

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE PETRÓLEO, AGUA Y GAS, MEDIANTE UN PLC Y VISUALIZACIÓN EN UNA HMI, PARA LA EMPRESA SERTECPET S.A

Arroba Silva Diego Javier – AUTOR <sup>1</sup>  
Ing. Marco Pilatasig MSc. – COLABORADOR <sup>2</sup>, Dr. Román Rodríguez MSc. –  
COLABORADOR <sup>3</sup>

*Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.  
Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.*

djarroba.1090@gmail.es<sup>2</sup>, mpilatasig@espe.edu.ec<sup>3</sup>, rrodriguez@yahoo.es<sup>4</sup>

**RESUMEN** – Los avances tecnológicos dentro del campo académico día a día evolucionan adaptándose a las necesidades de la industria, y el conocimiento mecatrónico aporta de gran manera al desarrollo constante de la misma, proporcionando métodos innovadores y alternativas tecnológicas que faciliten éste desarrollo. El presente trabajo aplica el conocimiento de la Mecatrónica dentro del campo industrial petrolero del país, implementando la construcción de un sistema de control para un separador de petróleo, agua y gas el mismo que permita conocer desde los aspectos de diseño mecánico del recipiente como los distintos componentes e instrumentación los mismos que son controlados mediante el control de todas y cada una de las variables implicadas dentro del estudio, dando apertura para la realización de cambios y mejoras al sistema propuesto, o incluso la presentación de alternativas dentro del estudio presentado, el conjunto de normas de diseño en general garantizan el óptimo funcionamiento y la seguridad dentro de la operación del recipiente, así como dan realce a la valoración del tema de proyecto, las cuales son puntos preponderantes dentro de la construcción y el posterior control de variables que permitan llevar a cabo y de manera exitosa el desarrollo del presente proyecto.

**Palabras clave** – RECIPIENTE SEPARADOR DE PETRÓLEO, INSTRUMENTACIÓN DE CONTROL, CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

## I. INTRODUCCIÓN

Al inicio de la explotación petrolera en la Amazonia Ecuatoriana, las reservas de crudo fueron estimadas para ser explotadas durante 60 años, a un ritmo de producción como el actual, de los cuales ya se está la mitad de su vida útil estimada.

EP PETROAMAZONAS es la empresa encargada de la explotación del campo Libertador, uno de los campos ya considerados como maduros, ubicado en la Provincia de Sucumbios, en el extremo nor-oriental de la Amazonia Ecuatoriana, la cual tiene una expectativa de producción de aproximadamente 30 años más.

No obstante, la obsolescencia de la tecnología y la acumulación de desgaste en los equipos, incluyendo el sistema de separación, ha derivado en la disminución de la capacidad de EP PETROAMAZONAS para cumplir con los objetivos planteados en el área de producción, esperándose una menor eficiencia y mayores costos de producción para los próximos años, si no se toman medidas correctivas inmediatas.

Es por esta razón que de manera acertada se asocia con la empresa SERTECPET S.A. empresa joven dedicada a prestar facilidades en general para la extracción de petróleos empleando tecnología de punta e ideas innovadoras, una de las cuales es el desarrollo de la automatización de los separadores trifásicos de petróleo, ya que estos permiten el mejor filtrado de gases y líquidos los cuales acompañan al petróleo desde el lugar de donde son extraídos; y de esta manera acelerar procesos mismos que no existen actualmente en el país sino que se ocupa mano de obra internacional a gran costo y empleando mucho tiempo en la implementación.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Separador trifásico de petróleo

Recipiente que separa los fluidos del pozo en gas y dos tipos de líquidos: petróleo y agua. Un separador de tres fases puede ser horizontal, vertical o esférico. Este tipo de separador se denomina separador de agua libre porque su uso principal es retirar el agua libre que podría causar problemas como corrosión y formación de hidratos o emulsiones compactas que son difíciles de descomponer.

