

XXV Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Diseño e implementación de un sistema de control para operación automática de separadores de petróleo trifásicos

Mariela Viñan, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador

Resumen- Este artículo resume el proyecto realizado para diseñar e implementar un sistema de control para separadores trifásicos de crudo, el cual se basa en el análisis de las variables que intervienen en el proceso de separación de crudo.

El sistema de control se desarrolla por medio de un PLC y de un software dedicado a control (Labview), lo que promueve el uso de diversas herramientas de control.

Para la implementación del sistema de control, se simula un proceso de separación de crudo basado en las características del fluido detalladas en las Especificaciones 12J que son prácticas recomendadas para el diseño y construcción de separadores de crudo. El proceso de separación se muestra por medio de un módulo demostrativo.

I. INTRODUCCIÓN

Industria Acero de los Andes en la actualidad diseña y fabrica separadores de crudo y utiliza los servicios de otras empresas para el dimensionamiento y selección de toda la instrumentación. Por esto se ha visto la necesidad de determinar el tipo de instrumentos mínimos necesarios a instalarse en el separador, con el fin de tener parámetros de comparación entre lo que las empresas contratadas van a utilizar y lo que Acero de los Andes cree necesario. A demás se necesita establecer un sistema de control que responda de manera adecuada al proceso de separación de crudo, con lo que se optimizaría la puesta en marcha de los equipos utilizados en dicho proceso.

II. SELECCIÓN DE VÁLVULAS E INSTRUMENTOS

Para el correcto funcionamiento del sistema de control se deben establecer los instrumentos y válvulas adecuados para cada variable que interviene en el proceso de separación.

A. Variables a medir y controlar en los separadores de crudo trifásicos.

Previamente a la selección de válvulas e instrumentos se determinan las variables que intervienen en el proceso de separación; estas variables son:

- Caudal de gas y líquidos (agua y petróleo)
- BSW (Basic Sediment and Water; determina el porcentaje de agua presente en el crudo).

- Temperatura
- Presión interna en el separador
- Nivel de líquidos

No todas estas variables forman parte del sistema de control, existen demás variables que permiten obtener los valores de volumen resultantes del proceso de separación.

Las variables se indican en la Fig. 1, donde se observa además las partes más importantes del separador trifásico, las cuales son; el área de separación donde por gravedad se separa el agua del crudo; el vertedero, donde se deposita el petróleo como resultado de la separación; el área superior al vertedero donde se eleva el gas resultante de la separación; además se observan las vías de entrada y salida de fluidos.

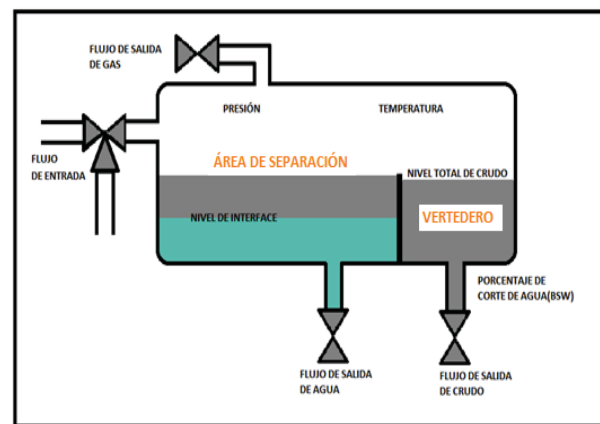


Fig. 1 Variables que involucran el proceso de separación trifásica de crudo

B. Válvulas e instrumentos adecuados para el proceso de separación

Para la implementación del Sistema de Control se requieren instrumentos que permitan obtener los valores de las variables del proceso y conviertan estos valores en señales estándares para que puedan ser procesadas por el controlador, estas funciones se integran en transmisores de señal que se fabrican actualmente. Las características importantes de fluido y del separador que determinan la selección de instrumentos se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO DE INGRESO AL SEPARADOR TRIFÁSICO DE CRUDO DE 20000 BFPD DE LA ESTACIÓN PICHINCHA- CAMPO LIBERTADOR.

