

Migración del Sistema de Control del Compresor de Gas C-3121A para la Turbina Dual LM2500 del Sistema de Generación Eléctrica de Repsol - Bloque 16

Alexis Fabián López González

*Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE
Sangolquí - Ecuador*

alexis.lopez1749@gmail.com

Resumen – El presente artículo está dedicado a la migración del Sistema de Control de un compresor de gas el mismo que se encuentra instalado en la Facilidad de Producción Sur de Repsol, en el cual se reemplaza el controlador lógico programable (PLC) y la interfaz de operador. El desarrollo del proyecto se lo realiza en tres etapas: levantamiento de información mediante el estudio de diagramas eléctricos y diagramas P&ID del compresor, elaboración del programa para el nuevo controlador y HMI para la interfaz y por último la implementación en campo del sistema.

I. INTRODUCCIÓN

Se conoce como migración al cambio o actualización de un sistema, ya sea en lo referente a su hardware o a su software. La migración de un sistema se realiza mediante un procedimiento a través del cual se “cambian” los elementos del actual sistema por otros productos o por versiones que se adapten de mejor manera a las necesidades del sistema o proceso.

Durante el proceso de migración se ejecutan diferentes fases, primeramente se realiza un estudio del actual sistema conociendo a profundidad sus características y funcionamiento. Es importante la estimación del tiempo requerido para la migración así como la planificación del proyecto. Sin duda la fase más complicada es la implementación de la migración, en esta fase no pueden existir errores ni fallas y debe tener un impacto mínimo sobre la rentabilidad de la empresa pues en grandes industrias el retraso en la finalización del proyecto afecta directamente al nivel de producción lo cual tiene como consecuencia principal pérdidas económicas.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

A. Sistemas de Control

Para definir que es un Sistema de Control es preciso saber que un sistema o proceso está formado por un conjunto de elementos relacionados entre sí que ofrecen señales de salida en función de señales o datos de entrada.

Para entender cómo está funcionando un sistema es importante conocer cuál es la relación que existe entre la entrada y salida del proceso. El aspecto más importante de un sistema radica en el conocimiento de cómo se comporta la señal de salida frente a una

variación de la señal de entrada, un correcto conocimiento de esta relación permite predecir la respuesta del sistema y seleccionar la acción de control adecuada para mejorarla, de esta manera se puede tomar decisiones sobre la acción de control para conseguir el objetivo final. Se define un sistema de control como el conjunto de elementos que interactúan para conseguir que la salida de un proceso se comporte tal y como se desea, mediante una acción de control.

Las variables básicas que se pueden encontrar en procesos industriales generalmente son la presión, el nivel, la temperatura y el caudal. Al conocer los valores de dichas variables se puede saber con certeza que es lo que está sucediendo en la planta, si su operación es correcta y sobre todo si las condiciones operativas están dentro de los rangos de operación normales.

En sistemas industriales grandes además de computadores se utilizan PLC's, son los encargados de recibir la información de los instrumentos que están instalados en el campo y a través de un sistema de comunicaciones los datos son enviados al computador principal para la visualización de las variables y el estado en el que se encuentre la planta.

B. Controlador Lógico Programable (PLC)

Un PLC (Programable Logic Controller) es un equipo electrónico programable, que usa una memoria la cual permite almacenar una secuencia de instrucciones lógicas y ejecutarlas con el objetivo de realizar funciones específicas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, distintos tipos de máquinas o procesos. [1]

Son varios los elementos que componen un PLC, cada uno con una función específica. Por ejemplo tenemos el Rack principal, donde se conectan el resto de elementos. Uno de los elementos principal es la Unidad Central de Proceso que es considerado el “cerebro” del PLC ya que es la encargada de almacenar y procesar la información para la toma de decisiones relacionadas al control de la máquina o proceso.

Al utilizar un PLC dentro de un proceso o sistema lo podemos considerar como un Sistema de Control Automático, este sistema mide una variable y actúa de una forma determinada para que esa variable se mantenga en un valor deseado o de referencia. Un controlador automático realiza la conexión entre la entrada y salida mediante un algoritmo de control. Cuando el controlador detecta que la variable no está en el punto deseado, aplica una corrección al proceso, luego mide nuevamente el efecto producido por esa primera corrección y aplica una segunda corrección, y así sucesivamente, esto

no quiere decir que las correcciones o mediciones se apliquen por etapas o pasos, el controlador se encuentra midiendo y corrigiendo continuamente hasta lograr un objetivo.[2]

C. Lazo de Control

Existen dos tipos en los que se realiza el control de un proceso, y estos se caracterizan porque la información de proceso sea o no realimentada al controlador para iniciar la acción correctora adecuada.

