

Filter cleaning automation of discharge system an oil tanker ship: The mesh filter basket in the maritime terminal Pozos Colorados

Automatización del proceso de limpieza del filtro tipo canastilla y malla del sistema buque tanques de la terminal marítima Pozos Colorados

M. C. Gasca-Mantilla  ; M. Castillo  ; E. E. Montes-Castilla  ; L. L. Camargo-Ariza 

DOI: <https://doi.org/10.22517/23447214.23661>

Artículo de investigación científica y tecnológica

Abstract—The paper presents a technological solution to improve a process in the maritime oil terminal, Pozos Colorados. The objective of the solution is the filter cleaning automation of discharge system an oil tanker ship. The purpose of the solution is to improve the conditions of industrial safety and occupational health of workers who perform this function manually, and optimize the process of receiving hydrocarbons by improving operating times. The methodology is basic and detailed engineering, applied to automation engineering, this contemplating the narrative: process, design and evaluation is used to prepare the proposal. The proposal delivers the design of: the hydraulic system, the electrical system and the control system. The solution includes: capturing water from the storage pool and by means of a controlled pressure electric pump, transporting the fluid to the filtering area; and the filters are cleaned using a sprinkler branch located inside the basket. The washing process is manipulated by means of solenoid valves and a variable speed drive, these are governed by a programmable logic controller, this PLC receives information on the variables involved by means of sensors. The modeling, simulation and evaluations of the proposal support the possibility of implementing automation by making some adjustments to the existing infrastructure and adding electrical, mechanical and electronic elements

Index Terms— Automation, Control, Hydrocarbons, LabVIEW, Washing, PLC

Resumen— El artículo presenta una solución tecnológica para mejorar un proceso en la terminal marítima petrolera Pozos Colorados. El objetivo de la solución es automatizar el lavado de los filtros tipo canastilla y malla del sistema de filtrado Buquetanque empleado en el recibo de hidrocarburos. El propósito de la solución es mejorar las condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional de los trabajadores que realizan

esta función de forma manual, y optimizar el proceso de recepción de hidrocarburos al mejorar los tiempos de operación. Para la elaboración la propuesta se emplea la metodología fundamenta en la ingeniería básica y de detalle, aplicada a la ingeniería de automatización, contemplando la narrativa: de proceso, de diseño y de evaluación. La propuesta entrega el diseño de: el sistema hidráulico, el sistema eléctrico y el sistema de control. La solución contempla: captar el agua de la piscina de almacenamiento, y por medio de una electrobomba de presión controlada transportar el fluido hasta la zona del filtrado; y posteriormente limpiar los filtros utilizando un ramal de aspersores ubicados dentro la canasta. El proceso de lavado es manipulado por medio de electroválvulas y un variador de velocidad, estos están gobernadas por un controlador lógico programable, este recibe información de las variables involucradas por medio de sensores. El modelado, simulación y evaluaciones de la propuesta sustentan la posibilidad de implementar la automatización realizando algunas adecuaciones a la infraestructura existente y adicionando unos elementos eléctricos, mecánicos y electrónicos.

Palabras claves— Automatización, Control, Hidrocarburos, LabVIEW, Lavado, PLC

I. INTRODUCTION

La terminal Marítima Pozos Colorados es un puerto petrolero amparado bajo el contrato de concesión 005 de junio 16 de 2010 del Ministerio de Transporte de Colombia, y su vigencia se extiende hasta el año 2030 [1].

Este puerto pertenece a Ecopetrol, (Empresa Colombiana de Petróleos), y se encuentra ubicado en la ciudad de Santa Marta, departamento del Magdalena. Pozos Colorados es una infraestructura significativa para la importación de hidrocarburos en Colombia.

M. Castillo, egresado, Universidad Antonio Nariño, Cra. 13 #12-55, Santa Marta, Colombia, (e-mail: mcastillo880@uan.edu.co).

E. E. Montes-Castilla, egresado, Universidad Antonio Nariño, Cra. 13 #12-55, Santa Marta, Colombia, (e-mail: emontes43@uan.edu.co).

L. L. Camargo-Ariza, esta con la Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Calle 32 #22-08, Santa Marta, Colombia, (e-mail: lcmargoa@unimagdalena.edu.co).