CARACTERÍSTICAS DE FLUIDO DE INGRESO AL SEPARADOR TRIFÁSICO DE CRUDO DE 20000 BFPD DE LA ESTACIÓN PICHINCHA- CAMPO LIBERTADOR.		
	VALOR	UNIDAD
Características volumétricas		
Crudo	12000	BCPD (barriles de crudo por día)
Agua	8000	BAPD(barriles de agua por día)
Gas	1	MMSCFD(millón estándar de pies cúbicos por día)
Densidad gas	0,208	Lb/ft ³
Valores de operación		
Temperatura	96	°F
Presión	26	PSIG
Valores de diseño		
Temperatura	200	°F
Presión	100	PSIG
Características físicas		
Diámetro interno del recipiente	100	Pulgadas
caída de presión	2.102	in H2O
Condiciones ambientales		
Temperatura ambiente (promedio)	92	°F
Humedad relativa	85	%

A. Selección de instrumentos

Para seleccionar los instrumentos se determina el rango, rangeabilidad, elemento primario de medición y la protección eléctrica.

En la Tabla 2 se muestran las características de los transmisores seleccionados para el adecuado funcionamiento del sistema de control.

TABLA 2
SELECCIÓN DE TRANSMISORES PARA EL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CRUDO

TRANSMISOR	Caudal De Entrada	Nivel De Interface	Nivel De Crudo	Presión
RANGO	1000 - 25000 BPD	0 - 102 "	0 - 102 "	0 - 30 PSIG
RANGEABILIDAD	25:1	-	-	-
PRINCIPIO DE MEDICIÓN	Coriolis	Microondas	Presión dif.	Diafragma
PROTECCIÓN ELÉCTRICA	NEMA 4X	NEMA 4X	NEMA 4X	NEMA 4X

B. Dimensionamiento de válvulas

El sistema de control requiere de válvulas que permita limitar el paso de fluidos (gas, agua, crudo).

Para el dimensionamiento de válvulas se establecen características como el tipo de acción de la válvula que puede ser normalmente cerrado o abierto; la característica de flujo, que puede ser lineal, isoporcentual o de apertura rápida; el tipo de válvula y el CV(coeficiente que caracteriza al flujo determinado por el caudal, gravedad específica y la diferencia de presión en la válvula). La Tabla 3 muestra las características de las válvulas dimensionadas para el sistema de control.

TABLA 3
VÁLVULAS DIMENSIONADAS PARA EL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CRUDO

APLICACIÓN	VÁLVULA PARA CONTROL DE			
	Caudal De Entrada	Nivel De Interface	Nivel De Crudo	Presión
ACCIÓN DE VALVULA	Normalmente cerrada	Normalmente cerrada	Normalmente cerrada	Normalmente abierta
CARACTERÍSTICA DE FLUJO	lineal	Igual porcentaje	Isoporcentual	Isoporcentual
TIPO DE VÁLVULA	Globo doble asiento 3 vías	Globo	Globo	Globo
CV	500	250	300	223

III. SISTEMA DE CONTROL

A. Proceso de separación simulado

El sistema de control no se aplicó a un Separador de Crudo existente, sino que se creó un sistema simulado en Labview. Para esto se analizó el proceso de separación de crudo. El sistema simulado es dependiente de las características que se establecen en la Especificaciones 12 J API, estas especificaciones están formadas por las particularidades del flujo de entrada y del separador de crudo.

El comportamiento del proceso depende principalmente de las características del flujo de entrada; entre las más importantes se tiene:

- Volumen de crudo
- Volumen de agua
- Volumen de gas
- Flujo constante o variable

Estas características se toman en cuenta en el proceso simulado.

B. Desarrollo del sistema de control

El sistema de control general se desarrolla como un conjunto de subsistemas de control puntuales del tipo SISO (simple input, simple output) lineal de lazo cerrado; es decir, se aplica un mecanismo de control para cada variable, como indica la Tabla 4.

TABLA 4
MECANISMOS DE CONTROL UTILIZADOS EN EL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CRUDO TRIFÁSICO.

VARIABLE	MECANISMO DE CONTROL
Presión	PID (proporcional, integral, derivativo)
Caudal de entrada	PROPORCIONAL
Nivel de interfaz	PI (proporcional, integral)
Nivel de crudo	ON/OFF

A continuación se detalla cada subsistema de control.

