

# Configuración de un sistema de control distribuido Delta V para un sistema de calentamiento

J. C. Ravelo Hernández<sup>2</sup>, J. Martínez Ham<sup>1</sup>, I. I. Siller Alcalá<sup>1</sup>, R. Acántara Ramírez<sup>1</sup>, J. Jaimes Ponce<sup>1</sup>, M. Cabrera Jiménez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UAM Azcapotzalco, Div. de CBI, Depto. de Electrónica, Grupo de Control de Procesos, Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Del. Acapotzalco, C. P. 02200 México, D. F., México  
{sai, raar, jjp, }@correo.azc.uam.mx

<sup>2</sup>Compañía Sherwin Williams, S. A. de C. V.  
Poniente 140 No. 595 Col. Industrial Vallejo  
C. P. 0230 México, D. F., México

**Abstract:** In this paper the development of the configuration of a Distributed Control System Delta V for Heating Process of resins of the Company Sherwin Williams S. A. De C. V. Obtaining with it, visualization in real time of the main process variables, showing the actual process situation, as well as it is possible to manipulate the elements that control the process. Visual warnings of events or alarms that are produced in the process are shown to give information about danger or warning situation and it manages the necessary mechanisms to guarantee an immediate response. Also it is possible to observe the process evolution through historical data, allowing to take decisions in order to improve the production.

**Key words.** Automatic Control, Real Time, Data Acquisition, Virtual Control.

**Resumen:** En este trabajo se presenta el desarrollo de la configuración de un sistema de control distribuido Delta V para un Sistema de calentamiento de resinas de la Cía. Sherwin Williams S. A. De C. V. Lográndose con ello la visualización de las variables principales del proceso en tiempo real, mostrando la situación actual del proceso, así como también es posible manipular los elementos que controlan el proceso. Avisos visuales de alarma ó eventos que se produzcan en el proceso, son mostrados para dar información sobre la situación de peligro o advertencia y gestiona los mecanismos necesarios para garantizar una respuesta inmediata. También es posible observar la evolución del proceso mediante históricos, permitiendo tomar decisiones para mejorar de la producción.

## **1. Introducción**

La mayoría de los procesos industriales actuales, desarrollan su actividad mediante la utilización de PLC (Programmable Logical Controller) en sus cadenas de producción y/o control de fabricación. Un aspecto de vital importancia para cualquier empresa es el esfuerzo empleado en el control de calidad de sus productos, actualmente las industrias que buscan la competitividad en el mercado, utilizan sistemas automatizados basados en una computadora personal como el Sistema de Control Distribuido o SCD, los cuales permiten representar en tiempo real el estado de una planta industrial e interactuar con ella enviando valores de consigna y órdenes a los equipos de control. Gestiona las alarmas que se puedan producir, emite avisos de alarmas críticas y las muestra en todo momento, contando con una HMI (Interfaz Hombre Máquina) que es la parte visual para el operador de un proceso industrial automatizado.

Estos sistemas representan grandes ventajas operativas, tales como: Interfaz hombre-máquina muy amigable, programación gráfica orientada a control de procesos, comunicación bidireccional con equipos de campo o con otros sistemas de control, adquisición y tratamiento de datos para múltiples variables del proceso, disminución de costos y de espacio requerido para su instalación, facilidad para el mantenimiento y localización de fallas, posibilidades de expansión para un crecimiento de la planta o del proceso actual. Se pueden utilizar en aplicaciones de control lógico secuencial, control continuo y control por lotes o tipo batch, además de poder monitorear el proceso realizar diagnósticos del sistema desde un lugar remoto a través de Internet. En este artículo se presenta el desarrollo de la configuración de un el Sistema de Control Distribuido Delta V de Fisher Rosemount [3], el cual consiste en la programación para la adquisición de datos y creación de un ambiente de control gráfico en el sistema Delta V, para tener una interfase visual gráfica que permita el monitoreo permanente y en tiempo real del nivel y la temperatura de la resina en cada tanque, el arranque y paro de bombas, además de poder encender o apagar las trazas eléctricas, también se contaría con un registro o histórico de temperaturas de la resina, un indicador de la posición de las válvulas de control que regulan el flujo de aceite térmico al interior de cada intercambiador de calor, además de programar un registro de alarmas visibles audibles para la supervisión de las variables temperatura y nivel de cada tanque.