Existe el control en lazo abierto el cual no realimenta la información del proceso al controlador. Este tipo de control se encuentra pocas veces en los procesos industriales. Como ejemplo se tiene las válvulas automáticas actuadas manualmente o las válvulas motorizadas mandadas a distancia, pero sin ningún sistema de realimentación al sistema de control. La posición de estas válvulas las fija el operador. [3]

El control en lazo cerrado aparece en el diagrama de bloque de la Fig. 1. En este caso, la información de la variable controlada de proceso se capta por medio de un sistema de medición adecuado y se utiliza como entrada al controlador. Un dispositivo detector de error compara esta señal de entrada con otra de referencia que representa la condición deseada, y cualquier diferencia hace que el controlador genere una señal de salida para corregir el error.

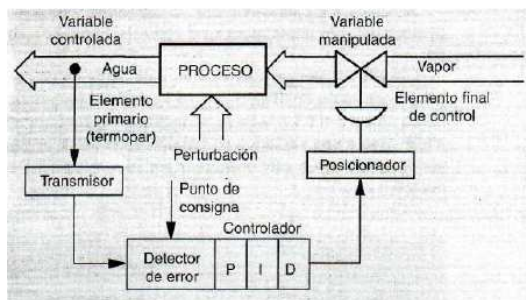


Fig. 1: Diagrama de bloque - Lazo Cerrado [4]

D. Instrumentación de campo y su importancia

Para el correcto funcionamiento de un sistema de control es imprescindible una buena medida de las variables y una efectiva transmisión de datos, por lo cual es de suma importancia para el sistema el uso de una adecuada instrumentación. Existen actualmente una gran cantidad de dispositivos se los puede clasificar de acuerdo a la función que cumplen dentro del proceso o también de acuerdo a la variable que miden.

Básicamente, la instrumentación es más utilizada para monitorear un proceso y realizar los ajustes necesarios ya sean manuales o automáticos con la finalidad de que en el proceso se produzcan los cambios deseados. Para monitorear o controlar un proceso, se debe medir una característica o parámetro específico.[5]

La función que cumplen los instrumentos de campo es proteger el sistema y hasta la vida humana, como se ha mencionado anteriormente el instrumento mide una variable del proceso y el valor de la variable es usado para activar una alarma cuando la variable alcance una condición específica.

III. HARDWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

Para efectuar la migración del sistema de control del Compresor de Gas C-3121A es necesario conocer a profundidad su

funcionamiento así como los elementos de los que está compuesto.

A. Levantamiento de información

La empresa Universal Compression encargada del montaje del Compresor de Gas C-3121A proporciona a REPSOL información técnica, planos y diagramas del Compresor luego de finalizado su trabajo con el fin de que personal del Departamento de Instrumentación así como el Departamento de Generación Gas & Diesel puedan realizar futuras modificaciones y cambios según el proceso lo requiera.

Se conoce de forma general el funcionamiento del Compresor de Gas, y los elementos principales que actúan en el proceso. El sistema de control del Compresor de Gas es comandado por un PLC, cuenta con módulos de entrada y salida ya sean analógicas o digitales, también posee módulos RTD. Los módulos de Entrada/Salidas son conectados en un chasis el mismo que se encuentra en el Panel Local instalado en el Compresor de Gas C-3121A. La Fig. 2 muestra el interior de Panel Local, en la parte superior se observa el PLC a ser reemplazado.

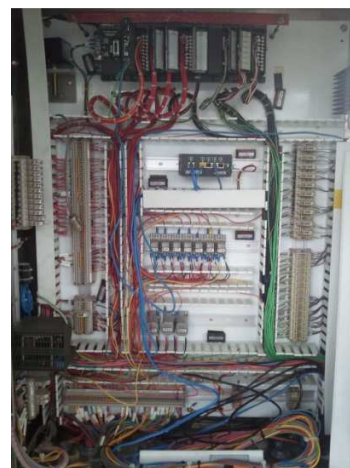


Fig. 2: Interior Panel Local

El análisis de los diagramas eléctricos nos ayuda a determinar las señales de entrada/salida analógicas y digitales con las que cuenta el Compresor de Gas, estos diagramas indican la descripción de los instrumentos instalados y la conexión de las señales a cada uno de los módulos.