Este manuscrito fue enviado el 24 de febrero de 2020 y aceptado el 26 de noviembre de 2020. Trabajo de investigación derivado del trabajo de grado de los autores M. Castillo y E. Montes, bajo la dirección del autor M. Gasca y la codirección del autor L. Camargo. como requisito para el grado de Ingeniería Electromecánica.

M. C. Gasca-Mantilla, esta con la Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomedical, FIMEB, Universidad Antonio Nariño, Cra. 13 #12-55, Santa Marta, Colombia, (e-mail: magasca@uan.edu.co).



La terminal actualmente recibe productos importados, como Gasolina, Acem, Nafta, y el Diésel producido en la refinería de Cartagena – Colombia; para el almacenamiento y posterior despacho por el poliducto a la refinería, o despacho por llenado de carro tanques a diferentes clientes locales [2].

La terminal Pozos Colorados tiene en grandes rasgos una infraestructura de: una Monoboya tipo CALM A en el mar, para recibir buques hasta de 70.000 toneladas de peso muerto, con capacidad de recibo de 23.000 barriles por hora; dos líneas submarinas de acero de 24 pulgadas con una longitud aproximada de 3,5 Km cada una; el sistema de recibo de Buquetanques en mar y en tierra. Además, cuenta con tanques para almacenar aproximadamente 1000 mil barriles, y el sistema de filtración Buquetanque en tierra, entre otros.

El sistema de filtración garantiza que se mantenga la calidad de los productos minimizando los agentes contaminantes, como los residuos sólidos y ferrosos generados en los buques, y los sedimentos propios del producto transportado [3]. En la Fig. 1 se muestra el sistema de filtración Buquetanque de la terminal Pozos Colorados



Fig. 1. Sistema de filtración. Fuente: Ecopetrol, 2019

Los filtros con que cuenta el sistema de filtrado de la terminal Posos Colorados presenta constantes taponamientos, generando retrasos en la descarga, al suspenderse el recibo de los hidrocarburos mientras se limpian estos filtros; afectando la confiabilidad operativa [4].

El proceso de limpieza de los filtros se realiza de forma manual y tarda aproximadamente entre 1.5 a 5 horas. Este proceso afecta la salud de los empleados que los limpian, al exponerse a vapores tóxicos [5], y al usar de herramientas neumáticas de gran peso [6], como se muestra en la Fig. 2.



Fig. 2. Maniobras de limpieza de los filtros. Fuente: Ecopetrol, 2019

Adicionalmente, si el producto recibido contiene muchos sedimentos se puede taponar los filtros en poco tiempo generando paradas operativas no programada. Estas paradas no programadas generan pérdidas económicas debido a la suspensión del servicio, a los costos agregados por la parada adicional del buque, (aproximadamente \$2.800.000 pesos por hora, al año 2019), más el costo de las maniobras de limpieza de los filtros, entre otros.

La automatización de este proceso de limpieza representa una solución de mejora para la terminal Pozos Colorados, y se justifica por estar está alineada con las metas y estrategias de la organización [7].

La automatización industrial consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin la intervención continua de un operador humano [8], utilizando tecnologías para supervisar y controlar las distintas variables que se presentan en un proceso o planta, con el objetivo de optimizar los recursos y la producción.

Existen varios sistemas de lavado automático para diferentes objetos implementados en diferentes industrias, pero no hay una solución comercial para la automatización del lavado de los filtros dentro del sistema de filtrado de la terminal Pozo Colorados.

Consideración lo expuesto anteriormente, en este trabajo se presenta una propuesta para automatizar el proceso de limpieza de los filtros con agua a presión. Esta propuesta se realiza teniendo en cuenta las especificaciones operativas de la terminal y la normativa vigente colombiana.

II. METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología utilizada para implementar la solución tecnológica propuesta. Esta metodología se fundamenta en la ingeniería básica y de detalle, aplicada a la ingeniería de automatización [9]. A continuación, se describen las diferentes fases del proyecto.

A. Narrativa de proceso

Etapa 1. En esta fase se identifican las actividades desarrolladas en la terminal marítima de Pozos Colorados, y se

recolecta la información de los sistemas que intervienen dentro de la operación de transporte de hidrocarburos.