## **2. Área de Planta y Módulos en el Sistema de Calentamiento**

Las áreas de planta, son divisiones lógicas dentro del programa Delta V para la organización de un sistema de control, las cuales pueden representar localizaciones físicas de la planta o funciones principales del procesamiento. Las áreas de planta contienen los módulos para hacer la estrategia de control. En este trabajo se creó el área planta SIS\_CAL sistema de calentamiento. El control en el sistema Delta V está basado en módulos, los cuales son la entidad de lógica de control más pequeña dentro del sistema. Un módulo puede contener algoritmos, condiciones, alarmas, desplegados, información histórica y otras características que definen al equipo del proceso. En esta sección se definen los módulos de control, basado en la instrumentación y el equipo

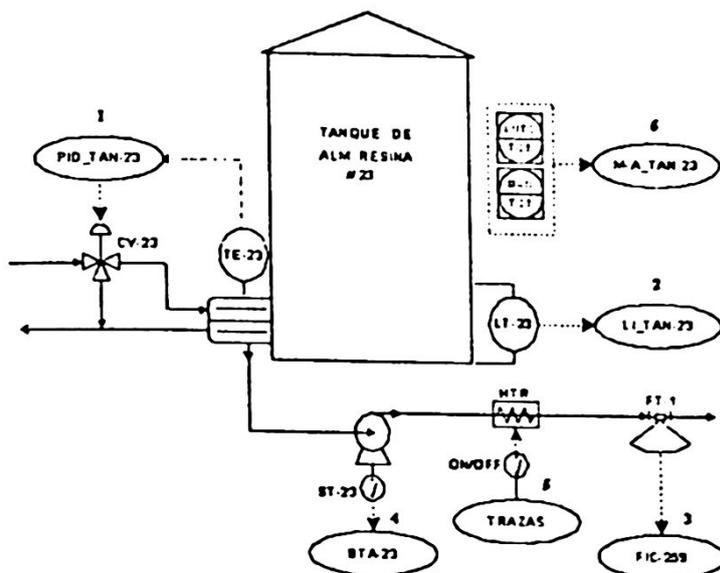


Fig. 1. Diagrama de la estrategia de control del sistema de calentamiento

de proceso. La figura 1, muestra el equipo de instrumentación y control para el proceso de calentamiento y transferencia de resina en uno de los cinco tanques, en este caso en el tanque 23. Este diagrama servirá de base para explicar como se configuró la estrategia de control de este proceso, así como el ambiente grafico de operación en el sistema Delta V. Es importante señalar que se siguió la misma filosofía o estrategia de

Tabla 1. Módulos de control y dispositivos de entrada-salida asociados

No.	Módulo de control	Descripción	Propósito	Tags de Entrada	Tags de Salida
1	PID_TAN-23	Lazo de control de Temperatura PID	Medir y controlar la temperatura de la resina que está en contacto con el intercambiador de calor.	TE-23	CV-23
2	LI_TAN-23	Medidor de Nivel	Medir el contenido de resina (en kg) que hay en el tanque.	LT-23	
3	FIC-259	Medidor de Flujo	Medir el flujo y la temperatura de la resina que llega al proceso.	FT-1	
4	BTA-23	Bomba de proceso	Monitorear el estado de la bomba de transferencia. (encendido/apagado)	MTR-23	
5	TRAZAS	Resistencias de Calentamiento	Mantener la Temp. de la resina en las tuberías que van al proceso.		TRAZAS
6	M-A_TAN-23	Indicación de Modo Manual o Automático	Indicar el modo de operación en el tablero local.	MAN_T-23 AUTO_T-23	

control en cada uno de los cinco tanques, por lo que solamente se explica con detalle el proceso para el tanque 23. La Tabla 1 contiene información acerca de los módulos de control y dispositivos de entrada-salida, que se utilizaron para la estrategia de control del tanque 23.

