

Desarrollo y aplicación de plan de mantenimiento RCM en la automatización de líneas de inspección con equipos Allen-Bradley

Development and implementation of maintenance plan RCM in the automation of inspection lines with Allen-Bradley equipment

Luis Alejandro Rojas Martinez, Esp¹, Claudia Rojas Martinez, M.Sc², Libis Valdez Cervantes M.Sc³
¹Fundacion Tecnológica Antonio de Arévalo, Colombia, luis.rojas@tecnar.edu.co, Fundación ³Tecnológica Antonio de Arévalo, libis.valdez@tecnar.edu.co, ²Universidad de Sucre, Colombia, claudia.rojas@unisucra.edu.co

Resumen- El presente trabajo sintetiza el desarrollo y aplicación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM diseñado para la automatización de líneas de inspección de materiales pesados teniendo en cuenta activos de la línea Allen-Bradley. Equipos utilizados en el control automatizado de la línea de expansión de tubos. Para el libre desarrollo del trabajo se tomó como base; la interacción existente entre componentes activos tales como PLC, panel View y softwares de programación que permiten un óptimo desempeño del proceso industrial para la disminución de tiempos en ciclos productivos. Se resalta que para la optimización del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM se detectaron defectos hallados en el proceso de expansión de tuberías pesadas antes de que se automatizara el proceso. En el marco del proceso se presentó un diseño basado en programación secuencial para software RSLogix y controlador lógico programable (PLC) compact Logix. Se resalta el hecho de que antes de la automatización del proceso se realizaban 350 piezas por turno con un tiempo en ciclos por segundo de 36 y que después de automatizado el proceso se llegó a un total de 394 piezas por turno, reduciendo el tiempo en ciclos a 32 ciclos por segundo.

Palabras clave: Automatización, RCM, PLC, PanelView.

Abstract- This paper summarizes the development and application of the RCM reliability-based maintenance plan designed for the automation of heavy material inspection lines taking into account Allen-Bradley line assets. Equipment used in the automated control of pipe expansion line. For the free development of the work was taken as base; The interaction between active components such as PLC, Panel View and programming software that allow an optimal performance of the industrial process for the reduction of times in productive cycles. It is highlighted that for the optimization of the maintenance plan focused on reliability RCM detected defects found in the process of expansion of heavy pipes before the process was automated. In the framework of the process, a design based on sequential programming was presented for RSLogix software and Compact Logix programmable logic controller (PLC). It is highlighted the

fact that before the automation of the process 350 pieces were made per shift with a time in cycles per second of 36 and that after automated the process a total of 394 pieces per shift was achieved, reducing the time in cycles At 32 cycles per second.

Keywords- Automation, RCM, PLC, PanelView.

I. INTRODUCCION.

Las altas solicitudes necesarias para el cumplimiento y mejoramiento de metas productivas de las empresas, ha incentivado a empleados, supervisores de producción y jefes de mantenimiento a buscar métodos alternativos que permiten brindar operaciones con altos niveles de productividad, enfatizando en el mejoramiento de equipos industriales. Es por tal razón que los planes de mantenimiento predictivo y preventivo basan sus acciones en planes RCM [1]. Estos aspectos permiten que diferentes procesos de manufactura de tuberías obtengan nuevas tecnologías, haciendo de las diferentes labores un proceso óptimo, en donde se brinde un mejor ambiente competitivo, eficiente y confiable.

Se resalta el hecho de que los procesos industriales que requieren un alto volumen de producción para lograr las metas interpuestas por las líneas de producción; en gran medida optan por automatizar procesos que ayuden a reducir tiempos, minimizar costos de personal y evitar la falla, fatiga o factor humano. De esta forma optimizando tiempos de producción se denota que los planes de mantenimiento estarán acorde a las necesidades que se requieran en el proceso.

Todo lo anterior; acompañado de métodos de programación constituidos como lenguaje, lógicas de programación que permiten interpretar y controlar secuencias operativas dentro de un proceso de maneras sencillas y un óptimo proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad [1] marcan la diferencia en la optimización de tiempos en

cualquier proceso industrial; en este caso en el proceso de expansión de tuberías.