Es muy importante observar cómo se encuentran conectadas las señales del compresor y conocer en qué módulo se localiza cada una de las mismas. La Migración del Sistema de Control consiste principalmente en el reemplazo del PLC, sin embargo es muy importante estudiar y analizar los diagramas eléctricos con el fin de entender de manera general el cableado eléctrico de todo el sistema para poder realizar cambios o modificaciones según lo requiera el proyecto.

Se analiza los diagramas P&ID con el fin de conocer con detalle la instrumentación que controla el compresor, nos permite ubicar los instrumentos que se encuentran instalados, para esto también se dirige al campo a una inspección más personalizada donde se observa físicamente los instrumentos y elementos disponibles en el Panel de Control Local. En los diagramas P&ID se observan las diferentes etapas, donde podemos encontrar varios de los instrumentos que son parte de las señales de entradas analógicas y digitales.

B. Descripción del Compresor de Gas

El Compresor de Gas C-3121A realiza el trabajo de elevar la presión del gas, desde 100 a 385 PSIG, por medio de un compresor de cilindros opuestos JGJ-2, en dos etapas. El gas en la succión pasa a través de un scrubber en el que se retiene todo restos de líquidos en estado de gotas que normalmente son arrastrados con el gas. Este scrubber tiene un sistema de drenaje automático comandado neumáticamente, drenaje manual, visor de nivel e instrumentos de presión y temperatura.

Luego el gas pasa a un pequeño scrubber de succión del cilindro de primera etapa. En este cilindro se encuentra el variador de espacio nocivo VVP, que tiene por objeto hacer una regulación manual de caudal comprimido, luego de la compresión el gas pasa por un botellón o scrubber de descarga y a continuación pasa al aero-enfriador. El compresor es accionado por un motor eléctrico de media tensión 4160 V, dicho motor está vinculado al compresor por medio de un acople mecánico.

Luego del enfriamiento el gas pasa por el segundo scrubber o scrubber de succión de segunda etapa, de allí al botellón y cilindro de compresión de segunda etapa, para salir por el botellón o scrubber de descarga.

A partir de aquí el gas pasa al filtro coalescente que retendrá el aceite mezclado con el gas y finalmente saldrá por la válvula de descarga. A la descarga del de la segunda etapa hay una derivación con una válvula de control que retorna el caudal de gas comprimido a un aero enfriador y de allí nuevamente a la succión. La válvula de control está vinculada a la presión de descarga del skid.

Todo el proceso se realiza en forma totalmente automática, supervisado por un PLC desde un panel de control general. Por ser un área clasificada, debido a la naturaleza del fluido a tratar, los componentes y la instalación son a prueba de explosión. El PLC controla las válvulas de bloqueo, succión, descarga, recirculación y venteo. El control de caudal se hace en forma automática por la válvula de control en la recirculación.

Es recomendable que se utilice guiones automáticos y se revise la ortografía. Siempre, este seguro de que sus enunciados están completos y que hay continuidad en los párrafos de su texto. Revise la numeración de sus figuras y asegúrese de que todas las referencias estén incluidas, debe incluir las conclusiones más relevantes de su trabajo.

La Fig. 3 muestra el Compresor de Gas C-3121A instalado en la Planta SPF de Repsol.



Fig. 3: Compresor de Gas C-3121A

C. Requerimientos Preliminares del Sistema

El Compresor de Gas C-3121A contaba con un sistema de control un poco antiguo en relación a los sistemas instalados en los diferentes Compresores del SPF, y se realizaron varias modificaciones y ajustes con el objetivo de que el compresor se mantenga en correcto funcionamiento. Sin embargo varios de los elementos con el pasar de los años se deterioraron considerablemente motivo por el cual se realiza la migración.

Para la migración del sistema de control el procesador es el elemento más importante a tomar en cuenta, se cuenta con un PLC Fanuc de General Electric el mismo que será reemplazado por un PLC ControlLogix de Allen Bradley, que realizará las mismas funciones de control tales como iniciar, detener y controlar la secuencia de arranque y normal funcionamiento del compresor.

Al darse el cambio del procesador se logra una considerable mejora en el sistema de control que maneja al equipo, pues se obtiene un sistema mucho más estable aumentando confiabilidad del proceso en este caso la compresión del gas, al mismo tiempo que se realiza la estandarización con respecto al modelo de controladores que se utilizan en la planta del SPF.