Etapa 2. Se caracteriza en detalle el sistema de filtración y la actividad de limpieza de los filtros. Adicionalmente, se identifican los parámetros, factores y criterios incidentes en el proceso de funcionamiento y de limpieza de los filtros. Para esto se consulta la información documental sobre los elementos del sistema y se entrevista al personal encargado de la operación y limpieza del sistema de filtración Buquetanque de la terminal Pozos Colorados

B. Narrativa de diseño

Etapa 3. Se desarrolla el diseño general del proceso de limpieza automático. Se genera el diagrama de flujo del proceso, se establece la estrategia de control de lazo cerrado y se determina la ubicación de los elementos nuevos como: aspersores, sensores, tubería, motobombas, entre otros

Etapa 4. Es esta parte del proyecto se realiza los cálculos referentes a la construcción del sistema automático de lavado de los filtros, y se selecciona los materiales y elementos requerido acorde a las normas de calidad exigidas por Ecopetrol.

Etapa 5. En esta fase se modela el sistema propuesto en software LabVIEW.

C. Narrativa de evaluación

Etapa 6. Se simula y evalúa el sistema propuesto en los diferentes acontecimientos presentes en el proceso de filtrado y lavado de los filtros

Etapa 7. Se implementa la lógica de control en el PLC SIMATIC S7 1500 de Siemens, y se evalúa en el laboratorio el correcto funcionamiento de la lógica de control.

III. RESULTADOS

A. El Proceso

Las principales actividades de la terminal Pozos Colorados son: recibo, almacenamiento y despacho de hidrocarburos, como se muestra en la Fig. 3. Los productos esencialmente se reciben por medio de la Monoboya en el mar, y la principal fuente de despacho es por el poliducto (Pozos Colorados-El Copey-Ayacucho-Galán).

En la Fig. 3 también se observa los sistemas que intervienen en la operación de la terminal.

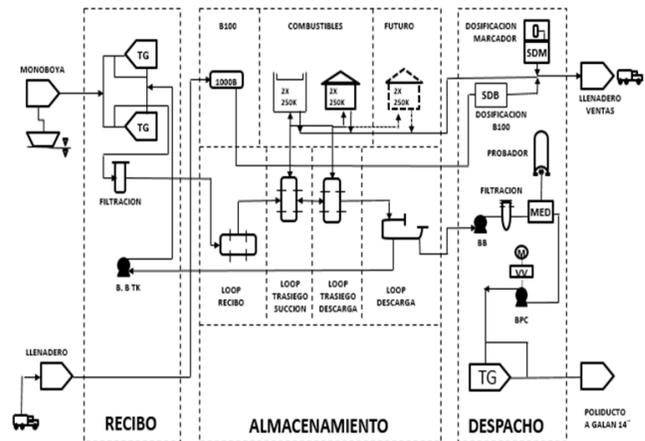


Fig. 3. Diagrama general de la terminal Pozos Colorados

El sistema filtración Buquetanque de la terminal, dispone de un transmisor de densidad para conocer la calidad del producto, así como el transmisor indicador de flujo; cuatro brazos de filtración, entre cabezales, con los filtros (TFL-4410/4420/4430/4440) correspondientes, y dos válvulas motorizadas por brazo. Del cabezal de salida del sistema de filtración el flujo se dirige al lazo de recibo de 24", como se ilustra en la Fig. 3 y Fig. 1.

Los filtros son tipo canastilla y malla (Mesh 80 - ANSI 150), con presión de diseño de 150 Psi, y un rango de flujo 8300 a10400 BPH. Estos tienen entrada y salida de 24 pulgadas. Cada filtro posee un transmisor indicador diferencial de presión, para protección del elemento filtrante y drenajes manuales hacia el sumidero.

En el estudio se evidencio que el sistema de filtración principalmente se ve afectado por el alto contenido de sedimentación del ACPM que se proviene de la Refinería de Cartagena.

Por medio un análisis de frecuencia de obstrucción del sistema se estableció que el filtro que presenta mayor riesgo de taponamiento es el TFL 4440, debido a que este se encuentra próximo a una pierna muerta (fin de la tubería en un sistema).

En la Fig. 4 se ilustra las partes de un filtro del sistema.



Fig. 4. Esquema actual del filtro

Donde P_o , es la presión en el origen del ramal; P_a , es la presión media de cada aspersor; h_r la pérdida de carga del ramal; AZ , el desnivel geométrico entre los extremos del ramal (0,15 m); Z_a , es la altura del tubo corta aspersor respecto a la bomba (3,47 m). La presión media de cada aspersor es de $P_a = 77.17 \text{ m} = 109 \text{ psi}$.