## 2.1 Descripción del algoritmo para el módulo de control PID\_TAN-23

Para tener una visión general del algoritmo para el lazo de control de temperatura PID en el tanque 23, respecto a la relación que guarda con los registros en el PLC SLC 5/03 [1] y [2] y del Sistema Delta V, así como con la comunicación entre ambos sistemas, nos podemos apoyar en la figura 2. En este esquema se puede observar que la señal del sensor de temperatura TE-23 se conecta directamente al PLC, donde se utiliza un bloque de entrada analógica con escalamiento de la señal en un rango de  $-200$  a  $850^{\circ}\text{C}$ . Este valor, se almacena en un registro de datos enteros de salida; luego se transmite vía comunicación serial RS-485 utilizando el protocolo MODBUS RTU a la tarjeta serial del Delta V; el valor de la señal de temperatura se almacena en un registro del dataset # 3, que es para datos de entrada, y de ahí es tomado para utilizarse en el algoritmo de control del módulo PID\_TAN-23; el dato es leído por el bloque de entrada analógica AI1 que escala la señal de temperatura con un rango de  $0$  a  $100^{\circ}\text{C}$  para servir como señal de entrada o PV para el bloque PID. Una vez que el bloque PID calcula el valor de salida de control o CV en un rango de  $0$  a  $100\%$ , escribe este dato en un registro del dataset # 6, que es para datos de salida. Para poder cerrar el lazo de control, ahora se transmite este valor de salida con la tarjeta serial del Delta V hacia el PLC, escribiendo este valor en un registro para datos de entrada del PLC. Finalmente este dato es leído por un bloque de salida analógica y escalado apropiadamente. De esta manera, el PLC envía a través de un canal de la tarjeta de salidas analógicas, la señal correspondiente en un rango de  $4$ - $20$  mA para manipular la válvula de control del tanque 23, a través del convertidor de corriente a presión (I/P), que escala la señal de  $4$  a  $20$  mA a un rango de salida de  $3$ - $15$  psi.

## 2.2 Descripción del algoritmo para el módulo de nivel LI\_TAN-23

La salida de este módulo indica el peso en la interfaz gráfica de operación y también es enviado al PLC a través de un registro de salida de la tarjeta de comunicación serial. En el PLC se utiliza este valor en su lógica de control, para condicionar el arranque de la bomba de transferencia en el modo automático. En este proceso, se requiere determinar el peso en kilogramos de la resina contenida en el tanque a partir de la medición de nivel, debido a que en la empresa se controlan los inventarios de materia prima de todo los tanques de almacenamiento, el peso se determina con la siguiente expresión:

$$W = \rho H A = P_h A . \quad (1)$$

donde  $W$  es el Peso del líquido contenido en el tanque [kg].  $H$  es la Altura del nivel [cm].  $\rho$  es el Peso específico del material [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ].  $A$  es el área del tanque cilíndrico,

montado verticalmente =  $\pi r^2$  [cm<sup>2</sup>]. P<sub>h</sub> es la Presión hidrostática debida a la columna de nivel del líquido =  $\rho H$  [g/cm<sup>2</sup>]

