flexibles a las exigencias de los procesos.

IV.10 Requerimientos básicos de infraestructura física

Dentro del panel de control (control PLC), existe espacio disponible para la instalación de tarjetas que amplíen la capacidad del PLC ya instalado. En su puerta de protección se ha determinado un espacio para la instalación de un panel operador que en este caso es una consola de operación y que servirá de interfaz entre el proceso y el operador. También se utiliza como PC, por medio de un cable de interfaz, que comunica el PLC con el PC, para monitorear las variables que están energizadas a medida que transcurre el proceso, todas ellas programadas en el PLC. Todos los elementos adicionales que se instalarán dentro del tablero de control cuentan con espacio para la canalización de los cables para las señales.

CAPITULO V

ESTUDIO DE INGENIERIA DE DETALLES

V.1 Informe de Levantamiento de Campo

En esta sección se determinará el estado actual de toda la línea de producción de pasta corta para poder ejecutar las actividades definidas para llevar a cabo el reemplazo del sistema de control actual, así como se harán las recomendaciones y observaciones pertinentes. Se detectará el grado de actualización de los documentos disponibles que pueda suministrar la empresa, todo lo anterior siempre referidos únicamente a las etapas de presecado y secado que se realizan en los rotantes 1 y 2-3 respectivamente.

V.1.1 Instrumentación

La empresa Pastas Capri C.A., actualmente no posee ninguna lista de instrumentos existente. La línea de producción posee en su tablero de control una instrumentación en perfectas condiciones donde la mayoría de los elementos han sido adquiridos en los últimos tres años, en cuanto al sistema de control, éste es el más recomendado en el ramo de producción de pastas.

En líneas generales la línea posee instrumentación con tecnología bastante actualizada, en cuanto a los elementos que intervienen en el sistema de control actual como lo son: los elementos que constituyen el panel de control (control PLC), así como los que conforman al PLC, las válvulas de control, los extractores de humedad, los pistones y el sistema de control neumático.

Se dispone de algunos manuales de especificaciones en los cuales se detalla el funcionamiento, marca, modelo y detalles acerca del montaje e instalación.

Instrumentos a sustituir

Como se explicó en el capítulo IV el sistema de control actual es un termorregulador de temperatura y delta con sonda de humedad relativa cuyo modelo es MPF2, el cual se encuentra instalado para los tres primeros rotantes, pero en el cuarto rotante existe el inconveniente que el equipo que se tiene disponible para efectuar el control es un modelo MPF1 parecido al instalado en los otros con el inconveniente que éste no puede realizar ninguna medición ya que éste trabaja por medio de sensores PT100 y el sensor que se instaló en el dicho rotante es una sonda para temperatura y humedad relativa marca Rotronic, por lo tanto no cumple ninguna función; además en este rotante se lleva a cabo la estabilización del producto y por lo tanto no suministra calor a la pasta si no únicamente aire para llevar la pasta a temperatura ambiente.

Los módulos MPF2 serán desconectados al implementar el nuevo sistema de control.

Para hacer el nuevo control mediante el PLC, se necesitan cierta cantidad de entradas y salidas. Dentro de los componentes principales del PLC se encuentra el CPU y cada modelo está diseñado de acuerdo a un número máximo de variables que le es posible manejar por lo tanto el modelo disponible de CPU, para el PLC adquirido por la empresa, posee un número máximo de 24 entradas/salidas analógicas y de acuerdo al sistema de control que se desea instalar, se necesitan por cada rotante 7 variables, que son: entrada de temperatura, salida de temperatura, control de temperatura, entrada del delta para la humedad, salida de humedad relativa, control de humedad relativa mas la entrada de velocidad del rotante introducida por el operador, en total serían: $7 \times 4 \text{ rotantes} = 28 \text{ variables}$. Por lo tanto se debe sustituir el modelo actual de CPU por un modelo con un número mayor de entradas/salidas analógicas.

Para el monitoreo de las variables se utilizará una consola de dialogo para establecer una comunicación entre el operador y el proceso.

Paneles y luces

Cada uno de los rotantes, aunque son comandados por el tablero de control (control PLC), posee un tablero individual a excepción del 3^{er} y 4^{to} rotante los cuales comparten un tablero donde se encuentran los elementos que comandan el funcionamiento electromecánico. En la parte superior de cada tablero se encuentra un esquema denominado mímico como muestran las figuras 48, 49 y 50, donde se indican, por medio de luces, la operación completa de cada rotante, el encendido progresivo de cada uno, encendido del motor de velocidad y de los ventiladores internos, además posee un switch luminoso que indica la luz interna en cada rotante para su chequeo y supervisión constante.