• *Sistema de control de caudal de ingreso de fluido:*

Del fluido de entrada depende la cantidad de agua, gas y crudo resultantes. Por esta razón, para poner a prueba el sistema de control se simula el comportamiento intermitente del ingreso de fluido

El transmisor de flujo indica el valor de caudal de entrada, cuando este supera el valor nominal establecido, el sistema de control del PLC manda una señal para el cierre proporcional de la válvula de ingreso de fluido y se activa el bypass de la misma.

La Fig. 2 muestra el lazo de control necesario para evitar el paso excesivo de fluido hacia el separador.

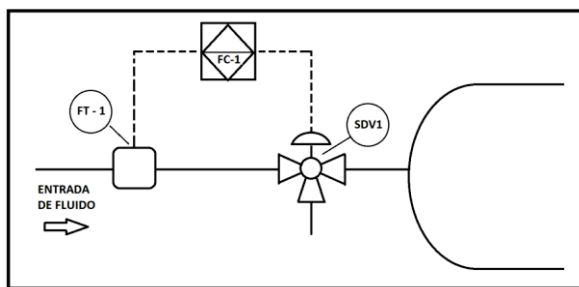


Fig. 2 Lazo de control de caudal de fluido de entrada

Cabe recalcar que el control de ingreso de fluido se ha desarrollado específicamente como un medio de seguridad industrial.

En lo referente al control de flujo, desde Labview se envía el valor de flujo nominal de fluido descrito en las Especificaciones 12J API, este dato es multiplicado por el

valor que se ingresa por medio de un potenciómetro el cual está comprendido entre 0 y 1.5, con esto se simula el ingreso de flujo el cual puede ser intermitente, dando como resultado valores entre el 0 y el 150 % del flujo nominal.

Flujo nominal se denomina al caudal de entrada sobre el cual fue diseñado el separador y que se encuentra determinado en las especificaciones API 12J.

La válvula de control de ingreso de fluido de tres vías tiene un comportamiento lineal y proporcional; es decir, cuando la válvula esté al 100% de apertura se permitirá el paso del 100% del flujo. Cuando el flujo real supera el 100% del flujo nominal, la válvula de entrada empieza a cerrarse proporcionalmente desviando el flujo excedente.

Con lo expuesto en los párrafos anteriores se puede establecer el siguiente algoritmo de control:

$$x = 100, f \leq 100 \tag{1}$$

$$x = 100 - 2 * (f - 100), 100 < f < 150 \tag{2}$$

$$x = 0, f \geq 150 \tag{3}$$

Donde, “x” es el porcentaje de apertura de la válvula de control de entrada de fluido y “f” es el flujo medido por el transmisor de caudal de entrada y corresponde al valor de flujo real.

Con este algoritmo se puede obtener un comportamiento lineal de la válvula de control cuando el flujo supera el valor nominal. Este algoritmo se establece en el PLC por medio del Software TwidoSuit.

• *Control PI para control del nivel de agua:*

Cuando el fluido ingresa al recipiente empieza la fase de separación; entonces, el agua se separa del crudo, creando dos niveles de fluidos diferentes, el agua en la parte inferior y sobre ésta se encuentra suspendido el crudo.

El incremento de nivel en el área de separación está directamente relacionado con el flujo de entrada. Para establecer la señal de nivel de la interfaz o nivel de agua se considera un recipiente con un caudal de entrada Q_i y un caudal de salida Q_o a través de una válvula de control como se observa en la Fig. 3.