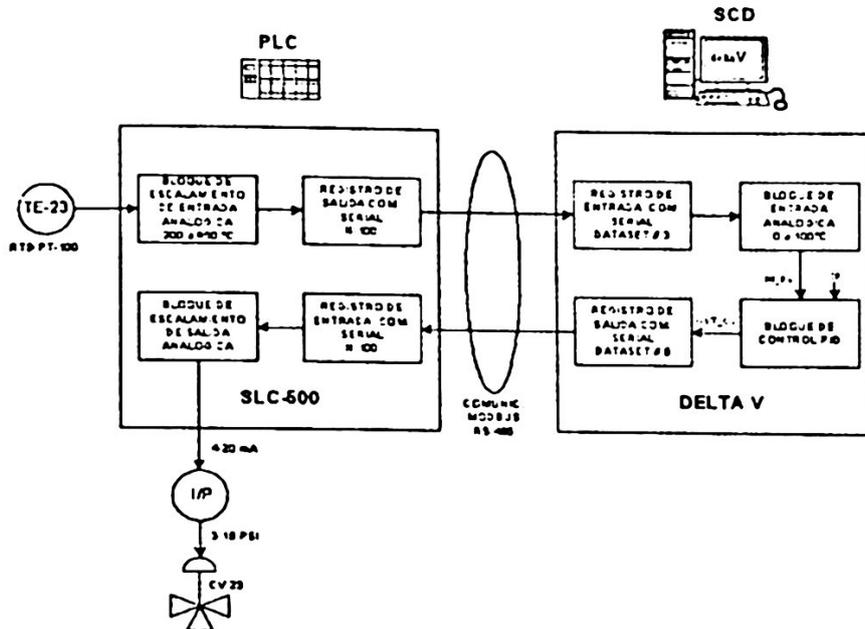


Fig. 2 Transferencia entre los registros del PLC y el sistema Delta V.

La tabla 2 contiene los valores que se establecieron para las alarmas correspondientes al 20%, 50%, 70% y 90% de la capacidad máxima del tanque en kilogramos. Estos valores se definieron en base a los criterios del control de inventarios para materia prima específicos de la empresa. Cada vez que los niveles alcancen estos puntos, se activará una alarma visual y audible en la pantalla de operación, alertando al operador del cuarto de control, quien a su vez informará al departamento de materia prima la existencia de material dentro del tanque. Cuando el nivel alcanza un 90% o más de la capacidad máxima del tanque, se activará una alarma de nivel alto-alto. Al llegar a este punto, se debe interrumpir de inmediato el proceso de llenado o recarga del tanque, debido a que existe un riesgo inminente de derrame de material, con las consecuentes pérdidas económicas y los riesgos en materia de seguridad y ecología que esto podría ocasionar.

### 2.3 Descripción del algoritmo para el módulo de flujo FIC-259

La señal de entrada al módulo, proviene de un medidor-controlador de flujo másico FE-1 tipo Coriolis ubicado en el área de proceso para fabricación de pintura. Este controlador, permite medir y controlar el flujo de resina que es transferida a los tanques de proceso en forma muy exacta; además de desplegar la medición de flujo localmente, también cuenta con una tarjeta de salida que retransmite la señal en un rango de 4-20mA, proporcional al flujo. Esta señal, se conecta directamente a una tarjeta de entrada analógica del Delta V. En el controlador de flujo se realiza la configuración para las unidades de ingeniería, rango de escalamiento de la señal y la variable a transmitir, ya que además de medir flujo másico, también tiene la posibilidad de medir flujo volumétrico, temperatura y densidad del producto que está fluyendo a través del

Tabla 2. Definición de valores límites para las alarmas de los cinco

Tanque	ALARMA BAJA-BAJA [kg] Inventario crítico 20%	ALARMA BAJA [kg] Punto de reordenamiento 30%	ALARMA ALTA [kg] Preparar reordenamiento 70%	ALARMA ALTA-ALTA [kg] Exceso de nivel 90%
23	4.546	11.364	15.910	20.546
24	4.546	11.364	15.910	20.546
25	4.769	11.924	16.693	21.462
26	4.769	11.924	16.693	21.462
27	1959	5.000	12.000	20.200

sensor. Para nuestra aplicación utilizamos la variable de flujo volumétrico en unidades de lts/min y la de temperatura en unidades de °C. Existen dos medidores de flujo para la resina en el área de producción, el FIC-258 y el FIC-259. El FIC-259 se utiliza para medir el flujo de la resina proveniente de los tanques 23 y 24, el FIC-258 para los tanques 25, 26 y 27. En la figura 3, se muestra el arreglo del medidor de flujo másico FIC-259, su interconexión mecánica con el equipo de proceso y su conexión eléctrica con el sistema de medición y control.