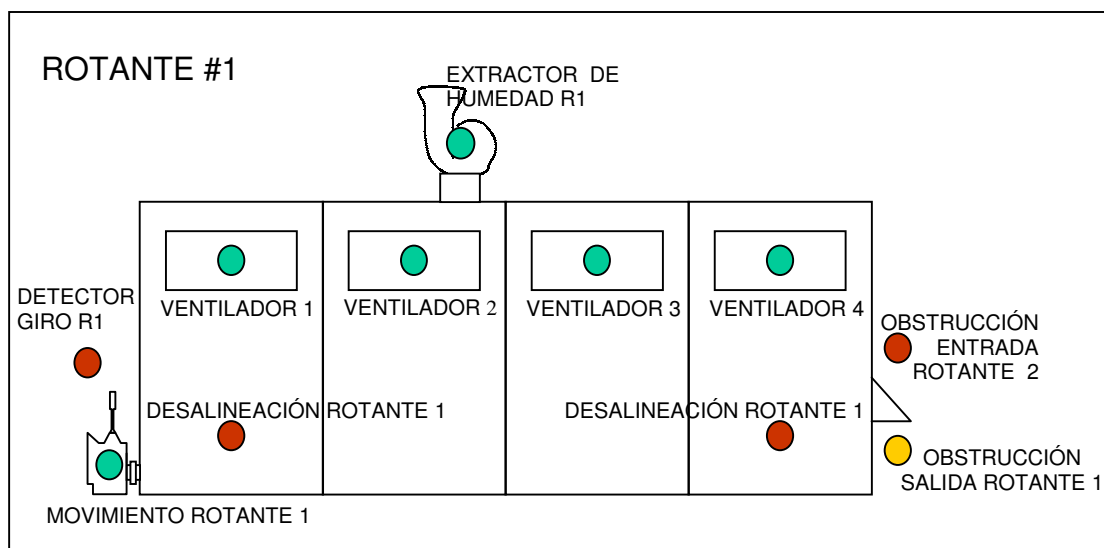


Figura 48. Mímico indicador del funcionamiento del rotante n°1

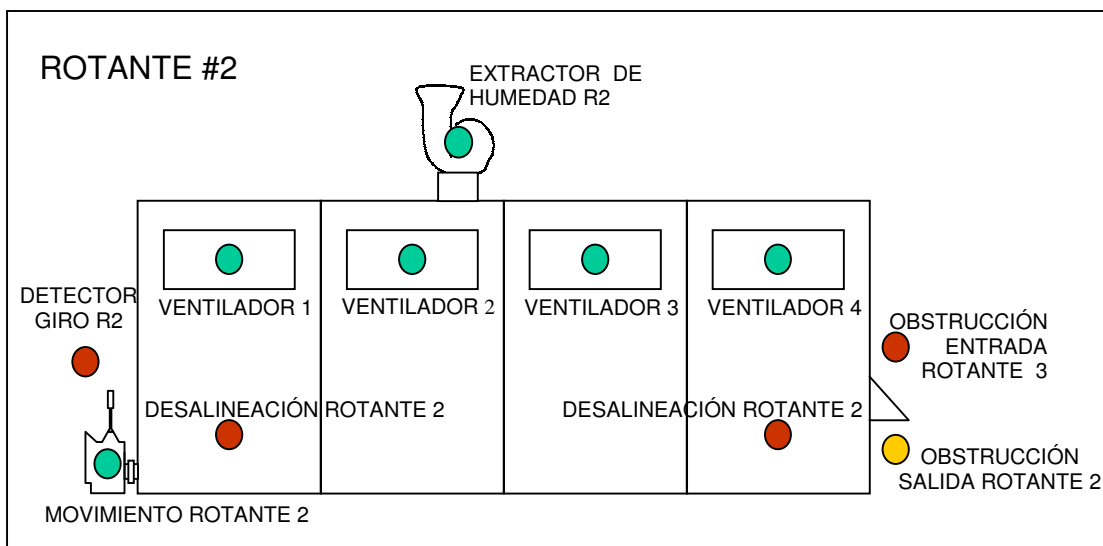


Figura 49. Mímico indicador del funcionamiento del rotante n°2

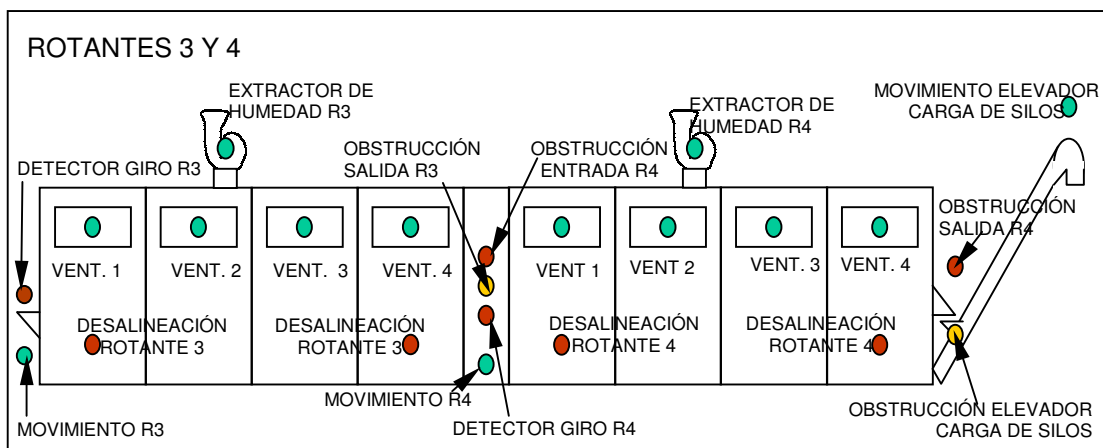


Figura 50. Mímicos indicadores del funcionamiento de los rotantes 3 y 4

En el tablero de control principal, como se muestra en la figura 51, se encuentra un botón de prueba de lámparas que al presionarlo enciende todas las luces de los mímicos y por medio de los cuales se puede chequear su funcionamiento. En este

tablero también se encuentra instalado un botón de mayor tamaño que el resto de color rojo que activa la parada de emergencia, además las luces de color verde indican la acción de arranque vacío o lleno que se activan por medio de switches, el switch de prearranque enciende un bombillo color rojo y para el precalentamiento manual se enciende un bombillo verde también activado por un switch.



**Figura 51. Luces y botones del tablero de control
(Control PLC)**

V.1.2 Electricidad

La empresa dispone de un plano eléctrico que refleja el estado actual de rutas de cables del sistema electromecánico y de control, donde se indican los sistemas de corriente directa y corriente alterna, además disponen de una guía de los comandos eléctricos utilizados para elaborar los planos eléctricos (ver Anexo 3), donde se indica el nombre y la especificación de cada figura para una elaboración correcta del plano, y para efectos de este proyecto una mejor comprensión.

Además el tablero de control (control PLC), posee un espacio libre en su parte media superior, para la ampliación del PLC con sus respectivos elementos, cuenta también con suficiente espacio dentro de los canales para cables facilitando la instalación y canalización de los nuevos elementos. Así mismo se dispone de cables especiales para instalar el nuevo sistema de control el cual es especial para evitar las distorsiones en las señales producidas por la longitud del cable, los cuales se denominan cables apantallados.