Todas estas situaciones o eventos industriales presentes en equipos y maquinarias en los cuales muchos son controlados por tecnología cableada, relés, y con desventajas frente a una actual era industrial automatizada, incentivaron a implementar nuevas tecnologías que permitieron mejorar el control operativo y mejorar la productividad [2] mediante la disminución de ciclos de procesos en la línea de inspección y expandido de tuberías.

La automatización en industrias surge ante las necesidades de los procesos productivos. Esas necesidades como lo son; precisión, rapidez, riesgo, confiabilidad, resiliencia entre otras, han llevado a una constante evolución tecnológica a niveles industriales, mitigando ejecuciones que evitaban procesos óptimos y seguros.

Los controladores lógicos programables (PLC), como sustitutos de antiguos controles ejecutados por relés, han revolucionado el mercado debido a su desarrollo soportado por sistemas computarizados. Este advenimiento inició en 1970 y se ha convertido en la opción más común para los fabricantes de controladores industriales debido a las múltiples ventajas que ofrecen; como lo son: [3];

- Costo efectivo para el control de procesos complejos.
- Flexibilidad, en la medida que se puede volver a aplicar para controlar otros sistemas de forma rápida y sencilla.
- Las habilidades computacionales permiten un control más sofisticado.
- Ayuda a la identificación de fallas y disminuir la pérdida de tiempo en la operación.
- La confiabilidad de los componentes extiende la vida útil del controlador.

Dentro del proceso de expandido [4] realizado con anterioridad en la línea de inspección casing en la empresa Tenaris tubos del Caribe, se evidenciaron condiciones sub estándar que afectaban el ciclo productivo de manera constante; debido a deterioros en ciertos sistemas rotatorios, dispositivos de consolas, desactualización del sistema, además de métodos operativos sin control de eficiencia. En la Tabla I, se detallan datos de condiciones del equipo expander obtenidos de las verificaciones realizadas.

Dentro del sistema de gestión, se realizaron verificaciones en reportes de tipo causa y efecto; en los que se evidenciaban la sobre ejecución de labores de mantenimiento. Detallando cada uno de estos se describen a continuación métodos para las soluciones y mejoras de dichos componentes y equipos.

TABLA I.
DATOS DE CONDICIONES PROCESO EXPANDER.

ANTES DE AUTOMATIZACION								
TIEMPO POR TURNOS (HORAS)	Nº DE OPERARIOS	Nº DE TURNOS POR DIA	TIEMPO DE CICLO (Seg)	Nº DE PIEZAS POR TURNO	TOTAL PIEZAS POR HORA	TOTAL PIEZAS POR DIA	TOTAL PIEZAS POR MES	TOTAL PIEZAS POR AÑO
7	2	3	36	350	50	1.050	31.500	378.000

Fuente: TORRES Mauricio. Datos de Condiciones Proceso. Equipos expander en la línea de inspección casing de la empresa Tenaris TuboCaribe. Junio 13 de 2015.

Los énfasis teóricos para el mantenimiento centrado en confiabilidad que dirigieron a la solución y explicación del proyecto fueron visionados desde el campo de la ingeniería de control. Fundamentalmente en áreas de automatización y control de procesos, control de dispositivos de potencia, control y monitoreo mediante sistemas de recepción análoga y optimización de dispositivos a través de controles lógicos programable y automatización productiva.