La interfaz de operador es una pantalla táctil que permite monitorear y/o controlar las diferentes variables del proceso, por ejemplo controlar los valores de presión, monitorear las variables de temperatura del compresor. También permite el acceso a parámetros de configuración tales como la activación de alarmas e históricos de valores de temperatura, presión, posicionamiento de las válvulas de control, etc.

El panel que se procede a instalar es un Panel View 1000 de la marca Allen Bradley (Fig. 4) y se comunica con el PLC por medio del puerto Ethernet. Este nuevo terminal de operador permite ejecutar los trabajos que realiza el panel a ser reemplazado, a la vez que se añadirá pantallas con más funciones para un mejor manejo del Compresor de Gas C-3121A y del proceso en general.



Fig. 4: Panel View 1000

En la Fig. 5 se puede observar cómo se va a realizar la comunicación del nuevo PLC ControlLogix de Allen Bradley, este se comunica vía Ethernet pero el driver que se encarga de leer los datos se denomina RSLinx, el mismo que es necesario para realizar la comunicación entre el controlador y el Panel View 1000 a ser instalado.



Fig.5. Comunicación Controlador ControlLogix

IV. SOFTWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

Para efectuar la migración del sistema de control del Compresor de Gas C-3121A es necesario conocer también el software que ha utilizado Universal Compression para el funcionamiento del compresor y así poder determinar el software necesario y la configuración a realizar en la migración del sistema.

A. Descripción del Software

En el Sistema de Control a ser reemplazado se utiliza para la programación del controlador el software VersaPro, se revisa el programa y junto con los diagramas analizados se realiza la lista definitiva de las señales de entrada y salida a ser utilizadas en la programación del nuevo controlador.

Para realizar la programación del nuevo controlador es muy importante conocer a profundidad las condiciones de funcionamiento así como su secuencia de arranque y operación del compresor, motivo por el cual la información obtenida del Compresor de Gas C-3121A es de suma importancia para el correcto desarrollo del proyecto. Sin embargo, la información recopilada resulta no ser suficiente y verídica, el Compresor de Gas fue implementado hace varios años y en el transcurso de este tiempo se han realizado varios cambios y modificaciones, muchos de los cuales no se encuentran documentados. La verificación en campo de las señales de entrada/salida y en sí de todo el sistema de control permite determinar las verdaderas condiciones en la que se encuentra funcionando el compresor antes de realizar la migración.

El Terminal de Operador instalado por Universal Compression es un QuickPanel II el mismo que se encontraba fuera de servicio, por el ambiente brusco en el que trabaja su pantalla fue deteriorándose hasta que dejó de funcionar por completo, esta es una de las razones fundamentales por las que se decide realizar la migración ya que los operadores de Generación Gas no disponen de un terminal de operador que les facilite la adquisición de datos, de igual forma el terminal a ser reemplazado no les permite monitorear el estado del compresor así como operar el mismo, lo que resulta peligroso tanto para el personal como para el proceso.

El nuevo terminal de operador posee una pantalla a color lo que permite realizar una HMI mucho más acorde con lo que el personal del Departamento de Instrumentación y el personal de Generación Gas desea y necesita, se diseñan pantallas mucho más funcionales para monitoreo y operación del Compresor de Gas C-3121A.

B. Características del Software para el nuevo Sistema

Una vez analizado el software de sistema a ser reemplazado se describe el software que se va a utilizar en la migración del sistema de control, lo más importante es el software en el que se realiza la programación del nuevo controlador, de igual forma el software en el que se desarrolla el HMI para el Panel View 1000. Lo más importante es realizar el análisis de la programación utilizada para realizar el control en el Compresor de Gas C-3121A y conocer las condiciones existentes en la programación para su correcto funcionamiento.

El software RSLogix 5000 es muy útil para múltiples aplicaciones. El entorno RSLogix 5000 Enterprise Series ofrece una interfaz fácil de utilizar que posee programación simbólica con estructuras y matrices y un conjunto de instrucciones que sirve para muchos tipos de aplicaciones. Este entorno es común a todas las plataformas Logix de Rockwell Automation.

RSLinx Classic para redes y dispositivos de Rockwell Automation es una solución completa para comunicaciones industriales que puede utilizarse con los diferentes sistemas operativos de Microsoft Windows.

Este software permite que el controlador programable Allen-Bradley acceda a una amplia variedad de aplicaciones de Rockwell Software y Allen-Bradley. Entre estas aplicaciones se incluyen desde aplicaciones de configuración y programación tales como RSLogix y RSNetWorx hasta aplicaciones HMI (interfaz operador-máquina) como RSView32, hasta sus propias aplicaciones de adquisición de datos mediante Microsoft Office, páginas Web o Visual Basic®.