V.1.3 Sistemas

El sistema actual que se desea sustituir se efectúa mediante la pantalla o display y para poder instalar el nuevo sistema debemos hacer una clasificación completa de las señales que intervienen en el mismo.

En la figura 52 podemos observar el PLC del sistema que se desea sustituir con todos sus elementos.



Figura 52. Ubicación del PLC con sus elementos

Señales que intervienen en el nuevo sistema de control tipo entrada/salida

Para poder seleccionar el CPU que formará parte del PLC, se deben conocer el número de entradas/salidas analógicas que se van a necesitar, ya que el modelo se selecciona en el manual de especificaciones de equipos y su diferencia radica en el número de entradas/salidas máximo permisible, entonces en el sistema de control que se instalará intervienen 7 señales por cada rotante.

El sistema se desea realizar para los cuatro rotantes aunque en el cuarto rotante no hay control ya que en la etapa de estabilización no se suministra calor, entonces si se deja preparado también el sistema de control incluyendo el cuarto rotante son en total $7 \times 4 = 28$ señales.

Arquitectura de la red propuesta

En los CPU o procesadores se almacena la memoria disponible para las necesidades que se requieran, por ello el modelo del que se dispone actualmente dispone de 24 E/S analógicas con una capacidad de memoria de 32 K palabras, por lo tanto, como se explicó anteriormente, se necesitan un mínimo de 28 E/S para el sistema que se desea instalar; para ello se debe adquirir un modelo que proporcione mayor cantidad de E/S, y de acuerdo con las K palabras utilizadas a medida que se vaya desarrollando el sistema de control, podría ser necesario extender la memoria mediante una tarjeta de ampliación.