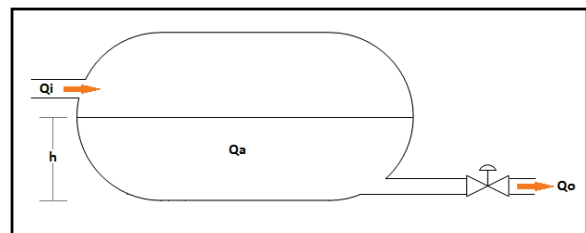


Fig. 3 Entrada y salida de flujo

Tomando en cuenta la ley de conservación de la energía, se puede establecer:

$$Q_i = Q_a + Q_o ; Q_o = Q_{out} \quad (4) \quad \frac{dh}{dt} = \frac{Q_i - 0,86C_{vmax} * \alpha^{x-1} * \sqrt{h(x)}}{A} \quad (13)$$

El caudal de salida es directamente proporcional al producto del coeficiente de caudal por la raíz de la altura o nivel de líquido en el recipiente.

$$Q_{out} = K_v \sqrt{h} \quad (5) \quad \frac{dh}{dt} = \frac{Q_i - 0,86C_{vmax} * x * \sqrt{h(x)}}{A} \quad (14)$$

Kv es el coeficiente de caudal en unidades métricas; para obtener este valor en unidades imperiales, se establece el valor Cv que se define como el caudal en galones por minuto (gpm) de agua a la temperatura de 60°F con una caída de presión a través de la válvula de salida de 1 psi. Cv y Kv se relacionan con la siguiente ecuación.

$$K_v = 0,86C_v \quad (6)$$

Entonces;

$$Q_{out} = 0,86C_v \sqrt{h} \quad (7)$$

Para el control del nivel de interfaz fue escogida una válvula de igual porcentaje que tiene la propiedad de que a iguales incrementos en su abertura producen iguales aumentos relativos o en porcentajes en el coeficiente de la válvula; esta característica se establece mediante la siguiente expresión:

$$C_{v(x)} = C_{vmax} * \alpha^{x-1}, [1] \quad (8)$$

Donde Cv(x) es el coeficiente de caudal para un porcentaje de apertura x, α es la rangeabilidad, Cvmax es el coeficiente de caudal para una apertura del 100%, x es el porcentaje de apertura de la válvula.

Si se considera que por cada porcentaje de apertura de la válvula de salida de agua, el caudal de salida variará, se puede deducir:

$$Q_{out(x)} = 0,86C_{v(x)} \sqrt{h(x)} \quad (9)$$

Relacionando las expresiones anteriores se obtiene:

$$Q_{out(x)} = 0,86C_{vmax} * \alpha^{x-1} * \sqrt{h(x)} \quad (10)$$

$$Q_a = Q_i - 0,86C_{vmax} * \alpha^{x-1} * \sqrt{h(x)} \quad (11)$$

Qa es el volumen de líquido que permanece dentro del recipiente y se define como:

$$Q_a = \frac{dV_a}{dt} = A * \frac{dh}{dt} \quad (12)$$

Finalmente se obtiene una expresión que relaciona el incremento/decremento de nivel con el flujo de entrada.

Cuando el porcentaje de apertura de la válvula es menor al 5% se puede asumir a la expresión anterior como una ecuación lineal;

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_i - 0,86C_{vmax} * x * \sqrt{h(x)}}{A} \quad (14)$$

El lazo de control de nivel de interface se puede observar en la Fig. 4.

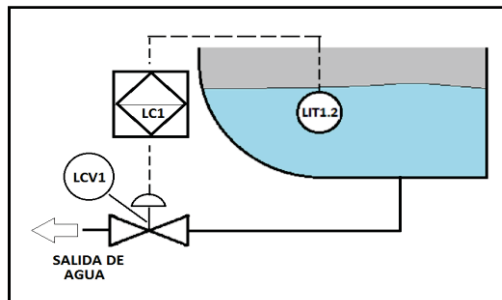


Fig. 4 Lazo de control de Nivel de Interface

• Control ON/OFF para el nivel de crudo

Cuando el nivel de fluido sobrepasa el nivel máximo del área de separación, el crudo empieza a desbordarse y el nivel del vertedero se incrementa. Se establece que el incremento de nivel en el vertedero es lineal y es dependiente del aumento de nivel en el área de separación y por ende del flujo de entrada.

Para controlar el nivel de crudo en el vertedero se opta por un tipo de control ON/OFF. Para esto se necesitan los valores máximo y mínimo de nivel; entonces, cuando el nivel llega a su valor máximo la válvula de salida de crudo se abre (100% de apertura) lo que permite el decremento de nivel y cuando el nivel llegue a su valor mínimo la válvula se cerrará (0% de apertura).