Las pérdidas por fricción en los accesorios y los tramos rectos de tubería, se muestran en la tabla I

TABLA I
TABLA DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

ACCESORIOS	No.	K	No. * K
Codo de 90	7	0,3	2,1
Válvula de bola	3	0,05	0,15
Válvula de retención	3	2	6
Entrada a la tubería	1	1	1
Válvula de pie	1	1,75	1,75
TOTAL			11

Para hallar las pérdidas por fricción totales del sistema, se emplea la ecuación 3. Donde $No.K$, es el número de accesorios por coeficiente de fricción; D es diámetro interno de la tubería; g , la gravedad y hf es la ecuación de Hazen-Williams.

$$hf_T = \frac{8 \sum No.K * Q^2}{g\pi^2 D^4} + hf \quad (3)$$

Las pérdidas de carga total del sistema es $hf_T = 17,559 \text{ m}$

Aplicando la ecuación de Bernoulli, ecuación 4, para hallar el nivel de referencia (eje central de la bomba). Donde H_b es Cabeza de la bomba; P es la presión; γ es el peso específico del agua; Z es la cota y V la velocidad. El punto 1 es donde ingresa el fluido (agua) a la tubería proveniente de la piscina de captación. El punto 2 es la descarga donde se encuentran ubicados los aspersores.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_b + hf = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (4)$$

Por lo tanto, tenemos un $H_b = 103,463 \text{ m}$.

La bomba deberá tener un rendimiento mayor 1 85 % ($n = 0,85$) y una potencia según la ecuación 5 de BPH = 12,24 Hp.

$$BPH = \frac{\gamma Q H_b}{n} \quad (5)$$

Posteriormente se determina la carga neta de succión positiva disponible (NSPHd) y la carga neta de succión positiva requerida (NSPHr). Utilizando la ecuación 6 y 7

$$NSPHd = \frac{P_a}{\gamma} - Z_1 - hf(\text{succión}) - \frac{P_v}{\gamma} \quad (6)$$

$$NSPHr = Z^1 + \frac{V^2}{2g} \quad (7)$$

$NSPHd = 3,616$ y $HSPHr = 1,526$. Como $HSPHd \geq NPSHr$, no se presentará el fenómeno de cavitación que pueda dañar la

bomba.

De acuerdo a los cálculos obtenidos la bomba que se eligió para el sistema hidráulico es una electrobomba centrífuga modelo 20CDI-15-2 marca Barnes, de 3530 RPM, con un diámetro en la succión y descarga de 2 pulgadas, y una potencia de 15 HP, su sistema de sellado es mecánico, lubricado por agua, con cuerpo construido en acero gris ASTM A-48 Clase 30 con un diseño que consta de 5 alabes, tipo cerrado balanceado dinámicamente.

E. El Sistema Eléctrico

Sabiendo que la potencia del motor de la bomba a usar es de 15 HP se halla la corriente nominal (I_n) utilizando (8).

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3} \times KV \times \eta \times F_p} = I_n = \frac{11,19KW}{\sqrt{3} \times (0,440KV) \times (0,81) \times (0,86)} \quad (8)$$

La corriente nominal es de $I_n = 21 \text{ A}$.

Si se establece que la corriente eléctrica de diseño es $I_d = 1,21 \times I_n$; entonces la corriente utilizada para los cálculos de los conductores eléctricos es de $I_d = 26,25 \text{ A}$. Adicionalmente se calcula la caída de tensión en el conductor con la siguiente ecuación. $\Delta V = 10 = 2,29 \%$

$$\Delta V = \left(\frac{\sqrt{3}}{56} \right) \times \left(\frac{L \times I_d}{S} \right) = \left(\frac{\sqrt{3}}{56} \right) \times \left(\frac{65m \times 26,25Amp}{5,25 \text{ mm}^2} \right) \quad (10)$$

La selección de los materiales eléctricos, se realizó, bajo los criterios de la norma NTC 2050 teniendo en cuenta el área de ubicación de los mismos. Se determina que el área es Clase II División I. Porque, en esta área en condiciones normales de funcionamiento hay en el aire polvo combustible en cantidad suficiente para producir una mezcla explosiva, además en esta área pueda haber una fuente de ignición debida a la falla de los equipos eléctricos, electrónicos o mecánicos del sistema [10].