A. Método RCM

El método a utilizar para el desarrollo del plan de mantenimiento en la automatización de líneas de inspección de tuberías implica la formulación de siete preguntas [5] acerca del activo seleccionado y está basado en las siguientes etapas [6]:

- 1) Fallas funcionales: Antes de dar explicación al siguiente ítem, se define “falla” como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga. Las fallas funcionales están ligados a los estados de falla y no a la falla por sí sola; una falla funcional se define como la capacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario [6].
- 2) Análisis de modos de falla y sus efectos: Se resalta que el modo de falla puede ser cualquier evento que pueda causar la falla de un activo físico. Se destaca que la mejor forma de mostrar la conexión y la diferencia entre los estados de falla y los eventos que podrían causarlos es primero hacer un listado de fallas funcionales, y luego registrar los modos de falla que podrían causar cada falla funcional [7].
- 3) Consecuencias de la falla: Teniendo en cuenta este ítem, se hace referencia a la quinta pregunta del listado referenciado anteriormente preguntando “¿de qué manera importa cada falla?”. Teniendo en cuenta lo anterior, la naturaleza y la gravedad de los efectos de la falla definen las consecuencias de la falla [8].
- 4) Mantenimiento proactivo tareas preventivas: La factibilidad técnica y tareas preventivas se llevan a

cabo antes de que ocurra una falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla [9].

- 5) Acciones predeterminadas: Búsqueda de fallas: si no puede encontrarse una tarea proactiva que reduzca el riesgo de la falla múltiple asociada con la función oculta entonces debe realizarse periódicamente una tarea de búsqueda de falla [5].
- 6) Diagrama de decisión RCM: un estudio detallado de costo – beneficio toma en cuenta los factores mostrados en la figura 1 [5]. Diagrama de decisión para una evaluación preliminar.
- 7) Recomendación de implementación: La aplicación correcta del proceso RCM concluye completando las hojas de decisión. Estas detallan una cantidad determinada de tareas rutinarias que requieren ser hechas en intervalos regulares. Realizando este proceso se logra comprender el funcionamiento del activo y de qué manera falla [8].

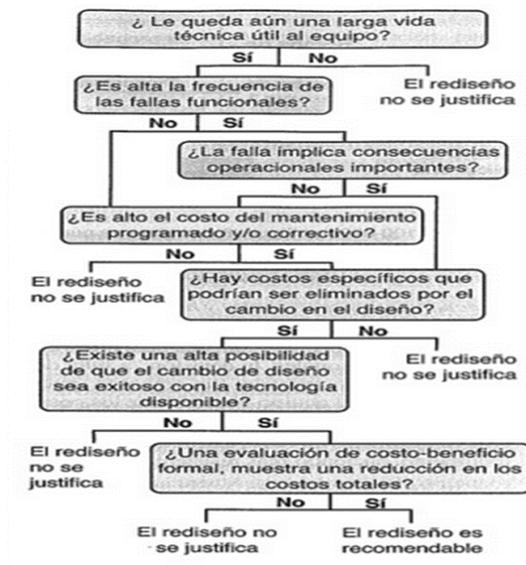


Fig 1. Diagrama de decisión para una evaluación preliminar.

Fuente: Moubray, J. (1997). *Reliability centered maintenance*. Industrial Press, p 198.

II. CONFIGURACIÓN Y SOFTWARE PARA SISTEMA DE CONTROL.

Contemplando todos los pasos de tiempos, críticos y criterios productivos. Se decide formar el proyecto con un controlador Lógico programable CompactLogix de Allen Bradley, se utiliza la configuración Ethernet/IP necesaria. En

la Tabla II. Se indican las características del controlador Logix seleccionado [10].

TABLA II.
REFERENCIA DE
CONTROLADOR.

Controlador:	1769-L32E CopactLogix5332E Controller
Revision:	19.11
Nombre:	Expanders

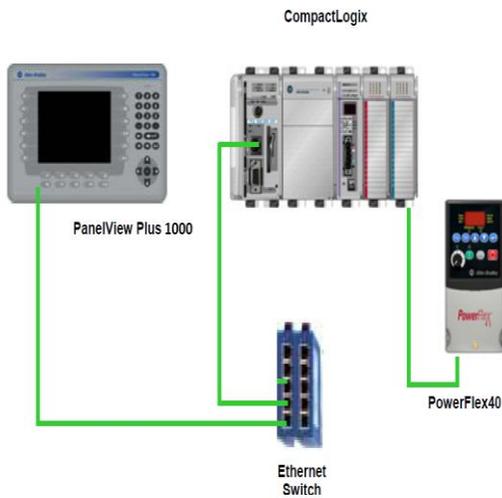
Fuente: Manual del Usuario de los Controladores CompactLogix 1769. AllenBradley–Rockwell Software.