Si este mecanismo de control llega a fallar, un sensor de nivel puntual colocado a una distancia de la base tal que evite que el recipiente se inunde se activará y una alarma de seguridad detendrá el proceso (este valor es mayor que el valor máximo de nivel en el vertedero).

En la implementación, desde la PC se envía el valor de nivel en el área de separación, cuando este valor supere la altura de la pared del vertedero (60”), empieza el incremento de nivel en el vertedero el cual fluctuará entre el valor máximo y mínimo de nivel.

La fig. 5 muestra el lazo de control de nivel de crudo.

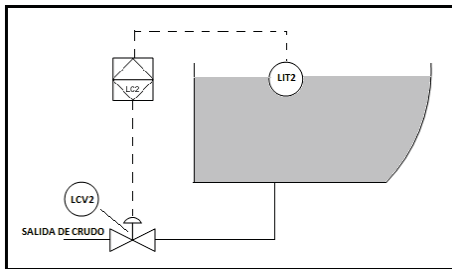


Fig. 5 Lazo de control de Nivel de Crudo

• *Control PID para el control de presión*

El control de presión en el interior del separador está relacionado con el volumen de gas natural que se produce como resultado del proceso de separación.

Para el desarrollo del sistema de control se considera la expresión que relaciona el caudal de salida de gas a través de una válvula y el porcentaje de apertura de la misma

$$Q_{out\ gas} = 2,8Cv_{gas} * C_f * x_{gas} * P * \sqrt{G \frac{520}{T} * (y - 0,148y^3)} \left[\frac{lb}{h} \right]$$

,[2] (15)

$$y = \frac{1,63}{C_f} * \sqrt{\frac{\Delta p}{p}}$$

(16)

Donde; $Q_{out\ gas}$ es el caudal másico de salida de gas, Cv_{gas} es el coeficiente de la válvula de control de salida de gas, x_{gas} es el porcentaje de apertura de la válvula, G es la gravedad específica del gas, Δp_{gas} es la caída de presión a través de la válvula de control de presión, C_f es un dato que caracteriza al tipo de válvula a usar tiene un valor entre 33 y 38 y P es la presión en el separador.

Algunos de los valores de los parámetros de la ecuación anterior se tomaron de los datos obtenidos en el dimensionamiento de la válvula de control de presión.

Desarrollando las ecuaciones anteriores se obtiene

$$y = \frac{1,63}{0,65} * \sqrt{\frac{0,4}{p}} = \frac{1,58}{\sqrt{p}}$$

(17)

$$Q_{out\ gas} = 1087,41 * x_{gas} * \sqrt{p} * \left(1 - \frac{0,3694}{p}\right)$$

(18)

Se obtiene una ecuación donde el caudal de salida de gas a través de la válvula se encuentra en función de la presión interna del separador y del porcentaje de apertura de la válvula de salida de gas.

Análogamente al sistema de control de nivel, se formula:

$$Q_{in\ gas} = Q_{acumula\ gas} + Q_{out\ gas}$$

(19)

De la ecuación anterior, el caudal de gas que ingresa “ $Q_{in\ gas}$ ” es un valor conocido y se establece en las Especificaciones 12J, el caudal de salida “ $Q_{out\ gas}$ ”, se reemplaza con la ecuación correspondiente. La presión dentro

del separador se encuentra en función del caudal másico de gas que se acumula; es decir, cuanto más gas se acumula en el separador, mayor es la presión en su interior.

Para el control de la válvula de salida de gas se opta por un PID ya que este provee una respuesta rápida y confiable, que es lo que se necesita para mantener un valor de presión adecuado. Este sistema de control se desarrolla en Labview utilizando la herramienta PID, la cual fue expuesta en la sección de control de nivel de agua.

En la fig.6 se muestra el lazo de control de presión.

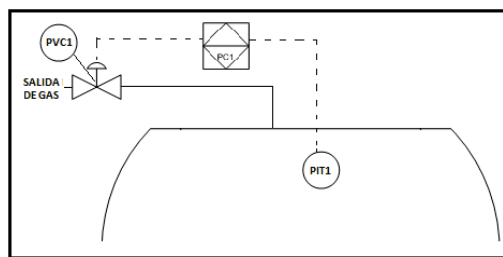


Fig. 6 Lazo de control de Presión

IV. HMI DEL SISTEMA DE CONTROL

Una HMI es una herramienta que permite la interacción entre el usuario y el proceso a través del monitoreo, alarmas y control supervisado de variables.