V.2 DISCIPLINA DE INSTRUMENTACION

En esta sección se definen y ejecutan las actividades de ingeniería de detalles en cuanto a la instrumentación del sistema de control de las etapas de presecado y secado de la línea de producción, así como especificar los nuevos instrumentos, planos de instrumentación y tuberías, especificaciones de nuevos instrumentos, descripción de los mismos y todo lo relacionado a esta disciplina.

V.2.1 Diagrama de instrumentación y tuberías del nuevo sistema

Dicho diagrama se construyó ya que la empresa no posee ningún diagrama disponible para su actualización donde se muestran las señales que intervienen en el nuevo sistema de control para los tres primeros rotantes, los cuales se muestran a continuación:

V.2.2 Lista de instrumentos actualizada

A continuación en la tabla 11 se encontrará la lista de los instrumentos que se colocarán para el nuevo sistema de control, donde se podrá apreciar su nombre, modelo y observaciones particulares para cada uno fuera de sus especificaciones, no se especifica la marca en cada uno ya que todos ellos son marca telemecanique.

Tabla 9. Lista de elementos para el nuevo sistema de control

NOMBRE	MODELO	OBSERVACIONES	UNID.
Módulos de Ventilación	TSX FAN A4P	Alimentación de 24 V	4
Rack	TSX RKY 12EX	12 posiciones	1
Rack	TSX RKY 4EX	4 posiciones	1
Módulo de alimentación	TSX PSY 2600M	alimentación 24 V	2
Procesador (CPU)	TSX P57 102M	24 E/S analógicas	1
Procesador (CPU)	TSX P57 203M	80 E/S analógicas	1
Módulos de entradas/salidas digitales	TSX DEY 32D2K	32 entradas aisladas	1
Módulos de entradas/salidas digitales	TSX DEY 64D2K	64 entradas aisladas	1
Módulos de entradas/salidas digitales	TSX DEY 32T2K	32 salidas protegidas	1
Módulos de entradas/salidas digitales	TSX DEY 64T2K	64 entradas aisladas	1
Módulos de entradas/salidas digitales	TSX DMY 28 FK	28 E/S	1
Base Telefast	ABE-7CPA02	para entradas analógicas	2
Base Telefast	ABE-7H16R20	para entradas digitales con base de conexión 16 vías	2
Base Telefast	ABE-7S16E2F0	Para entradas analógicas	1
Base Telefast	ABE-7R16S210	Para salidas analógicas	1
Módulos de entradas/salidas analógicas	TSX AEY 800	8 vías para entradas analógicas	1
Módulos de entradas/salidas analógicas	TSX ASY 800	8 vías para salidas analógicas	1
Terminal Magelis con pantalla numérica	XBT-E015110	4 líneas de 40 caracteres	1
Sonda Rotronic	HYGROMER	Para temperatura y humedad relativa	4

V.2.3 Ubicación de los instrumentos

En esta sección se hace un esquema del panel de control pero la empresa no posee ningún esquema del panel por lo que para fines prácticos lo esquematizamos en la figura 53.