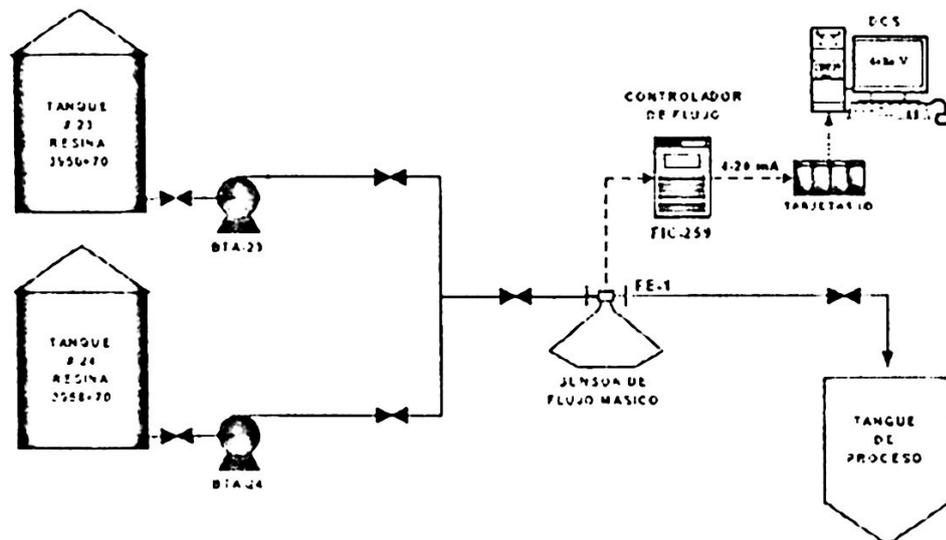


Fig. 3. Arreglo de tuberías e instrumentación

#### 2.4 Descripción del algoritmo para el módulo BTA-23

La función de este módulo es únicamente la de monitorear el estado de la bomba de transferencia del tanque 23, es decir, si se encuentra operando o no (on/off). El bloque de entrada discreta se encarga de leer un valor discreto, es decir, un "1" ó un "0" de un canal físico asociado con una tarjeta de entradas discretas del sistema Delta V. La

señal discreta proviene de un “contacto seco” (libre de voltaje) instalado de manera auxiliar en el arrancador eléctrico de la bomba, ver figura 4. En el diagrama esquemático de la figura 4, se observa un arreglo para controlar el motor de la bomba del tanque 23, utilizando un arrancador electromagnético trifásico. El circuito de fuerza del motor, consta de un interruptor termomagnético para protección del circuito derivado, tres contactos principales M para conexión o desconexión y un relevador con dos elementos térmicos OL para la protección de cada fase, en caso de sobrecarga del motor. El circuito de control, consta de dos juegos de botones pulsadores para el arranque y paro del motor desde dos puntos diferentes; en este caso el motor puede accionarse desde el área de producción o donde se encuentra ubicado el tanque de almacenamiento. También se observa en el circuito de control, la bobina M del arrancador y una lámpara piloto que indica al operador de producción, si el motor de la bomba está operando y al final los contactos del relevador de sobrecarga para protección del motor.

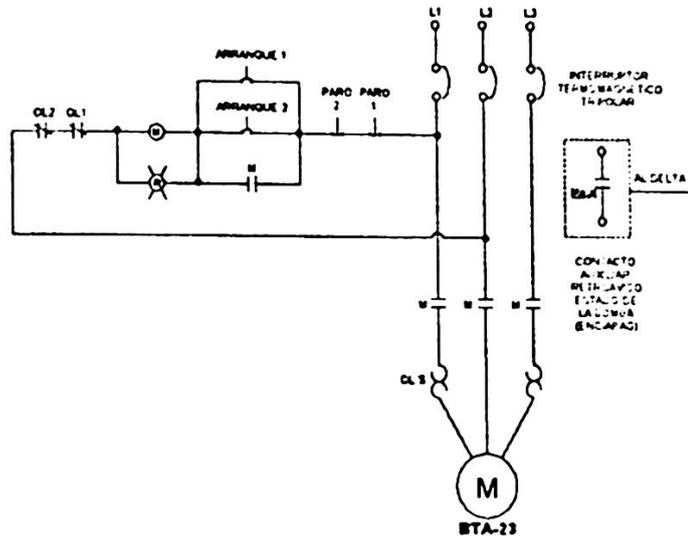


Fig. 4. Diagrama eléctrico de fuerza y control para el motor de la bomba del tanque 23.