El controlador CompactLogix 5332E, es un controlador que permite control, comunicación y elementos de entrada y salida E/S avanzados en un paquete de control distribuido que permite la configuración de la red. El controlador posee las siguientes características:

- Puertos de comunicación para redes EtherNet/IP y ControlNet.
- Módulo de interface de comunicación que proporciona control de E/S y la configuración remota de los dispositivos a través de DeviceNet.
- Un puerto serial incorporado en cada controlador.
- Módulos Compact I/O que proporcionan un sistema de E/S compacto, montado en un panel o riel.
- Memoria de 750 Kbyte
- Puertos de comunicación RS-232 y EtherNet/IP
- Módulos de 16

La configuración EtherNet/IP es un protocolo de red en niveles para aplicación de control y automatización industrial. Este protocolo está basado en estándar TCP/IP para controlar dispositivos de instrumentación, sensores, transmisores, recepción de datos [11][12].

Se verifica el tipo de proceso a realizar para la conexión de un variador de frecuencia el cual se enlazó con señales de salidas del Controlador Lógico. El proyecto de automatizado de la línea de inspección estuvo basado mediante los elementos mostrados en la Fig. 2. Red de comunicación expander.



ig. 2. Red de Comunicación Expander

F

Fuente: Laboratorio Práctico Arquitectura Integrada en Acción. AllenBradley–Rockwell Software

III. ESTRUCTURA DEL SOFTWARE.

Dentro de la estructura creada para realización del software para las expander 1 y 2, en los que se detallan secuencias ordenadas dependiendo del flujo productivo del equipo, rutinas de bloques organizando los tipos de operaciones (Manual, Automático, Emergencia), rutinas de permisivos etc. En la Fig. 3 se muestra el árbol del proyecto elaborado bajo el software RSlogix5000.¹ [13].

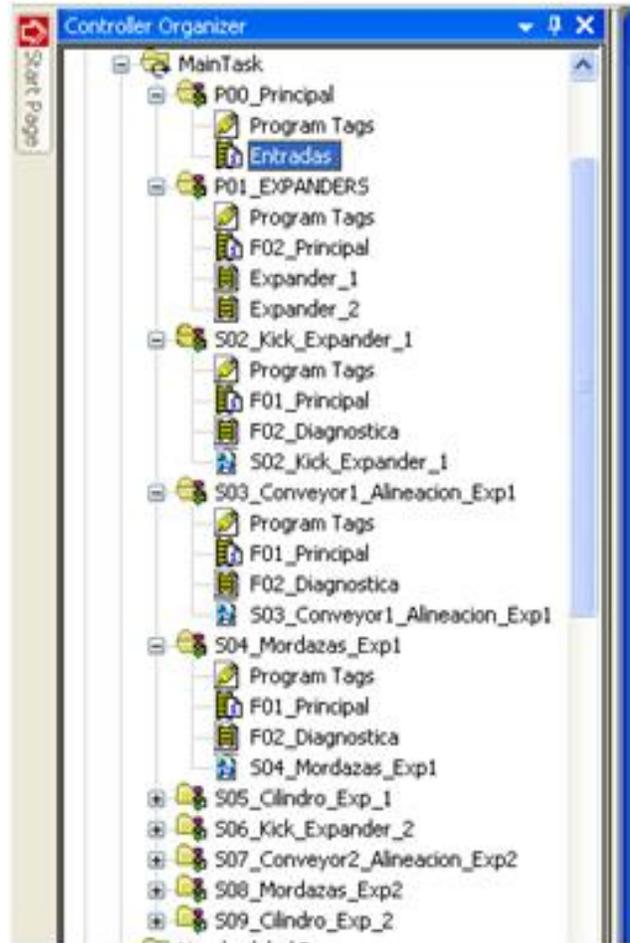


Fig. 3. Árbol de proyecto del software expander.