Según la NTC 2050 los conductores de circuitos alimentadores deben tener un calibre que evite una caída de tensión superior al 3% en la salida más lejana y los circuitos alimentador y ramales hasta la salida más lejana no debe supere el 5 % [10].

El conductor seleccionado es cable tipo MI, en Cobre, #8 (8,36 mm) y el ducto es tubo Conduit metálico rígido roscado NPT. En esta elección se tuvo en cuenta la corriente ($I_d = 26,25 \text{ A}$), la caída de tensión ($\Delta V = 2,29 \%$), el área (Clase II, División I) y lo establecido en la NTC 2050.

Para la selección de los colores de cada conductor, del sistema eléctrico se tuvo en cuenta el numeral 6.3 del RETIE [11]. Los colores utilizados para la conexión trifásica son: Amarillo (L1) Azul (L2), Rojo (L3), Blanco (Neutro) y Verde (Tierra)

Para la protección principal se utilizó un totalizador bimetalico termomagnético de 40 A. Para la protección del motor de la bomba se utilizó un guarda motor de 25 A. Para la protección del control en AC, se utiliza un disyuntor MCB de 10 A, y para DC (entradas analógicas) fusibles de accionamiento rápido de 1 A, instalado en su bornera porta fusibles. Para el acople de potencia del PLC a las

electroválvulas se utiliza relés de estado sólido.

En la tabla II, se resumen los datos del diseño eléctrico para la instalación y protección del sistema de lavado del filtro TFL 4440 de la terminal marítima Pozos Colorados.

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Corriente del sistema	26,2 Amperios.
Tensión de Alimentación	3~ 440V/60Hz
Tipo de Ducto eléctrico	Tubo Conduit metálico rígido.
Tipo de Conductor	Cable tipo MI, en Cobre, #8(8.36 mm) AWG.
Protección Principal	Totalizador Bimetálico
Protección del motor	Termomagnético de 40 Amperios.
Protección del control en AC	Guardamotor de 17-23 Amperios.
Protección del control en DC	Disyuntor MCB de 10 Amperios.
Protección PLC-Electroválvulas	Fusibles de accionamiento rápido de 1 Amperio.
	Relés de Estado Sólido.

IV. EVALUACIÓN

A. Simulación de eventos críticos

Para evaluar el proyecto en general se modela y se simula en el software LabVIEW el sistema propuesto. LabVIEW permitió un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar en una interfaz de usuario personalizadas, cada aspecto del sistema propuesto: instrumentación virtual, configuración de hardware, datos de los sensores y actuadores, entre otros. Esta simulación facilito la depuración del sistema de lavado automático.

En la Fig. 10 se muestra el panel frontal del sistema, las válvulas son indicadores tipo booleano los cuales indican con cambio de color si están o no encendidas, y como indicador numérico tenemos las tuberías y tanques que son slider los cuales van creciendo o decreciendo numéricamente según la simulación.

En la Fig. 11, se puede observar el funcionamiento normal del sistema, las válvulas de 24 pulgadas MOV 4402 A Y 4402 B se encuentran abiertas respectivamente y el producto fluye (hidrocarburo recibido) por los ductos, es decir la presión diferencial es menor a 4 psi y el filtro no presenta ninguna obstrucción. Ver Fig. 8.