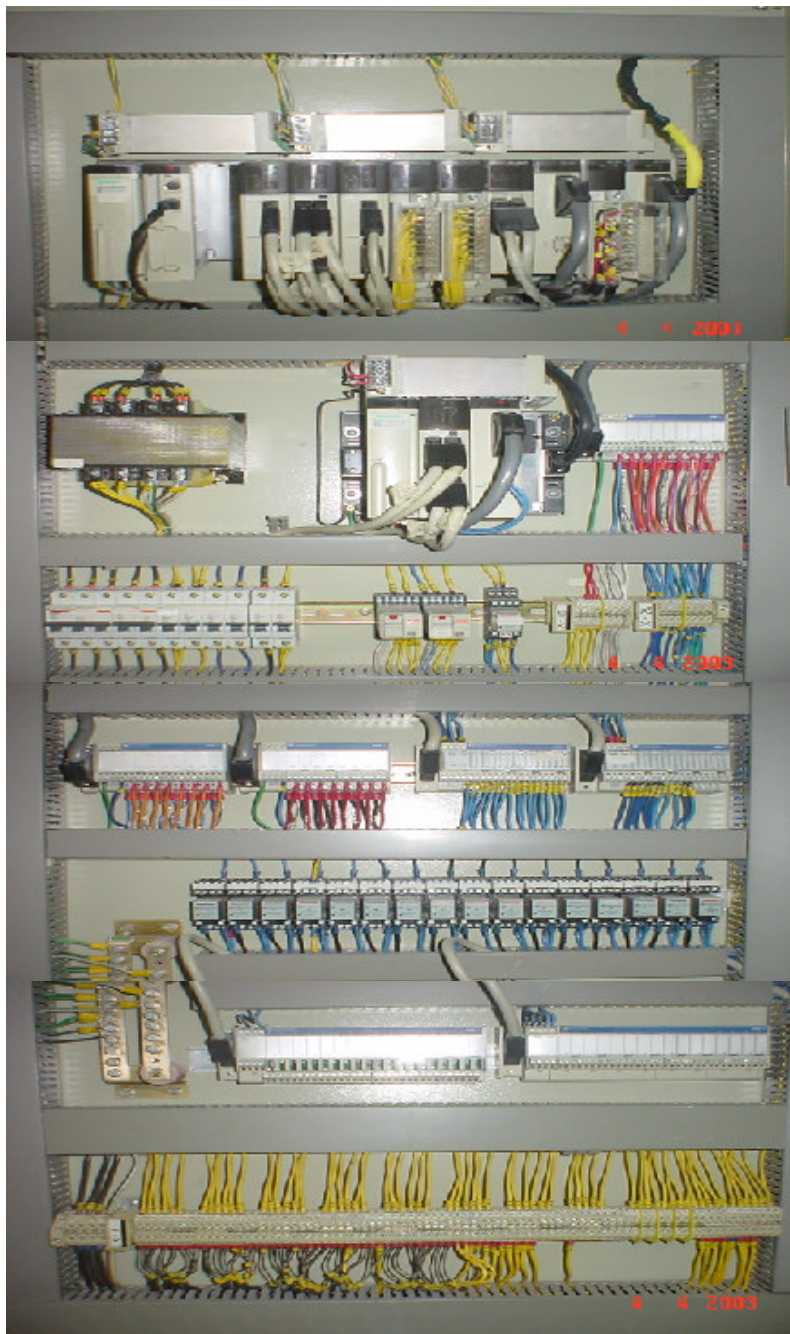


Figura 53. Panel de control con PLC

V.2.4 Funcionamiento

En esta sección se hará la descripción del funcionamiento de los elementos que conformaran el nuevo sistema de control:

Rack

Permiten fijar el conjunto de módulos de un autómata como se ilustra en la fig. 54 (alimentación, procesador, entradas/salidas digitales, entradas/salidas analógicas, módulos especiales).

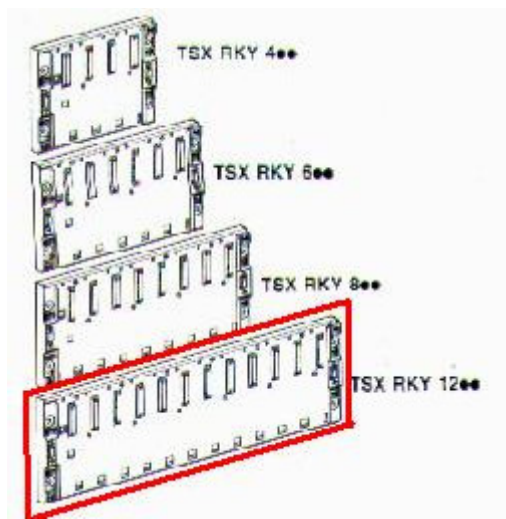


Figura 54. Rack de 4 y 12 posiciones

Módulos de Ventilación

Garantizan la ventilación por convección forzada del aire. Esto permite homogeneizar la temperatura en el interior de la envolvente y eliminar los puntos calientes que puedan existir, para el rack instalado se necesitan cuatro módulos de ventilación ya que se ubica 1 por cada 3 módulos instalados. Ver el ejemplo en la figura 55.

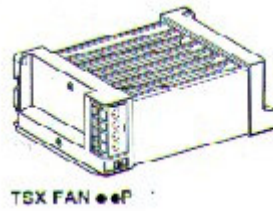


Figura 55. Módulo de ventilación

Procesadores (CPU)

Poseen la memoria para conformar la estación del autómata completa conformada por los módulos de entradas/salidas digitales, entradas/salidas analógicas y módulos de funciones especiales, estos incluyen una indicación (luz verde RUN) si el procesador está encendido (ejecución del programa), una indicación (luz roja ERR) que indica fallos del procesador, una indicación (piloto I/O rojo) que cuando se enciende indica fallos en los módulos, un botón RESET para hacer el arranque en frío del autómata, un emplazamiento para una tarjeta de ampliación de memoria.