Fuente: TORRES Mauricio. Árbol de Proyecto del PLC de los equipos expander en la línea de inspección casing de la empresa Tenaris TuboCaribe. Junio 13 de 2015.

IV. INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE VARIADORES POWERFLEX 40 PARA CONVEYORS DE EXPANDER 1 Y 2.

Realizado el proceso de elaboración de software para la operación de expandido en los Equipos 1 y 2 de la línea de Inspección, se complementó el proceso con la instalación y programación de los variadores de velocidad de frecuencia variable PowerFlex 40 para el control de motores que comandan y movilizan equipos subyacentes encargados del ingreso de la tubería en los equipos expander. Para la instalación y programación fuera de los variadores de

¹RSlogix 5000: Aplicación integral de Rockwell Automation, utilizada para el desarrollo de lógicas de control.

velocidad se tuvieron en cuenta las características de programación recomendadas por Allen Bradley [14].

En la Fig. 4 se muestra esquema de conexión eléctrica de un variador PowerFlex 40.

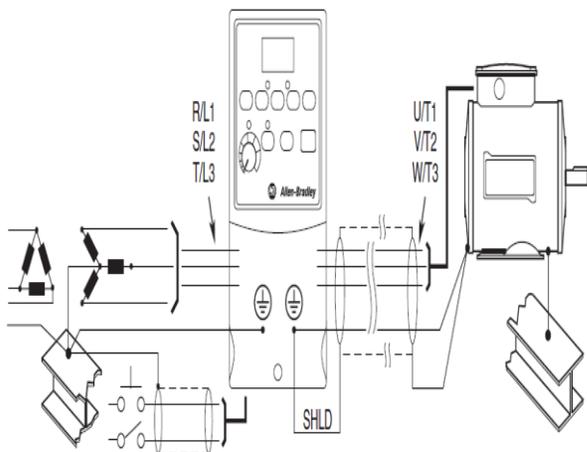


Fig 4. Esquema de Conexión eléctrica de un Variador PowerFlex 40.

Fuente: RockwellAutomation. (2015, Apr.)
 ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-40. [Online].
 http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-40.

El variador powerflex 40, posee 2 bloques de terminales de alimentación eléctrica, denominados B Frame y C Frame. El B Frame contiene las siguientes terminales:

- R/L1, S/L2. Entradas monofásicas
- R/L1, S/L2, T/L3. Entrada trifásica
- U/T1. Al motor U/T1
- V/T2. Al motor V/T2
- W/T3. Al motor W/T3
- DC+, DC-. Conexión de bus de CC
- BR+, BR-. Conexión de resistencia de freno dinámico

El C Frame contiene las siguientes terminales:

- R/L1, S/L2. Entradas monofásicas
- R/L1, S/L2, T/L3. Entrada trifásica

- U/T1. Al motor U/T1
- V/T2. Al motor V/T2
- W/T3. Al motor W/T3
- DC+, DC-. Conexión de bus de CC
- BR+, BR-. Conexión de resistencia de freno dinámico
- P2, P1. Conector del inductor de bus de CC

Después de realizado todos los procesos de instalación, y programación se realizaron verificaciones técnicas con el fin de evitar deterioros en la etapa de puesta en marcha.

Una vez realizado el proceso de verificación se energizaron variadores para la respectiva programación y direccionamiento para la configuración Ethernet/IP, luego se introdujeron datos característicos asociados al variador PowerFlex 40 permitiendo de este modo una correcta configuración que fue evidenciada por la actualización del árbol descriptivo del software RSLogix 5000. En la Fig. 5, se presenta el árbol del proyecto con la configuración del variador para el reconocimiento en la red de comunicación.