Para el sistema de control del proceso de Separación Trifásico de Crudo se establece una interfaz donde el usuario, por medio de un menú de selección accede a una de las siguientes aplicaciones:

- Especificaciones 12J API
- Pantalla principal de control
- Selección de instrumentos

A. *Especificaciones 12J API*

Estas especificaciones cubren los requerimientos mínimos necesarios para el diseño y fabricación de separadores de crudo.

Una de las ventanas de la HMI presenta una pantalla donde el usuario debe registrar la información referente al Diseño de Separadores de Crudo, esta información incluye:

- Condiciones de Operación
- Requerimientos de Diseño
- Revestimientos e instrucciones especiales

B. *Pantalla principal de control*

La Pantalla Principal de Control está desarrollada en el VI principal (VI, Virtual instrument, es la forma en la que se denomina a los programas desarrollados en Labview).

Después de seleccionar la opción “Pantalla Principal” en el Menú se debe decidir el tipo de usuario a ingresar. Existen dos tipos de usuarios “Operador” y “Supervisor” El usuario tipo Operador es de libre ingreso y permite únicamente iniciar o suspender el proceso en modo manual o

automático. El tipo de usuario Supervisor es de ingreso restringido y solicita un “Password”. Este inicia o suspende el proceso ya sea en modo manual o automático y además permite acceder a las ventanas de configuración del sistema de control del proceso.

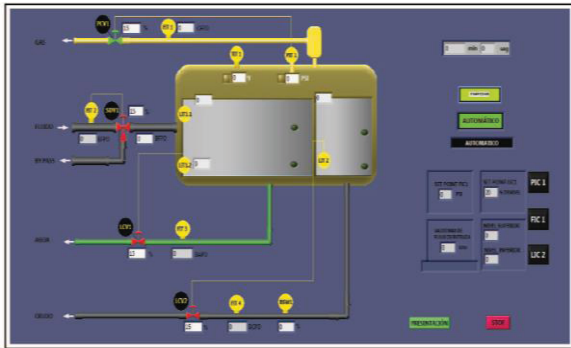


Fig. 7 Pantalla principal de la HMI

La Pantalla principal de control permite al usuario monitorear y controlar el proceso de separación. Para esto esta ventana dispone de las siguientes secciones:

- *Sección de monitoreo*

En la sección de monitoreo, que integra esta pantalla, se observa el diagrama de un separador de crudo trifásico con las válvulas e instrumentos necesarios para su funcionamiento; sobre este diagrama se encuentran distribuidos indicadores numéricos y gráficos, estos indican los valores de las diferentes variables que intervienen en el proceso.

- *Sección de control*

La pantalla principal establece una sección de control a la que el usuario puede acceder para modificar varios parámetros del proceso. La sección de control se define dependiendo del tipo de usuario a ingresar.

C. Selección de instrumentos

La tercera aplicación que presenta el menú principal fue desarrollada en Labview y Microsoft Access, y despliega los instrumentos recomendados para la operación automática de los separadores trifásicos de crudo. La selección de los mismos está basada en las características del proceso (temperatura, volumen del fluido, presión, etc.). La mayoría de estas son establecidas a partir de las Especificaciones 12J detalladas anteriormente. Con estas características se pudo obtener elementos que responden de manera adecuada a los requerimientos de los separadores.

- *Base de Datos de válvulas e instrumentos*

Los nombres de instrumentos y válvulas son obtenidos de una base de datos realizada en Microsoft Access. La base de datos contiene las siguientes tablas:

- Transmisores de presión
- Transmisores de temperatura

- Transmisores de nivel
- Transmisores de flujo
- Medidores de corte de agua
- Válvulas de control de tres vías
- Válvulas de control de dos vías

Cada una de estas tablas contiene datos del instrumento como el tamaño, los rangos de operación, el fabricante, etc.