Figura 56. Procesador

Módulos de alimentación

Alimentan cada rack y a los módulos instalados, poseen un piloto OK verde que indica si hay tensión y si esta es la correcta, un piloto BAT rojo que enciende si no

hay pila o si no funciona correctamente, un pulsador RESET que provoca un arranque en caliente de la aplicación, una tapa de protección de la parte frontal del módulo.

El principio de funcionamiento es el siguiente: el relé de alarma del módulo situado en el rack del procesador en la posición 0, si el funcionamiento es correcto el autómata está en RUN, el relé de alarma está accionado y su contacto esta cerrado (estado 1). Cuando la aplicación sufre una interrupción, aún momentánea, aparece un fallo de bloqueo, las tensiones de salida son incorrectas o no hay tensión en la red, entonces el relé se desactiva y su contacto asociado se abre.

Al accionar el pulsador RESET, situado en el frontal del módulo de alimentación, se genera una secuencia de señales de servicio igual a la de:

- ♣ Un fallo de alimentación cuando se acciona el pulsador.
- ♣ Una puesta en tensión al desaccionar el pulsador.

Estas acciones provocan en la aplicación un arranque en caliente.

-



Figura 57. Módulo de alimentación

Módulos de entradas/salidas digitales

Los borneros de los módulos están equipados con un dispositivo de transferencia automática de codificación a partir de la primera utilización. Este dispositivo evita los posibles errores de manipulación cuando se sustituye un módulo y además garantiza la compatibilidad eléctrica en cada tipo de módulo.

Cada módulo está dividido funcionalmente en grupos de 8 vías. Cada uno de ellos se puede signar a una tarea específica de la aplicación.

Cuando un fallo origina la división de una salida esta puede reagruparse cuando haya desaparecido el fallo en los bornes correspondientes.

En una entrada pueden fijarse los parámetros para controlar el paso RUN/STOP del autómata. El comando STOP desde una entrada tiene prioridad sobre el comando RUN de un terminal o de un comando de red.



Figura 58. Módulo de entradas/salidas digitales

Base Telefast

Permite conectar 12 entradas de contactos dobles o sencillos, la alimentación y el bucle de retorno.



Figura 59. Base Telefast

Módulos de entradas/salidas analógicas

Son unidades de medida industriales de alto nivel con un número de entradas variable. Cuando están asociados a transductores y sensores permiten realizar tareas de

control, de medida y de regulación de procesos continuos, además convierte las señales digitales en analógicas.

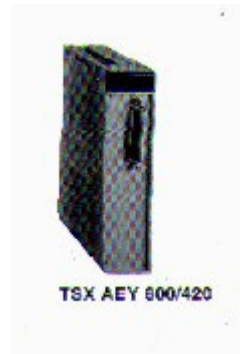


Figura 60. Módulos de E/S analógicas

Sonda Rotronic

Las conexiones eléctricas están hechas con empacaduras o con conectores de 7 puntos a prueba de agua para un bajo suministro de voltaje. Un conector a prueba de agua está también disponible para voltaje estándar. Las sondas integradas a la carcasa están protegidas contra proyecciones de agua y polvo. Dependiendo de los requerimientos individuales, las sondas están disponibles en, teflón o acero inoxidable.

El sensor de humedad es un dispositivo robusto cuyos cambios en sus características eléctricas de la humedad son mínimas. Estos cambios son detectados y amplificados en forma de señal lineal ó para controlar un relé. El sistema sensor de temperatura también usa tecnología de circuitos integrados en combinación con un preciso elemento de temperatura (Pt 100 o PTC) para producir datos de alta calidad.

V.2.5 Especificaciones de los equipos

En la tabla 10 se muestra que se muestra a continuación se indican las especificaciones principales de los elementos que conforman el PLC del nuevo sistema de control.