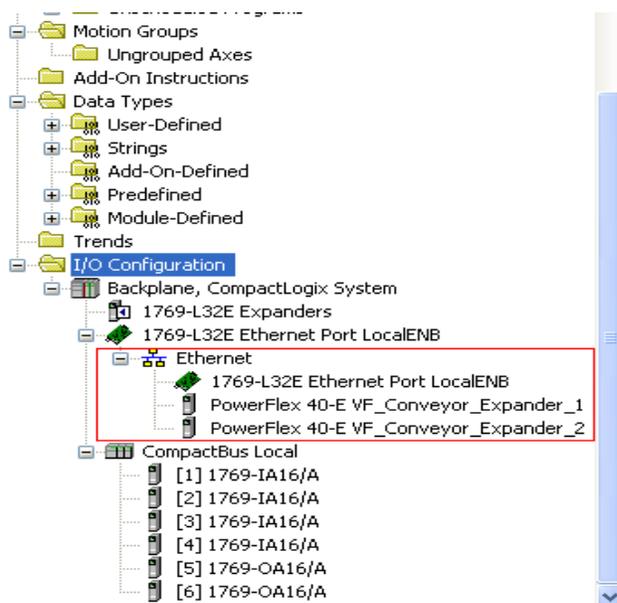


Fig 5: Árbol de proyecto con variadores configurados.

Fuente: TORRES Mauricio. Árbol de Proyecto del PLC de los equipos expander en la línea de inspección casing de la empresa Tenaris TuboCaribe. Agosto 21 de 2015.

Para la programación de los variadores se utilizó software RsLogix, ya que este brinda una gran variedad de módulos de acuerdo a su compatibilidad. Se selecciona el tipo de variador y se direccionan los nodos y la clase de revisión como se observa en la fig. 5.

V. DISEÑO DE SOFTWARE PARA PANEL VIEWPLUS DE EQUIPO EXPANDER.

Para la realización de aplicaciones en Panel View se realizó la selección del tipo de proceso que desempeñan los equipos expander en la línea de proceso, con el fin de categorizar dicho proceso con el entorno de programación de interfaces hombre máquinas (HMI)².

Las aplicaciones (ver Fig. 6) creadas fueron realizadas bajo el estándar de programación de allen-bradley, con el propósito de que operadores interactuaran con la máquina eficientemente. Por medio del software Factory Talk View Studio, esta aplicación permite interactuar con el equipo de una manera más sencilla y amigable. Estas son de gran ventaja, porque permiten realizar infinidad de pantallas además de eliminar extensas consolas cableadas. Los pulsadores creados en el Panel View³ funcionan de manera táctil e interactúan como entradas direccionadas hasta el PLC por medio de una estructura de red Ethernet que se utilizó para el funcionamiento de estos equipos. En la Fig. 6, se muestra Aplicación Operativa HMI.



Fig 6. Aplicación Operativa HMI.

Fuente: TORRES Mauricio. Automatización de los equipos expander en la línea de inspección casing de la empresa Tenaris TuboCaribe. Junio 26 de 2015.

VI. INSTALACIÓN DE SENSORES ANÁLOGOS PARA VERIFICACIÓN DE NIVEL Y TEMPERATURA EN UNIDADES HIDRÁULICAS.

Para la verificación del control predictivo en unidades hidráulicas se instalaron dos sensores que brindaran la posibilidad de verificar niveles de llenado en los depósitos de las dichas unidades.

[15] Los sensores Hydac ENS 3000⁴ fueron enlazados con un módulo análogo en el que son recepcionadas y evaluadas las señales en el PLC quien determina finalmente la secuencia del proceso. En la Fig. 7, se muestra el enlace realizado entre sensor Hydac y software RSlogix.

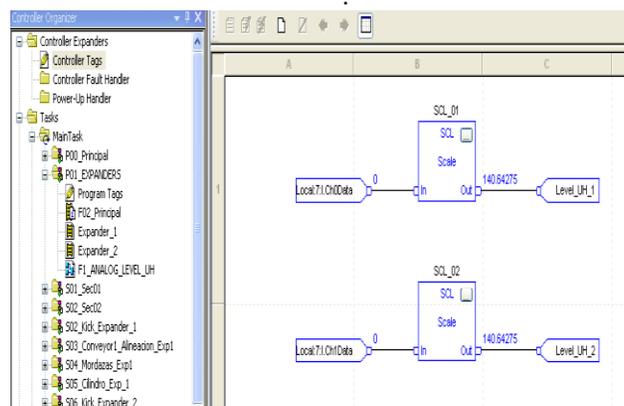


fig. 7. Configuración en software RSlogix 5000 para Sensor Hydac.