“Factory Talk View Machine Edition (ME) es un producto HMI a nivel de máquina con soporte para soluciones de interfaz de operador tanto abiertas como dedicadas para la supervisión y el control de máquinas individuales o pequeños procesos”

Este software fue creado por la empresa Rockwell Automation, el objetivo principal de utilizar este paquete en el diseño y creación del HMI para el Compresor de Gas C-3121A es que nos permite obtener los datos directamente de las máquinas o procesos.

B. Desarrollo del software para el nuevo sistema

Una vez descrito el software a utilizar en la Migración del Compresor de Gas C-3121A, es necesario resaltar cierta información la cual es de suma importancia en este proyecto. Esta información ha sido definida luego de un estudio minucioso tanto de la información brindada por el Departamento de Instrumentación de Repsol así como de los diagramas, programas, y más información recopilada en el área de Generación Gas&Diesel.

Durante la primera etapa del proyecto se analizó toda la información obtenida, principalmente centrándose en los planos y diagramas del sistema así como en el programa desarrollado en el software VersaPro. Mediante el análisis y estudio del sistema de control realizado se obtiene la información necesaria para la programación del nuevo PLC así como para el diseño y elaboración de la HMI.

El Compresor de Gas C-3121A es un equipo considerado como crítico dentro de la planta SPF y sobre todo de Generación Gas&Diesel, motivo por el cual realizar la Migración del Sistema de Control es un proyecto muy delicado e importante y en esta etapa resulta indispensable tener totalmente claro el funcionamiento del mismo, conocer cada uno de los detalles sobre su operación y principalmente no dejar de lado ninguna de las señales que intervienen en el proceso.

Uno de los puntos fundamentales en la Migración del Compresor de Gas C-3121A es conocer y tener claro el funcionamiento y secuencia de arranque del mismo, para realizar la programación del nuevo controlador en el software RSLogix 5000 se debe tener definida la lógica de control y las rutinas a ser programadas.

Cuando el compresor se encuentra listo para ser arrancado el operador presionará el botón de Start en el Panel Local e inicia la secuencia de arranque. Para conocer a breve modo la secuencia de arranque del compresor se dialoga con los operadores de mayor experiencia del área de Generación a Gas, dicha secuencia es verificada mediante el análisis del programa y aprobada por el Coordinador del Departamento de Generación Gas&Diesel.

En la Fig. 6 se detalla de forma general la secuencia desde que el compresor arranca hasta que se encuentra en funcionamiento, a esta información se suma todas las condiciones que se deben tomar en cuenta para la programación del nuevo controlador como los valores de set point para alarmas y shutdown del equipo.

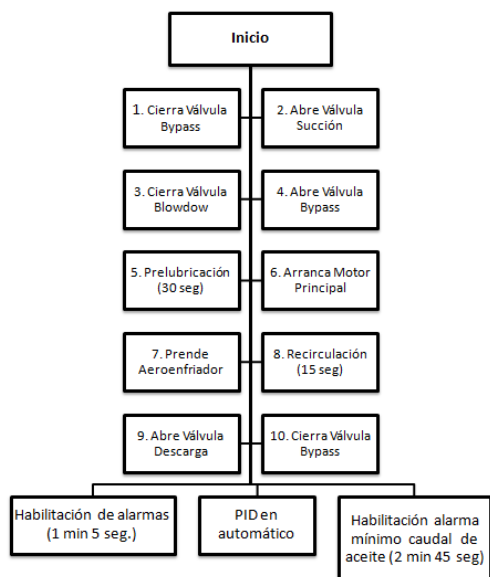


Fig. 6: Resumen Secuencia de arranque

Luego de terminada la primera etapa la información presentada es aprobada por el Coordinador del Departamento de Instrumentación y el Coordinador del Departamento de Generación Gas. El siguiente paso es realizar la programación para el nuevo controlador, tener claro el funcionamiento del compresor y conocer todas las condiciones necesarias para su operación nos ayuda a desarrollar de mejor manera el programa. Es de gran ayuda también la lista de señales de entrada y salida analógica y digital que se realizó en la primera etapa para no tener confusiones al momento de utilizarlas dentro de las rutinas de programación.