V. MÓDULO DEMOSTRATIVO

Para la demostración del sistema de control se diseña un módulo que visualiza los datos de flujo, presión, bsw, nivel, temperatura y porcentaje de apertura de las válvulas de salida y entrada de fluido. Por medio de este módulo se simula y visualiza el funcionamiento de un separador de crudo de tipo trifásico. Para la implementación se utiliza el protocolo de comunicación Modbus, para conectar el computador con el módulo.

El módulo está formado por trece placas electrónicas, cada una de ellas representa a las válvulas e instrumentos necesarios para el control del separador; consta también de un PLC que permite la comunicación entre las placas y el computador y además realiza el control de dos de los subprocesos del sistema (control de flujo de entrada y control de nivel de crudo), los otros dos subprocesos, control de nivel de agua y el control de presión están realizados por la PC por medio de Labview.

Además se utiliza el software TwidoSuite el cual permite la programación en lenguaje ladder (escalera) y lenguaje de lista de códigos; el primero de estos lenguajes fue el utilizado para la programación del PLC. [3]

Las placas contienen microcontroladores, los cuales se enlazan con el PLC por medio del protocolo de comunicación Modbus. MODBUS funciona siempre en modo maestro-esclavo, donde el maestro es el que controla las comunicaciones con los esclavos, los esclavos se limitan a retornar los datos solicitados por el maestro.[4]

Para la visualización de los datos, cada placa está conectada a un LCD; y en el caso de las placas que representan a los transmisores de nivel se conectan además matrices de LEDs que simulan el incremento o decremento de nivel dentro del separador.

El módulo está integrado de los siguientes elementos:

- PLC TWIDO TWDLCAA16DRF
- Placas electrónicas con microcontroladores PIC
- Fuente de poder
- Breakers de riel DIN

Estos elementos se integran como indica el esquema de la Fig. 7.

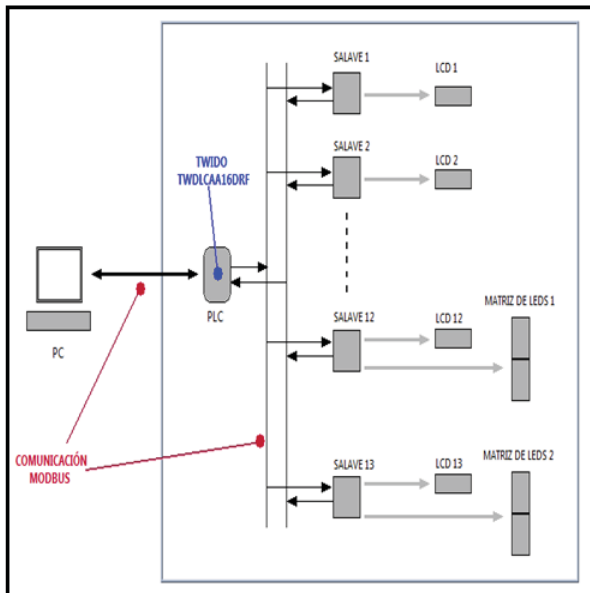


Fig. 8 Esquema general del módulo demostrativo de separador trifásico de crudo.

Las trece placas electrónicas están integradas en un tablero central, el cual puede ser retirado con facilidad; también forma parte de este tablero dos placas adicionales; Placa central de alimentación y la Placa de integración para comunicación, como se observa en la Fig. 8.

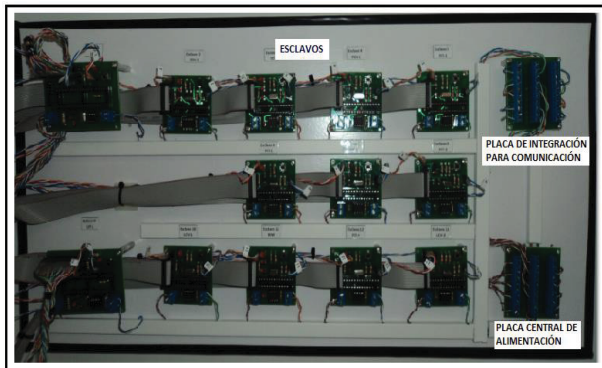


Fig. 9 Tablero de esclavos

Para mantener los niveles de voltajes óptimos para la comunicación Modbus, se agrega una placa electrónica que adiciona resistencias de polarización al sistema.