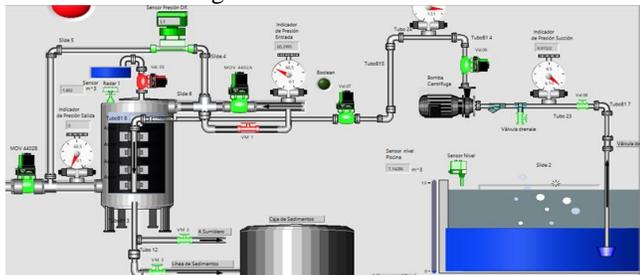


Fig. 10. Pantalla frontal del proceso en LabVIEW

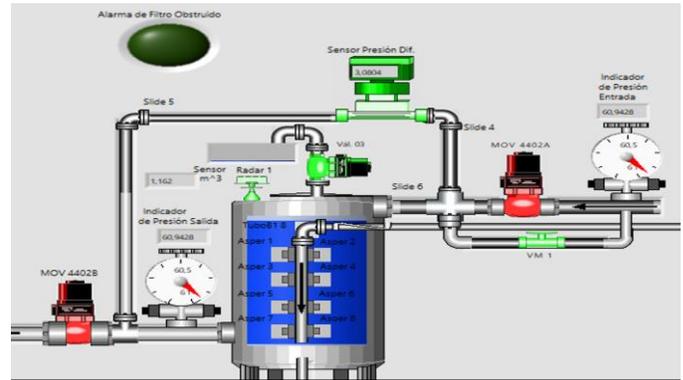


Fig. 11. Proceso de recibo de hidrocarburos en LabVIEW

La Fig. 12 muestra, cuando la presión diferencial supera los 4 Psi, se indica una alarma luminosa, y se da aviso al loading master que se debe parar el bombeo, cuando esta orden se cumpla, se cierran las válvulas MOV 4402 A Y MOV 4402 y se inicia el drenaje del filtro.

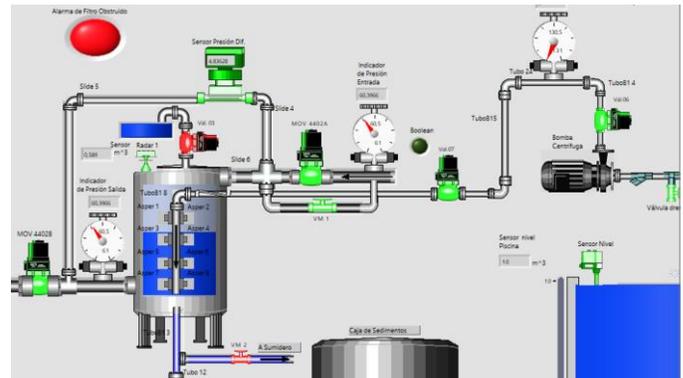


Fig. 12. Simulación del drenaje del filtro en LabVIEW

Si el sensor tipo radar ubicado en la parte superior del filtro indica que el nivel del filtro es <0.005 m³, se da cierre a la válvula de drenaje VAL 02 y se da apertura a la válvula de sedimentos VAL 04. Adicionalmente, se verifica el nivel de la piscina por medio del sensor y se da apertura a las válvulas VAL 06, VAL 07, Y VAL 08, cómo se ilustra en la Fig. 13.

En la Fig. 14, se muestra el encendido de la electrobomba, y el ciclo de lavado con agua del filtro, (Flujo de color azul y Aspersores titilando) también se va disminuyendo el nivel de la piscina a medida que va avanzando el proceso de lavado.

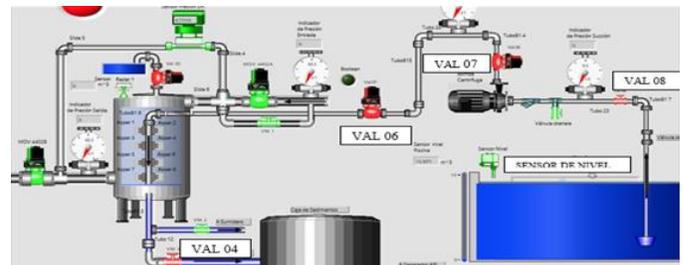


Fig. 13. Simulación de apertura válvulas de lavado en LabVIEW

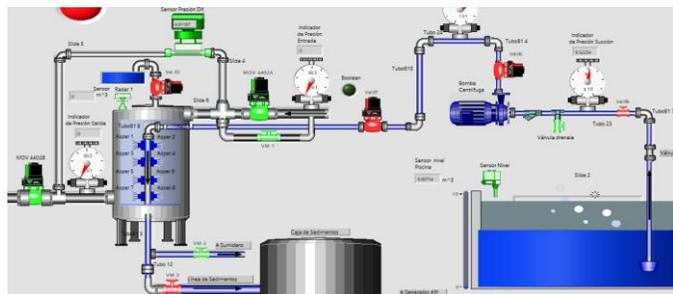


Fig. 14. Simulación del proceso de lavado en LabVIEW

En la Fig. 15 evidencia cuando se cumple el periodo de lavado, se apaga la electrobomba y se da cierre a las válvulas VAL 06, VAL 07, VAL 08 y la válvula de sedimentos VAL 04, posteriormente se da apertura a la válvula de balance VAL 01 la cual se cierra junto con la válvula de venteo VAL 03 cuando se llene el filtro (cantidad 2 m³).