A un separador de agua libre se le denomina separador trifásico, porque puede separar gas, petróleo o agua libre. Los líquidos que fluyen del separador de agua libre luego se tratan adicionalmente en recipientes llamados tratadores. El separador de agua libre se abrevia FWKO, por sus siglas en inglés.

## IMÁGENES DE SEPARADORES DE PRODUCCION



Figura 1. Separador de prueba.



Figura 2. Separador de medición

*B. Separador trifásico horizontal*

Separadores convencionales y mediciones de fluidos. La separación de la producción comienza cuando los flujos del pozo ingresan de forma horizontal a un recipiente y golpean una serie de placas perpendiculares. Esto hace que el líquido caiga al fondo del recipiente, mientras que el gas (rojo) se eleva hacia la parte superior. La gravedad separa los líquidos en petróleo (marrón) y agua (azul). Las fases de gas, petróleo y agua se miden individualmente a medida que salen de la unidad, a través de líneas de flujo de salida separadas. Los medidores mecánicos miden los fluidos; un medidor de orificio mide el gas. Ambos dispositivos requieren recalibración periódica.

En la figura 5 se puede observar un separador trifásico de petróleo agua y gas horizontal, con una vista interior y las distintas partes constituyentes.

### III. DISEÑO

Para la realización del sistema se procedió al diseño del sistema mecánico, eléctrico, electrónico y software.

*A. Diseño del Sistema Mecánico*

El presente proyecto de titulación vasa el estudio en la norma ASME, sección VIII división 1, ya que se trata de un recipiente a presión cerrado, cabe destacar que la división 1 es la utilizada debido a que el recipiente trabaja a una presión inferior a 300 psi. Que es el valor máximo de presión de esta división conjuntamente con un factor de seguridad de 2.

Cabe resaltar que la división 1 tiene como límites de presión 300 psi y una temperatura de 210 °F, la división 2 trabaja con presiones desde 301 a 10000 psi y finalmente la división 3 para recipientes con presiones por encima de 10000 psi.

El mínimo espesor permitido para cuerpos y cabezas luego de formado e independientemente de la forma es 1/16 pulgadas (1.5mm) excluido el espesor por corrosión.

Para los cálculos y selección de materiales que se tomarán en cuenta en el presente proyecto se toma en cuenta los valores proporcionados por el cliente, por motivos de confidencialidad se establecerá un rango de valores de los cuales se tomarán los que se describen a continuación.



Figura 3. Separador Mecánico

*B. Diseño del Sistema Eléctrico y Electrónico*

Dentro de la automatización del proceso entra en juego instrumentos de precisión, válvulas de control con su correspondiente controlador lógico programable, los cuales se encuentran regidos por normas que permiten garantizar la efectividad del sistema; dentro de las mismas están:

**API RP 550**

Es un instructivo de instalación de instrumentos y sistemas de control para refinerías, el cual analiza las variables de presión y temperatura así como establece los métodos de alerta y protección.

**API RP 553**

Hace referencia a las válvulas de control, la especificación, y aplicación de las mismas.

**ANSI/ISA-RP12.06.01**

Es una norma de alta seguridad para circuitos sujetos a ambientes hostiles o bajo tendencia a ignición.

### INTERFACE HMI

La interfaz gráfica se visualizará y se programará en el panel view tipo Touch-Scren local en el tablero y será amigable e interactiva para los operadores, se podrá monitorear parámetros importantes tales como: presión, temperatura, flujo, niveles de agua y crudo, alarmas en límites críticos, sintonizar los lazos PID, establecer nuevos valores deseados de niveles o presiones y permitir a los operadores manejar directamente las válvulas del sistema en caso de ser necesario.

Adicional deberá poder registrar en históricos las señales análogas con los que se podrá analizar el comportamiento de presiones, niveles, flujos, entre otras durante los intervalos de tiempo especificados por el operador.

El interfaz humano-maquina o HMI en un panel view será creado utilizando el software propio de Honeywell los cuales permitirán incluir imágenes creadas de alta calidad muy similares a los equipos reales, así los operadores tendrán una rápida familiaridad con la interfaz.