Como se indicó anteriormente el programa se lo realiza en el software RSLogix 5000. Se tiene un controlador ControlLogix 5555 (1756-L55) y las versiones de firmware recomendadas para este tipo de controlador es de la versión 13.32 a la versión 16.04 por lo que se elige utilizar la versión 16.02 de RSLogix 5000.

Una de las razones principales por las que se decide realizar la Migración del Sistema de Control es el cambio de la terminal de operador, pues la que estaba instalada anteriormente se encontraba totalmente fuera de servicio.

El nuevo terminal es del mismo tamaño del actual pero este cuenta con una pantalla táctil a color, lo cual es útil en la creación de una HMI mucho más amigable para el operador, añadiendo también varias funciones que serán de gran utilidad para el personal que trabaja operando el Compresor de Gas C-3121A.

La Fig. 7 muestra la pantalla de inicio o pantalla principal, cuando la aplicación inicia esta la primera pantalla que se muestra en la interfaz de operador. En esta pantalla se presenta el estado de las principales válvulas y elementos. También posee una barra donde se informa el estado actual del compresor, en la parte inferior se tiene los botones que permiten el acceso a las demás pantallas. Por último se presenta información general como la fecha, hora, horómetro y el botón Login para ingresar como usuario de Ingeniería o Manager.

Se crean varias pantallas las cuales poseen varias funciones bastantes útiles para el manejo y control del compresor, cuando se registra con el usuario "ingeniería" se tiene acceso a todas las pantallas creadas, además se tiene los privilegios máximos para modificar los valores de set point de alarmas y shutdown.

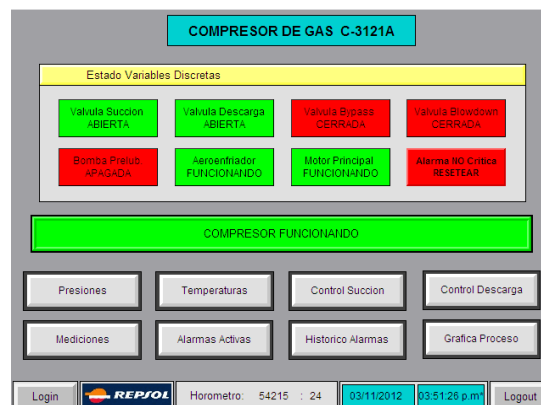


Fig. 7: Pantalla principal nueva HMI

V. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Luego de elaborado el programa para el nuevo controlador y la HMI para el terminal de operador, es necesario realizar pruebas para comprobar su correcto funcionamiento. Los materiales necesarios para la migración se encuentran listos en el taller del Departamento de Instrumentación. Para empezar a realizar las pruebas internas del Sistema de Control, primeramente se implementa una pequeña red dentro del taller con todos los elementos que componen el sistema de control y que van a ser instalados en el Panel Local del Compresor de Gas C-3121A.

Se dispone de un chasis de 10 ranuras con su respectiva fuente de alimentación. En el chasis se conecta el controlador y demás módulos de entrada y salida en el orden establecido, tal como lo indica la Tabla I.

TABLA I
Lista de conexión de los módulos de entrada/salida

Nº DE RANURA	TIPO DE MÓDULO
0	Controlador
1	Entradas Digitales
2	Salidas Digitales
3	Entradas Analógicas
4	Salidas Analógicas
5	Entradas RTD
6	Libre
7	Entradas RTD
8	Ethernet
9	Ethernet

Una vez que la red ha sido configurada y cada uno de los elementos posee una dirección IP específica, se puede descargar los programas tanto al controlador como al Panel View para realizar las pruebas internas de funcionamiento y así corregir los errores que se presenten durante las pruebas.

Básicamente las pruebas consisten en verificar que los elementos se comuniquen entre sí, y sobre todo que el Panel View se pueda comunicar con el controlador para el correcto funcionamiento de la HMI. La Fig. 8 muestra la conexión de los equipos para las pruebas internas de funcionamiento.

Una vez culminadas las pruebas internas se continúa con la etapa final del proyecto, la implementación en campo del sistema de control, para lo cual el primer paso es desmontar los equipos que van a ser reemplazados, tanto el PLC como el Panel View son desinstalados del Panel Local del Compresor de Gas.