## 2.5 Descripción del algoritmo para el módulo MAN-AUTO\_TAN-23

El módulo MAN-AUTO\_TAN-23, se creó con la finalidad de monitorear desde el cuarto de control el modo de operación automático ó manual de la bomba de transferencia de resina del tanque 23. El tablero de control local cuenta con cinco selectores en la parte frontal, para escoger el modo de operación de la bomba. En modo manual, se puede poner en marcha sin depender de los permisos de nivel y temperatura mínimos; mientras que en el modo automático si se deben cumplir esas condiciones para que la bomba pueda funcionar. La figura 5 muestra las etapas descritas.

## 2.6 Descripción del algoritmo para el módulo TRAZAS

Este módulo se creó para poder controlar la operación de las trazas eléctricas. Estas son una red de resistencias instaladas en las paredes externas de las tuberías, con el fin de mantener la temperatura de la resina, mientras es transportada hasta el área de producción. En el diagrama de control de la figura 6, se puede observar la forma en que se controlan las bobinas de los contactores electromagnéticos C1, C2, y C3. Cada

contactor se controla de manera independiente por medio de un termostato, que regula la temperatura de una sección de trazas. Estos termostatos no reportan al PLC ni al Delta V, sino que se conectan directamente al circuito de control de las trazas. Sin embargo, se puede observar que la alimentación de las tres bobinas se puede interrumpir por medio del contacto CRI que físicamente se encuentra en un canal de salida discreta del PLC; a su vez, este contacto está gobernado desde el Sistema de control Delta V, por medio de un registro de salida discreta y utilizando el canal de comunicación serial MODBUS. En el diagrama de la figura 6 se muestra el circuito de fuerza de las resistencias calefactoras (1.5 KW c/u), que forman una conexión trifásica en Estrella. La resistencia de cada fase en realidad representa un grupo de trazas distribuidas en la red de tuberías como sigue: R1 trazado para los tanques 23 y 24, R2 trazado para los tanques 25 y 26 y R3 trazado para el tanque 27. Con la finalidad de proporcionar una mayor flexibilidad y eficiencia en la operación del sistema de control para la red de trazas, deben conectarse y desconectarse desde el cuarto de control, usando el sistema Delta V. También es importante tomar en cuenta que el consumo de energía eléctrica de esta red de trazas es relativamente considerable (4.5 kilowatts), por lo que deberán operar, solo durante los días laborables de la fábrica.

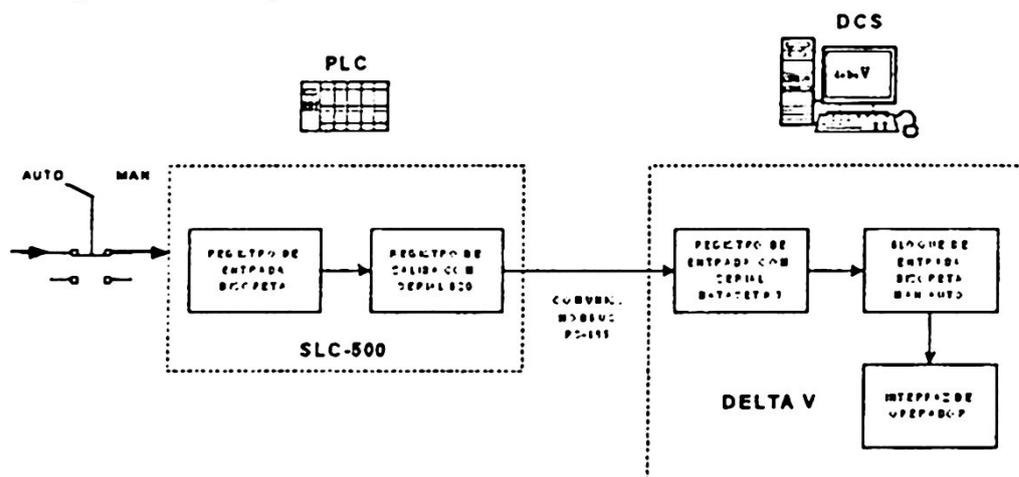


Fig. 5. Transferencia de una señal discreta del PLC hacia el DCS.