Figura 4. PLC Honeywell



Figura 5 Ventana de visualización del proceso y control de variables.

#### IV. FUNCIONAMIENTO

El proceso de separación en el recipiente horizontal se basa principalmente en el tiempo de retención, en donde las tres fases se separan eficientemente, normalmente este varía de 3 minutos a 30 minutos, en función de la composición del fluido y de resultados del laboratorio; al no disponer de esta información el tiempo de permanencia del fluido recomendado para diseño es de 10 minutos.

Cuando existen emulsiones o no existen fases definidas se presentan problemas como arrastre de crudo en la corriente de agua o agua en la corriente de crudo, arrastre de crudo en la fase gaseosa. Otro problema es la espuma que hace que se arrastre una fase al interior de otra y baja considerablemente la eficiencia del separador. Todo lo enunciado anteriormente se requiere evaluar adecuadamente a fin de obtener un buen rendimiento del separador.:

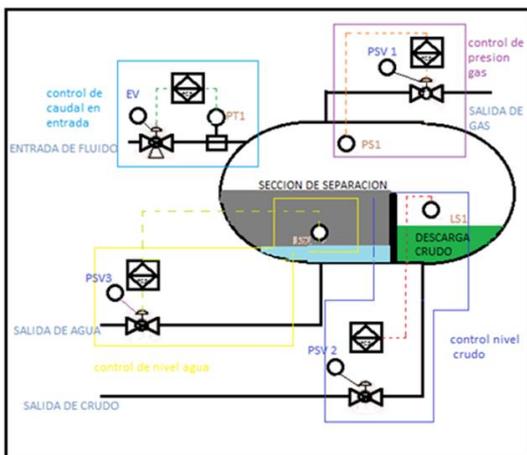


Figura 6. Lazos de control de proceso

#### FUNCIONAMIENTO MANUAL

La operación del separador la puede realizar el operador manualmente, accionando el cierre y apertura de las válvulas de control de modo que controle la entrada o salida de fluidos hacia y desde el recipiente respectivamente.

Para acceder al modo manual de operación en el HMI es necesario solamente presionar el botón F1 seguido del botón FORWARD al costado izquierdo de la pantalla.



#### DE FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO

El modo automático de operación es con el que el separador trabaja casi en todo momento, con excepción del mantenimiento del mismo en donde se utilizará el modo manual, para acceder a el modo de operación automática se debe presionar el botón F2 en la pantalla del HMI seguido del botón FORWARD.

Con este modo de operación el separador adquiere los valores constitutivos del PID los mismos que se configuraron previamente para este modo de operación.



#### V. RESULTADOS OBTENIDOS

Es de gran importancia realizar las respectivas pruebas al proyecto en cuanto al sistema mecánico, eléctrico, electrónico y de software, ya que, las mismas validarán su funcionalidad y cumplimiento de los requerimientos iniciales del sistema.

La finalidad de realizar las pruebas es determinar el comportamiento real del sistema determinado sus fallas, y así depurar el sistema, asegurando un funcionamiento óptimo y de acuerdo con las características requeridas por el usuario.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. CONCLUSIONES

- El diseño mecánico del separador ha sido revisado, aceptado y construido en base a normativas y estándares de calidad en cuanto a cálculos y materiales empleados permitiendo al recipiente estar en operación.
- El esfuerzo máximo permisible al que se sometió el diseño bajo las teorías de falla de Von Mises y Tresca satisface el cálculo de espesores y diseño general del recipiente.
- El sistema de control elaborado trabaja con absoluta normalidad en el campo Sacha 198 y controla el proceso de separación de manera eficiente, lo cual permite cumplir la aspiración de este proyecto.
- La selección de instrumentos de medición electrónicos de la misma marca que el PLC (Honeywell) permite obtener mayor facilidad de comunicación y control de las variables de proceso, optimizando los tiempos de elaboración del sistema de control.
- Al dividir el proceso general de control en subprocesos con un sistema de control individual para cada uno, se consiguió facilitar el control del proceso general.
- La inclusión del método de operación manual y automático realza la seguridad de operación del proceso ya que permite tener dos alternativas para el control de variables ya sea de manera continua en el modo automático; como de manera manual en caso de requerirse con el modo manual.
- El HMI desarrollado en el Panel-View de Honeywell es amigable y satisface las necesidades del técnico operador encargado del monitoreo del proceso, con una interface bastante realista y de fácil manipulación.