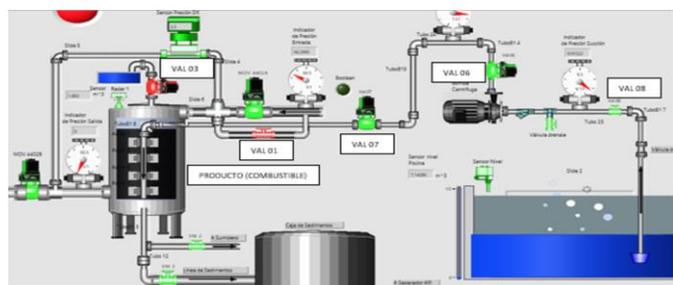


Fig. 15. Simulación del llenado y cierre de válvulas en LabVIEW

Se normaliza el sistema de cargue del filtro buque tanque, monitoreando la presión diferencial la cual debe ser menor de 4 Psi, si esta condición se cumple el sistema continuo su funcionamiento sin interrupción, como se muestra en la Fig. 16.

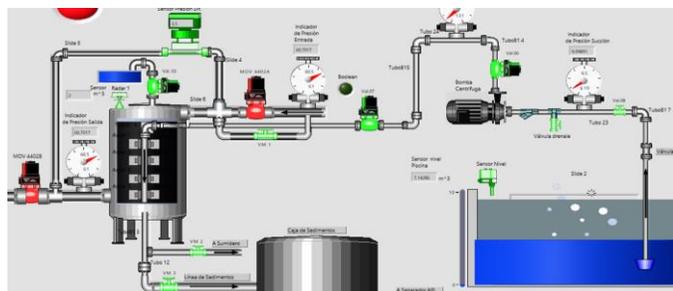


Fig. 16. Normalizado del sistema en LabVIEW

B. Pruebas de laboratorio

Después de evaluar y depurar la lógica de control del sistema propuesto en el software LabVIEW, Se implementa la lógica de control en el PLC SIMATIC S7 1500 de Siemens, y se evalúa en el laboratorio el correcto funcionamiento, (programación TIA Portal- software Simatic HMI).

Esta evaluación permite validar el correcto funcionamiento de la automatización en un dispositivo real. Ver Fig. 17

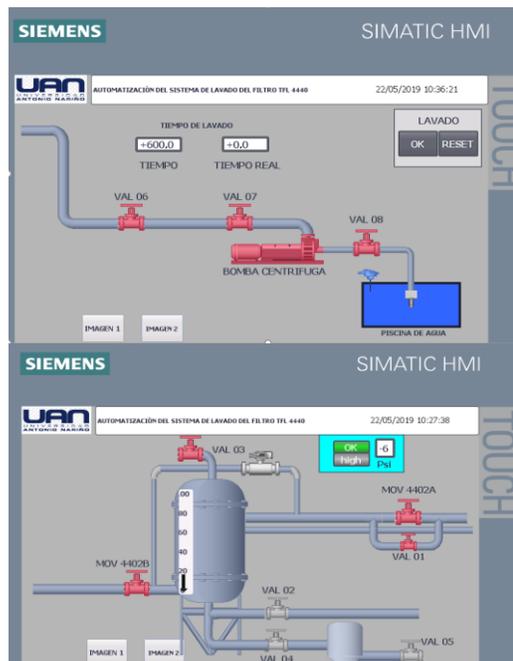


Fig. 17. Imágenes de la pantalla de visualización TIA PORTAL

Se realiza la evaluación de todas las variables del sistema en los diferentes eventos críticos mediante tablas de variables de PLC - TIA PORTAL. Ver Fig. 18

Variables PLC								
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibi...
1	VAL_02_ABIERTA	Tabla de variables ...	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	VAL_02_CERRADA	Tabla de variables ...	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	VAL_08_ABIERTA	Tabla de variables ...	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	VAL_08_CERRADA	Tabla de variables ...	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	DIFERENCIAL_DE_PRESION	Tabla de variables ...	Int	%MW2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	SENSOR DE NIVEL	Tabla de variables ...	Int	%MW4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	MOV4402A	Tabla de variables ...	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	MOV4402B	Tabla de variables ...	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	VAL_01	Tabla de variables ...	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	VAL_03	Tabla de variables ...	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	VAL_05	Tabla de variables ...	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	VAL_06	Tabla de variables ...	Bool	%Q0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	VAL_07	Tabla de variables ...	Bool	%Q0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	BALIZA_COLOR_VERDE	Tabla de variables ...	Bool	%Q0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	BALIZA_COLOR_ROJO	Tabla de variables ...	Bool	%Q1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	SENSOR_ALTO_PISCINA	Tabla de variables ...	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	VAL_04_ABIERTA	Tabla de variables ...	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	VAL_04_CERRADA	Tabla de variables ...	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	ELECTRO_BOMBA	Tabla de variables ...	Bool	%Q1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	tiempo	Tabla de variables ...	Time	%MD100		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	lectura tiempo	Tabla de variables ...	Time	%MD104		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	alta presion D	Tabla de variables ...	Bool	%M108.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	buna presion D	Tabla de vainab...	Bool	%M108.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 18. Visualización de variables en TIA PORTAL