Tabla 10. Especificaciones de los elementos del PLC

NOMBRE	ESPECIFICACIONES
Módulos de Ventilación	Alimentación 24 V, se instala un módulo de ventilación por cada 3 tarjetas
Rack (12 posiciones)	No extensible para configuración de un sólo rack
Rack (4 posiciones)	Extensible para configuración de múltiples racks
Módulo de alimentación	Alimentación 100-240 V
Procesador (CPU) 102M	Capacidad máxima 32 K palabras con 24 E/S analógicas
Procesador (CPU) 203M	Capacidad máxima 80 K palabras con 80 E/S analógicas
Módulos de entradas/salidas digitales	24/48 V, tensión 24 V, corriente 0,1 A, tiempo de respuesta 1,2 ms, impedancia de carga $> 220 \Omega$, todas las salidas son protegidas.
Base Telefast	Para entradas/salidas analógicas o digitales con alimentación de 24 V, 16 y 8 vías, tensión 110 V
Módulos de entradas/salidas analógicas	8 vías, conversión analógica a digital, resolución 12 bits, señales analógicas de alto nivel con punto común y analógicas aisladas
Sonda Rotronic	Límites de temperatura -15 a $+55$ °C, 35 VDC.

V.2.6 Diagramas de detalle de instalación

Posición de los elementos en el rack

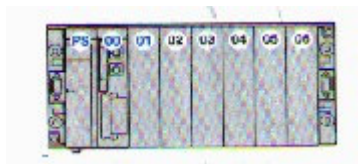


Figura 61. Ubicación de los elementos del PLC

Para el rack y los módulos de ventilación

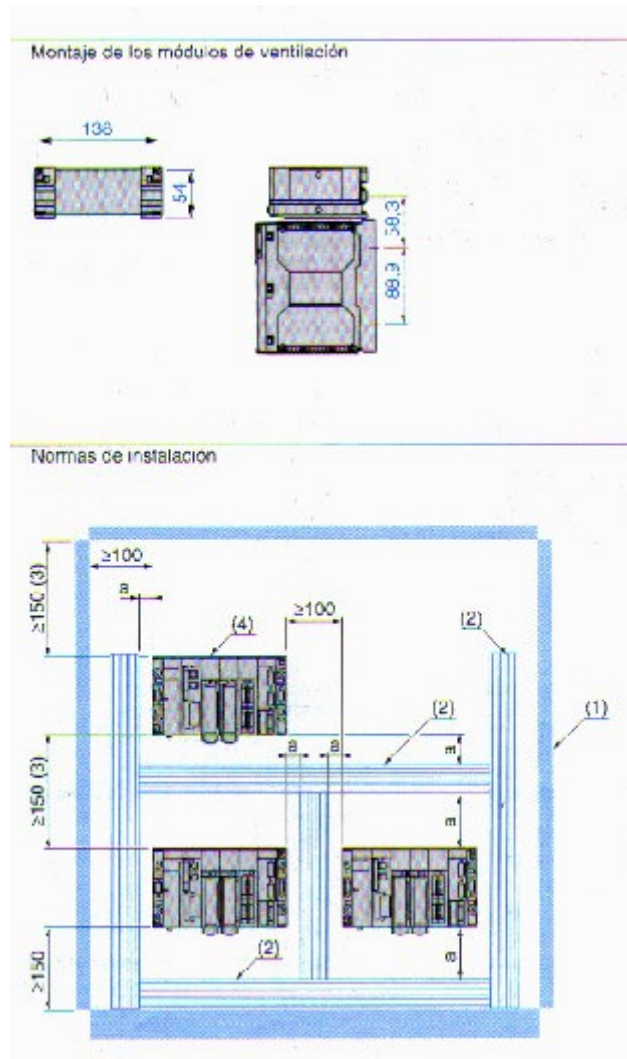
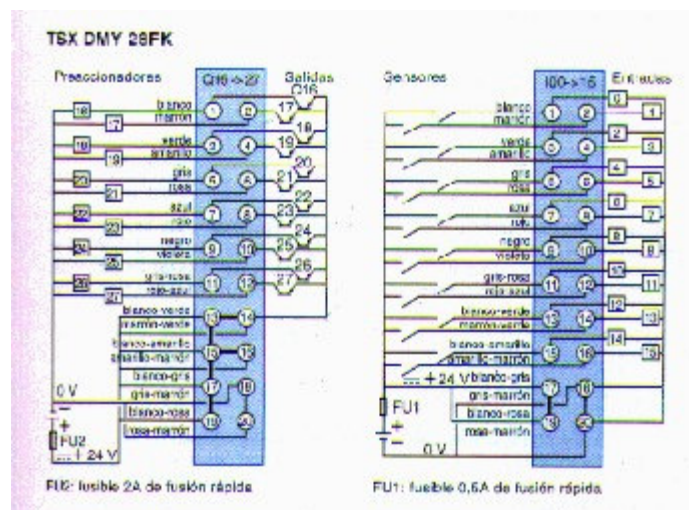
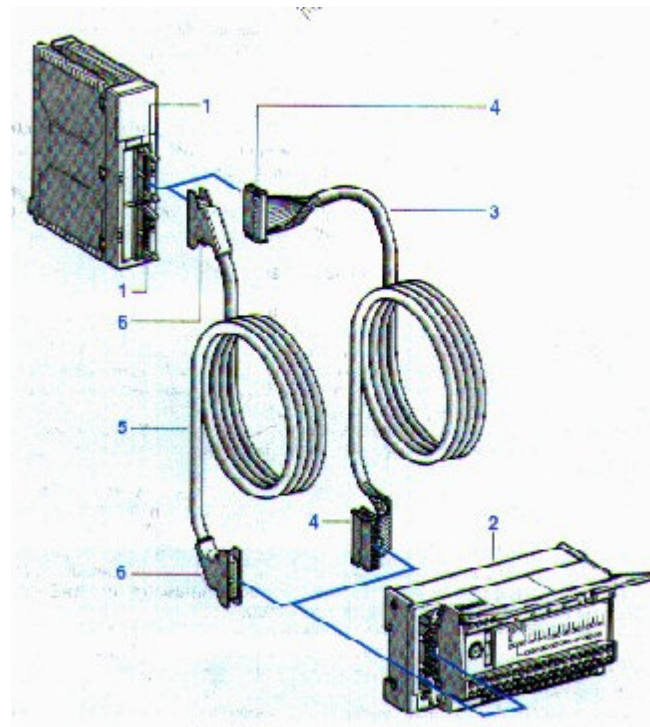