### 3. Desarrollo de la interfaz gráfica de operación

Teniendo como base la figura 1, en donde se muestran los módulos de control empleados en este proceso, es posible crear la interfaz gráfica de operación con la herramienta Graphic Studio del Sistema de Control Distribuido Delta V. Para la construcción del ambiente gráfico del proceso, el Delta V cuenta con las herramientas necesarias (botones para rotar, alinear un trazo, colores, plantillas que contienen una gran variedad de dibujos industriales como son motores, bombas, válvulas, tanques y tuberías), lográndose la interfaz gráfica mostrada en la figura 7. También se crearon ligas de datos, las cuales son vínculos que pueden crearse entre el ambiente gráfico y las

Configuración de un sistema de control distribuido Delta V para un sistema de 165 calentamiento

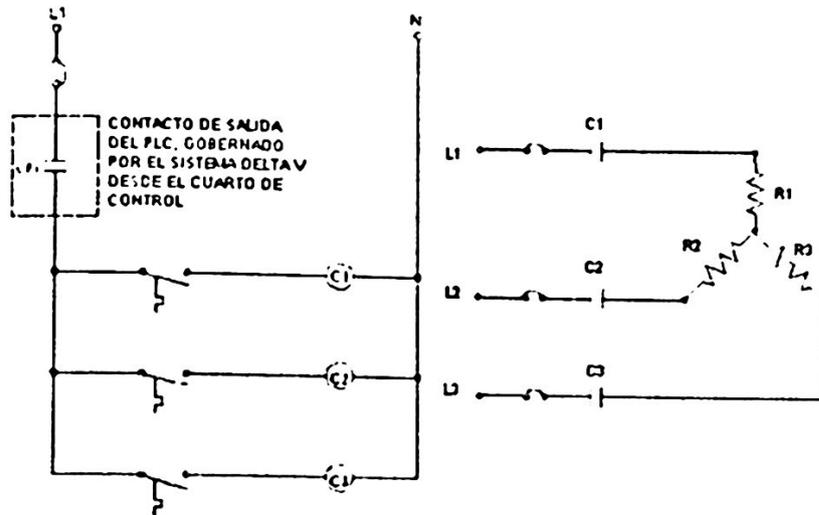


Fig. 6. Diagrama de control y fuerza de las trazas eléctricas.

variables de proceso tales como: porcentaje de apertura de la válvula, cantidad de resina en el interior del tanque, temperatura de la resina en el interior del intercambiador de calor y cantidad de resina enviada a la línea de producción. La finalidad es desplegar en la pantalla, el valor de estas variables en tiempo real. La interfaz construida en este trabajo cuenta con una serie de efectos visuales sobre un dibujo o gráfico, con la finalidad de que el operador perciba que ha ocurrido una variación en el proceso de producción que está controlando. Estos efectos pueden ser un cambio de color, el parpadeo o intermitencia, o bien aparecer y desaparecer de la pantalla.