V.CONCLUSIÓN

La simulación y evaluaciones de la propuesta presentada en este trabajo, sustentan la posibilidad de implementar la automatización del proceso de limpieza del filtro tipo canastilla y malla del sistema de filtrado Buquetanque de la terminal marítima petrolera Pozos Colorados, realizando algunas adecuaciones a la infraestructura existente y adicionando unos elementos eléctricos, mecánicos y electrónicos.

Si se implementa la propuesta de automatización presentada, esta impacta positivamente en las condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional de los trabajadores, como también en la optimización del proceso de recibo de la terminal Pozos Colorados.

Por medio de herramientas como LabVIEW y TIA Portal se logró la visualización y depuración del proceso de lavado de filtro.

REFERENCIAS

- [1] INCO, Instituto Nacional de Concesiones, *No.005 del 16 de junio de 2010*, Bogotá: Ministerio de Transporte, 2010.
- [2] ECOPETROL, «Nuestra Empresa,» [En línea]. Available: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web>. [Último acceso: 3 octubre 2018].
- [3] M. Gómez, J. Ancheyta, G. Marroquín, F. Alonso, G. Betancourt y G. Centeno, «Formación de sedimentos durante la hidrodeseintegración de residuos del petróleo,» *Revista de la Sociedad Química de México*, vol. 47, n° 3, pp. 260-266, 2003.
- [4] M. Gasca, L. Camargo y B. Medina, «Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial,» *Información tecnológica*, vol. 28, n° 4, pp. 111-124, 2017. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400014>
- [5] M. Sánchez, *Efectos neuroconductuales en trabajadores expuestos a solventes orgánicos en la industria petrolera*, Maracaibo: Universidad del Zulia, 2005.
- [6] E. Agila-Palacios, C. Colunga-Rodríguez, E. González-Muñoz y D. Delgado-García, «Síntomas Músculo-Esqueléticos en Trabajadores Operativos del Área de Mantenimiento de una Empresa Petrolera Ecuatoriana,» *Ciencia & Trabajo*, vol. 16, n° 51, pp. 198-205, 2014. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492014000300012>
- [7] J. Velásquez, «Cómo justificar proyectos de automatización,» *Industrial Data*, vol. 7, n° 1, pp. 7-11, 2004.
- [8] E. Pérez-López, «Los sistemas SCADA en la automatización industrial,» *Tecnología en Marcha*, vol. 28, n° 4, pp. 3-14, 2015.
- [9] B. Medina, S. Castro y L. Camargo, «Tecnologías de código abierto para la gestión de un proceso industrial,» *Gerencia Tecnológica Informática*, vol. 14, n° 38, pp. 43-58, 2015.
- [10] ICONTEC, Norma Técnica Colombiana. NTC 2050, Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998.
- [11] MINMINAS, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2013.



Edgar Eduardo Montes Castilla es ingeniero electromecánico de la Universidad Antonio Nariño.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4092-1563>



Luis Leonardo Camargo Ariza es ingeniero electrónico, magíster en ingeniería electrónica y doctor en ciencias, mención gerencia. Es profesor titular de la Universidad del Magdalena e integrante del Grupo de Investigación en Desarrollo Electrónico y Aplicaciones Móviles (GIDEAM) de esta institución.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7956-441X>



Maira Cecilia Gasca Mantilla es ingeniera electrónica, magíster en mantenimiento y doctora en ciencias, mención gerencia. Es profesora asistente de la Universidad Antonio Nariño e integrante del Grupo de Investigación REM (Research on Energy and Materials) de la misma institución.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0801-1161>



Mario N. Castillo es ingeniero electromecánico de la Universidad Antonio Nariño.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9295-5749>