### B. RECOMENDACIONES

- Ya que dentro del campo Sacha 198 existía previamente un separador de 10000 barriles construido por Rio Napo e incluido al sistema de control junto al separador de 20000 barriles elaborado por Sertecpet, se recomienda nivelar el flujo de entrada a fin de que se pueda controlar óptimamente el proceso de ambos separadores con el mismo controlador.
- Se recomienda realizar pruebas al fluido de entrada y salida al separador de manera periódica para tener un histórico de los niveles de acidez del fluido que permitan extender la vida útil del separador y sus instrumentos.
- Se recomienda realizar programación en bloques ya que el PLC Honeywell posee esta herramienta incorporada facilitando la programación de subprocesos.

- Es recomendable elaborar las curvas de visualización de control en simuladores de PC con las variables adecuadas obtenidas por el método del tanteo para poder descartar errores en la visualización dentro del HMI.
- Se recomienda el presente proyecto a los estudiantes, debido a que el conocimiento que se adquiere en el sector petrolero es de gran relevancia.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Çlbert S. Birks, R. E. (1991). Technical Ultrasonic Testing (Segunda Edición ed.). Cambridge, Estados Unidos: Culumbus.
- APUNTES DE FÍSICA. (s.f.). Recuperado el 19 de 04 de 2015, de [fcm.ens.uabc.mx/^fisica/FISICA:II/APUNTES/PROPIEDADES\\_FLUIDOS.htm](http://fcm.ens.uabc.mx/^fisica/FISICA:II/APUNTES/PROPIEDADES_FLUIDOS.htm)
- ASME Sección VIII, d. 1. (2013). esfuerzos combinados en recipientes a presión. New York: THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.
- ASTM. (2001). STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID PENETRANT EXAMINATION. New Jersey: Board ASTM international.
- Awesome Inc. (02 de 03 de 2015). Instructivo de operación de un separador de fluido y gas. Obtenido de [instructivoseparador.blogspot.com/p/control-del-separadpr.html](http://instructivoseparador.blogspot.com/p/control-del-separadpr.html)
- Dennis Moss, Michael Basic. (2013). Pressure Vessel Design Manual. En M. B. Dennis Moss, Pressure Vessel Design Manual (pág. 83). Great Britain: Elsevierr.
- DOCSETOOLS.COM. (20 de 03 de 2015). DOCSETOOLS.COM. Obtenido de [docsetools.com/articulos-informativos/article\\_62141.html](http://docsetools.com/articulos-informativos/article_62141.html)
- Emagister. (24 de 03 de 2015). separadores de prueba. Obtenido de [grupos.emagister.com/imagen/es\\_un\\_separador\\_de\\_prueba\\_y\\_medidor\\_de\\_gas\\_se\\_encuentra\\_scz\\_norte/1054-478359](http://grupos.emagister.com/imagen/es_un_separador_de_prueba_y_medidor_de_gas_se_encuentra_scz_norte/1054-478359)
- Hatschek, E. (1928). The viscosity of Liquids. New York: Van Nostrand.
- James M. Gere, B. J. (2009). Mecánica de Materiales (Séptima ed.). Monterrey: CENGAGE Learning



Diego Arroba. Nació el 10 de abril de 1990 en Ambato provincia de Tungurahua, **Ecuador**.

Es graduada de Ingeniero en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el año 2015.

Áreas de Interés: Automatización y control de procesos, Procesos industriales de Petróleos, Maquinaria CNC.

[e – mail: djarroba.1090@gmail.com](mailto:djarroba.1090@gmail.com)