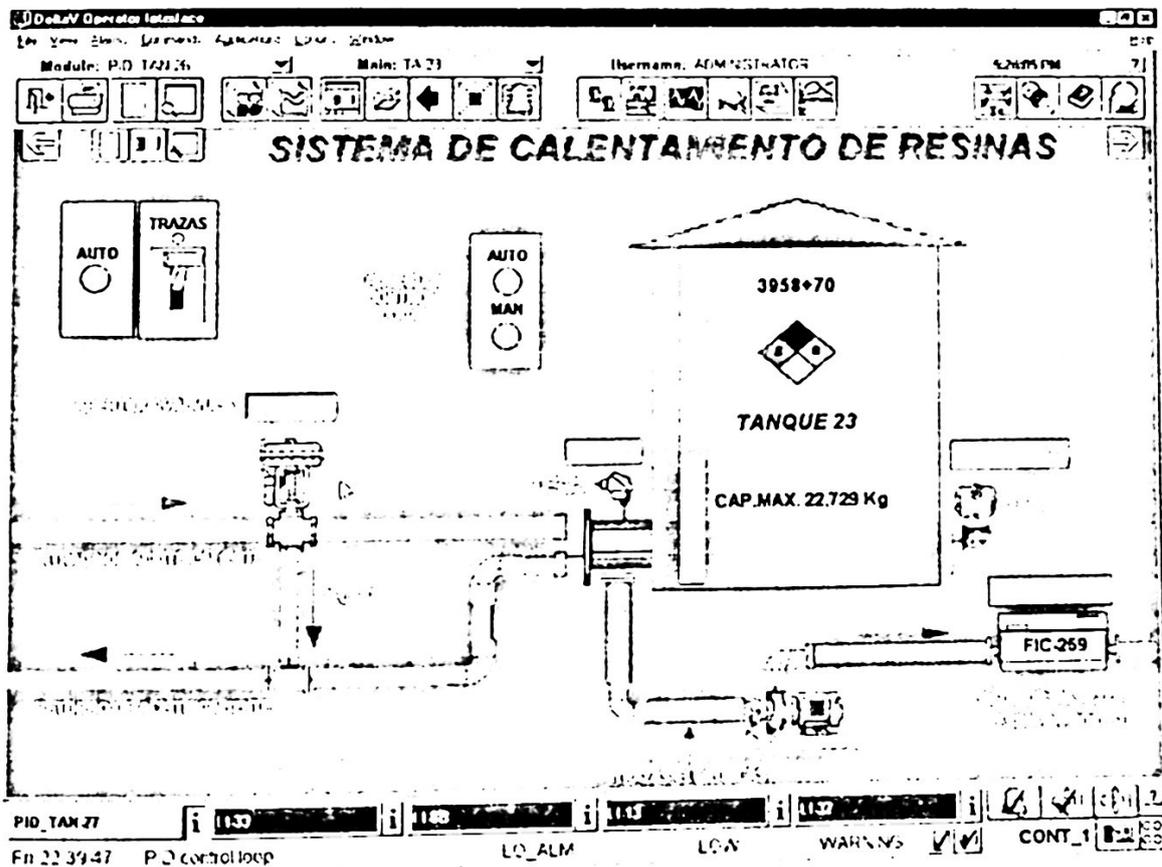


Fig. 7. Interfaz Gráfica de Operación

Además algunos dibujos pueden mostrar carátulas de control (faceplates) en donde el operador puede modificar el estado o condición de la variable de su interés, además de poder visualizarla. Esta interfaz tiene propiedades dinámicas en los siguientes dibujos: en el modo de operación e interruptor de trazas eléctricas, en el modo de operación del sistema desde el tablero de control local, en la carátula de control (Faceplate), en la barra indicadora de nivel en cada tanque, en el indicador visual de funcionamiento de trazas y bomba. Además la interfaz gráfica contiene históricos que muestran el comportamiento de variables del proceso durante un intervalo de tiempo. Estas gráficas permiten a los operadores o ingenieros tomar decisiones para mejorar la producción y realizar los ajustes necesarios a los elementos que controlan el proceso. Para este proyecto, se considera necesario, tener un registro permanente del comportamiento de cuatro variables en cada tanque de almacenamiento de resina: la temperatura de la resina al salir del intercambiador de calor, la temperatura de la resina cuando llega al área de producción, la apertura de la válvula de control, el encendido y apagado de las bombas.

#### **4. Conclusiones**

En este artículo se ha presentado el desarrollo de la configuración de un el Sistema de Control Distribuido Delta V, el cual consiste en la programación para la adquisición de datos y creación de un ambiente de control gráfico en el sistema Delta V. Lográndose tener una interfase visual gráfica que permita el monitoreo permanente y en tiempo real del nivel y la temperatura de la resina en cada tanque, el arranque y paro de bombas de acuerdo a las especificaciones señaladas. La red de trazas eléctricas se encenderá automáticamente solo en periodos de producción. Su control lo ejercerá el Delta V, sin tener relación con el PLC. También se cuenta con un registro o histórico de temperaturas de la resina, un indicador de la posición de las válvulas de control que regulan el flujo de aceite térmico al interior de cada intercambiador de calor, además de programar un registro de alarmas visibles y audibles para la supervisión de las variables temperatura y nivel de cada tanque. Existen ahora alarmas visuales y auditivas para alertar al operador de alguna condición anormal, así como un registro de las mismas.

#### **Referencias**

1. Allen Bradley. Instruction set, Reference Manual EUA Rockwell Software INC. 1999.
2. Allen Bradley SLC 500 family of small programmable controllers, EUA Rockwell Software INC. 1998.
3. Fisher Rosemount. Getting started with your Delta V software, Emerson Process Management 1999.