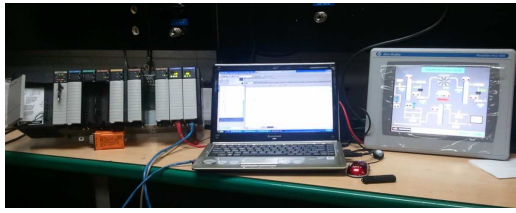


Fig. 8: Conexión sistema de control para las pruebas internas

A continuación, primero se instala el nuevo PLC, las dimensiones del chasis Allen Bradley son semejantes a las del chasis General Electric, motivo por el cual no existe inconveniente al momento de instalar el nuevo chasis.

Una vez que se ha terminado con la implementación de los equipos es recomendable limpiar con mucho cuidado el interior del tablero, de igual forma con un imán limpiar los residuos de las limallas y con mucho cuidado acomodar los cables dentro de las canaletas con la finalidad de que las conexiones se encuentren en perfecto estado antes de realizar las pruebas de funcionamiento.

Se finalizó con la implementación del Sistema de Control, tanto el PLC como el Panel View se han instalado satisfactoriamente. El siguiente y último paso consiste en realizar todas las pruebas de funcionamiento necesarias antes de realizar el primer arranque del Compresor de Gas. En la Fig. 9 se muestra el controlador Allen Bradley instalado en el Panel Local del Compresor de Gas C-3121A.

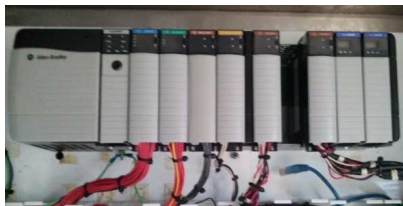


Fig. 9: PLC instalado en el Panel Local del Compresor de Gas

Una vez que existen las condiciones requeridas se procede a energizar el PLC, el programa en el controlador se encuentra descargado al igual que la aplicación en el Panel View 1000. Se establece la conexión con el software RSLinx de la misma manera que en las pruebas de funcionamiento internas, esto permite poner al controlador en modo online.

Cuando se establece la conexión entre la PC y el PLC se puede manipular mediante el software RSLogix 5000 los diferentes instrumentos que se encuentran instalados en el Compresor de Gas realizando forzos a los contactos que controlan cada instrumento. La Fig. 10 muestra la conexión entre la PC y el PLC realizada en el Panel Local del compresor.

Luego de realizar la comunicación del sistema, las primeras pruebas a realizarse son las pruebas punto a punto consisten básicamente en realizar pruebas de las señales de la instrumentación de campo, para esto basándose en los diagramas eléctricos del compresor se comprueba el funcionamiento y estado de cada una de las señales.

Para verificar que la señal está conectada correctamente, al momento de manipular o forzar cada instrumento se observan los LEDs que indican el estado ON/OFF de cada punto, estos indicadores se encuentran ubicados en la parte superior de cada módulo.



Fig. 10: Conexión realizada entre el PLC y la PC

Las siguientes pruebas a realizarse son las de operabilidad del sistema, el objetivo de estas pruebas es comprobar que el Sistema de Control trabaje correctamente en conjunto, es decir, verificar el funcionamiento de la instrumentación de campo y su operabilidad así como probar la lógica de control programada y observar el funcionamiento de la HMI.

Luego de energizar el Panel View 1000, se puede observar en la pantalla la aplicación descargada, como se explicó anteriormente para acceder a todas las funciones que posee la HMI es necesario registrarse como el usuario "ingenieria".

Luego que se realizaron las pruebas de funcionamiento, como las pruebas punto a punto y las pruebas de operabilidad del sistema el Compresor de Gas se encuentra listo para arrancar.

En las pruebas de arranque se tuvo algunos inconvenientes, uno de ellos el mal funcionamiento de la válvula que controla el ingreso del gas a los filtros que se encuentran antes del compresor, el set de presión de esta válvula es de 103 PSI pero la presión de gas que se tenía antes de los filtros superaba los 120 PSI y esto impedía que el compresor funcione correctamente ya que la presión de succión en el scrubber 1 era demasiado alta y el compresor se apagaba.

VI. RESULTADOS

Una vez que se han realizado las pruebas de arranque y se ha comprobado que el Sistema de Control del Compresor de Gas C-3121A funciona de la manera esperada, el proyecto está listo para ser entregado en presencia de los Coordinadores tanto del Departamento de Generación Gas como del Departamento de Instrumentación, y junto con los Coordinadores y Operadores realizar las pruebas finales de funcionamiento.

Las pruebas finales de funcionamiento y en donde en verdad se verifica que el sistema de control sea estable es observando la respuesta que tiene el sistema una vez que se realiza la apertura y cierre de las válvulas que se tiene en los filtros, de igual forma mediante apertura de la válvula que permite el ingreso del gas a la turbina.