A las trece placas principales que integran el tablero se les denomina con un número de esclavo y el nombre del instrumento al cual representa.

En la fig.10 se puede observar el módulo demostrativo integrado por las placas electrónicas y los Lcd's que permiten indicar los valores de las variables del proceso de separación trifásica de crudo.

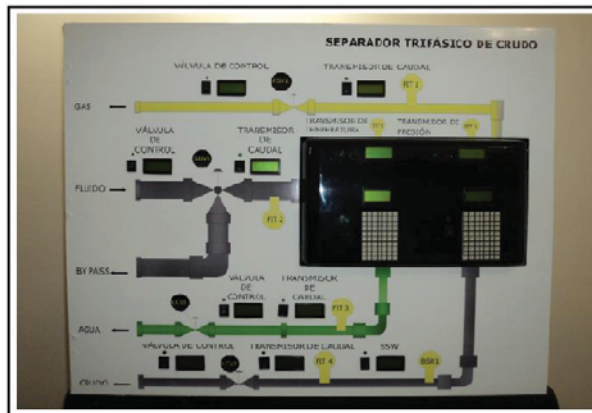


Fig. 10 Módulo demostrativo de Sistema de Control de Separadores de crudo Trifásico.

VI. PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas se realizaron para determinar el funcionamiento del sistema de control de un separador de crudo trifásico, tanto en modo manual, como en modo automático y para determinar si la selección automática de instrumentos, se ejecuta correctamente.

Para la realización de las pruebas se toma como muestra un flujo entrada variable de 20000 BPD, las primeras pruebas se realizan con cada uno de los lazos de control individualmente, finalizando con una prueba del sistema integral.

Como resultado de las pruebas se determina que el sistema de control responde de manera adecuada, obteniéndose valores de flujo de salida coherentes al proceso de separación, en la fig.11 se observa el reporte final de una de las pruebas realizadas.



Fig. 11 Reporte final- prueba de funcionamiento del Sistema de Control.

VII. CONCLUSIONES

- El sistema de control implementado responde de manera adecuada al proceso simulado de separación de crudo, con lo que se puede concluir que el objetivo principal de este proyecto ha sido alcanzado.

- Al implementar sistemas de control coordinados entre la PC (Labview) y el PLC, se demuestra que tanto los controladores programables dedicados como las herramientas computacionales para sistemas de control, resultan efectivos, siempre y cuando se mantenga la alimentación eléctrica continua y se encuentren instalados en ambientes adecuados de trabajo.
- Para que el sistema de control sea aplicado tanto a un proceso real como simulado, se debe realizar un análisis detallado de las variables que interviene en él y los límites de funcionamiento del proceso.
- Las pruebas demostraron que dividir el proceso general de separación de crudo en subprocesos al permitir determinar un tipo de sistema de control para cada subproceso, facilitó el control general del sistema.
- Un proceso simulado permite realizar pruebas de funcionamiento sin poner en riesgo el proceso real y sirve como una herramienta explicativa del proceso y del funcionamiento del sistema de control. En conclusión, la simulación previene posibles accidentes reales en el manejo del separador.

VIII. AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Miguel Cedeño por el apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto.

Al Doctor Luis Corrales por su acertada dirección durante el desarrollo del proyecto.

IX. REFERENCIAS

- [1] Ing. José Roberto Vignoni, Instrumentación Y Comunicaciones Industriales
- [2] Hutchison, J.W., ISA Handbook of Control Valves, segunda edición.
- [3] SCHNEIDER ELECTRIC, Manual Twido Suit
- [4] <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>

X. BIOGRAFÍA



Mariela Viñan, nació en Riobamba el 10 de Abril de 1984. Sus estudios primarios y secundarios los realizó en la Unidad Educativa María Auxiliadora., obteniendo el título de bachiller en Ciencias especialidad Físico Matemático.

Realiza sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional, para finalmente obtener el título de Ingeniera en Electrónica y Control en Mayo de 2013.