Figura 62. Esquema de instalación del rack y módulos de ventilación

Conexión de los módulos



Conexión de los telefast

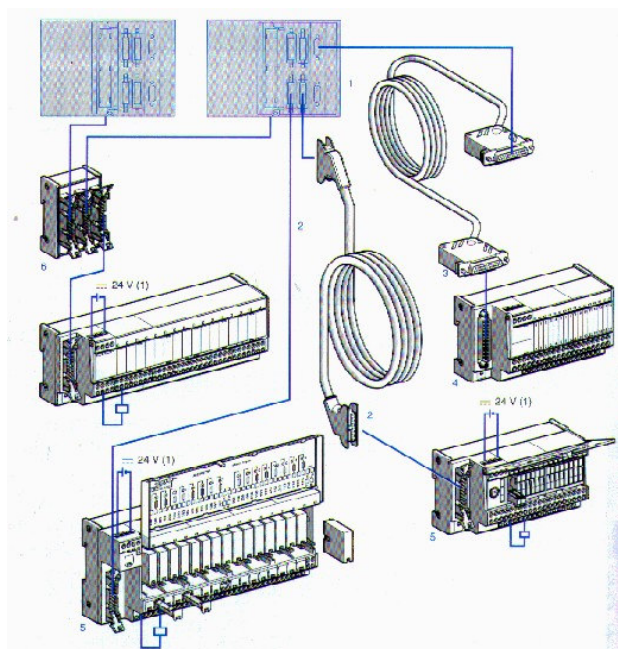


Figura 64. Conexión de los telefast

Montaje de la Cónsola de Diálogo

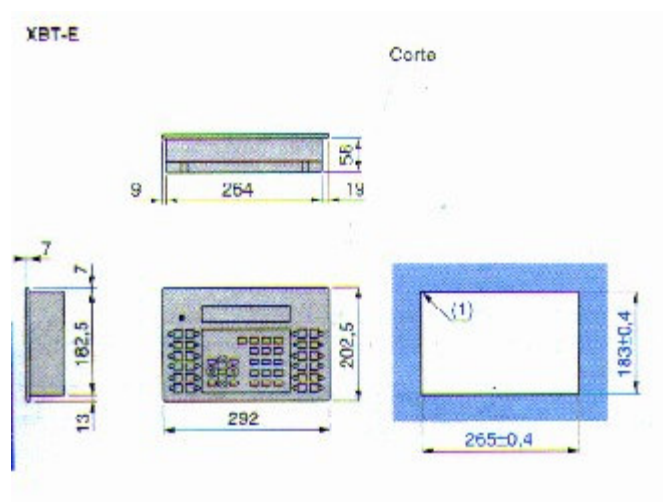


Figura 65. Montaje de la Cónsola de diálogo