Primero el compresor es puesto en marcha, una vez que el sistema está estable el operador procede a manipular las válvulas de salida de gas que se tiene en los filtros, esto hace que la presión de gas que se tiene a la entrada varíe bruscamente.

La prueba final es cuando el operador abre la válvula que permite el paso del gas hacia la turbina, cuando esta válvula es abierta la presión que se tiene a la salida empieza a bajar rápidamente, en estos

casos es cuando el sistema de control actúa y mantiene estable tanto la presión de gas de entrada como la de descarga.

Finalmente, luego de realizadas las pruebas con los filtros y la turbina, la Migración del Sistema de Control del Compresor de Gas C-3121A finalizado con éxito. En la Fig. 11 se muestra el Panel Local una vez que el compresor se encuentra en normal funcionamiento y 100% operativo.



Fig. 11: Panel Local con el Compresor en funcionamiento

VII. CONCLUSIONES

El uso de PLC's dentro de un proceso nos permite contar con un sistema de control automático eficiente y muy confiable debido a todas las ventajas que brinda este equipo.

El Compresor de Gas C-3121A es de vital importancia dentro del Sistema de Generación Eléctrica en el Bloque 16, ya que es el encargado de enviar el gas a la Turbina LM2500 la cual tiene una capacidad de 18MW.

El levantamiento de información es la primera etapa a realizarse en cualquier proyecto, esto representa el punto de partida para el desarrollo de la migración del Sistema de Control ya que es necesario conocer a profundidad el funcionamiento del Compresor.

El estudio y análisis de los diagramas PI&D permitió conocer los equipos e instrumentación de campo que se utiliza para controlar el proceso y mediante los diagramas eléctricos observar la conexión física que existe entre los diferentes dispositivos.

La aplicación HMI desarrollada posee pantallas muy amigables, las cuales cuentan con nuevas características y varias funciones adicionales, lo que beneficia a los técnicos y sobre todo a los operadores del área de Generación Gas al momento de operar, monitorear y verificar el estado del compresor.

Las pruebas internas de funcionamiento realizadas en el taller del Departamento de Instrumentación permitieron verificar el estado de los equipos y su correcto funcionamiento, de igual forma probar, corregir y depurar los programas tanto del controlador como del Panel View 1000.

El comisionado de las señales de entrada/salida y las pruebas punto a punto permite comprobar la correcta conexión de cada una de las señales así como el normal funcionamiento de la instrumentación de campo antes de realizar las pruebas de arranque del Compresor de Gas.

La documentación entregada al personal del Departamento de Instrumentación permitirá a los técnicos tener información clara y verídica sobre el estado y condiciones en las que se encuentra el compresor y tener la capacidad de realizar cambios en el sistema

según lo requiera el proceso, con previa autorización de los coordinadores y gerentes.

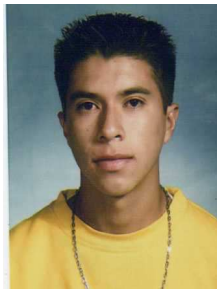
El Sistema de Control implementado desempeña las funciones requeridas por el proceso, permitiendo al Compresor C-3121A alcanzar la presión de gas requerida por la Turbina LM2500 para su funcionamiento.

La migración del controlador permitió mejorar el funcionamiento del compresor de gas obteniendo un sistema mucho más seguro y confiable para la Generación Eléctrica de Repsol.

REFERENCIAS

- [1] Saravia, D. (1 de Abril de 2013). *Controlador Lógico Programable*. Obtenido de sitio web de Slideshare: <http://www.slideshare.com>
- [2] Sánchez, J. (2003). *Control Avanzado de Procesos*. Madrid, España: Díaz de Santos S.A.
- [3] Sánchez, J. (2003). *Control Avanzado de Procesos*. Madrid, España: Díaz de Santos S.A.
- [4] Creus, A. (1997). *Instrumentación Industrial*. Barcelona España: Marcombo S.A.
- [5] Documentación Técnica, *Archivos Repositorio REPSOL*.

BIOGRAFÍAS



Alexis Fabián López González, Estudiante Egresado de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en 2012. Nació en Quito, Ecuador el 18 de Julio de 1988. Su educación primaria y secundaria lo realizó en la Unidad Educativa "Giovanni A. Farina". Su campo de interés son los sistemas automáticos en procesos industriales, instrumentación, automatización y control industrial.