Fuente: TORRES Mauricio. Automatización de los equipos expander en la línea de inspección casing de la empresa Tenaris TuboCaribe. Junio 26 de 2015.

VII. RESULTADOS.

Teniendo en cuenta el modelo de plan de mantenimiento a seguir (RCM). Se evidenció que a lo largo de las pruebas continuas hechas en los equipos expander 1 y 2, se logró realizar mejoras significativas para un proceso productivo de gran importancia. Se produjo una reducción del tiempo de ciclo significativa, de 36 a 32 segundos por equipo con el servicio operativo de 1 persona para dos equipos. En la Tabla III. Se detallan datos de condiciones actuales del equipo expander.

² HMI. Interfaz Hombre Maquina

³ PANEL VIEW PLUS. Terminal Grafico Táctil

⁴ HYDAC ENS 3000. es un interruptor de nivel electrónico con función de visualización integrada. El aparato ofrece 1 o 2 salidas de conexión y una señal opcional de salida analógica (4 . 20 mA o 0 ..10 V).

TABLA III.
DATOS DE CONDICIONES ACTUALES DEL PROCESO EXPANDER.

DESPUES DE AUTOMATIZACION								
TIEMPO POR TURNOS (HORAS)	N° DE OPERARIOS	N° DE TURNOS POR DIA	TIEMPO DE CICLO (Seg)	N° DE PIEZAS POR TURNO	TOTAL PIEZAS POR HORA	TOTAL PIEZAS POR DIA	TOTAL PIEZAS POR MES	TOTAL PIEZAS POR AÑO
7	2	3	32	394	56	1.181	35.438	425.250
DIFERENCIA								47.250,00

Fuente: TORRES Mauricio. Datos de Condiciones Proceso. Equipos expander en la línea de inspección casing de la empresa Tenaris TuboCaribe. Junio 13 de 2015.

Al integrar elementos eléctricos y electrónicos, se pudo garantizar movimientos controlados. De esta manera se logró asegurar un flujo constante en el proceso de expandido, sin afectar aceleradamente componentes por desgastes mecánicos que se generan debido a fricciones al realizar movimientos.

VIII. CONCLUSIONES.

Teniendo en cuenta el desarrollo del plan RCM en la automatización de la línea de inspección de tubería, varios son los activos que existen y se describieron en el proceso de automatizado en el desarrollo del trabajo. Es por tanto que tomando como base las etapas, se hicieron necesarias pruebas continuas a los equipos para dictaminar en que momento era necesario implementar un proceso de parada para mantenimiento predictivo o preventivo.

Las fallas funcionales del proceso de automatizado en la línea de inspección se encontraron en el protocolo de comunicación Ethernet, al momento de enviar y recibir las señales. Se pudo evidenciar este tipo de falla realizando los análisis de modo de falla y sus efectos, luego se tomaron en cuenta las consecuencias para realizar el mantenimiento proactivo y la factibilidad técnica y así tener en cuenta las acciones predeterminadas. Hecho este proceso para el protocolo de comunicación Ethernet por medio del cual se comunica el PLC con las PanelView se tiene en cuenta el diagrama RCM de la Fig. 1 y se obtiene la evaluación preliminar.

Adicional al anterior hallazgo; dentro de las pruebas del proceso de automatizado, se evidenció errores en el enlace existente entre los sensores Hydac y el software Rslogix 5000. Ya que las señales de los sensores fueron enlazadas con módulos análogos y luego enviadas al controlador quien determina la secuencia del proceso. Siendo esta una parte vital del proceso en aras de eficiencia energética y de ahorro de tiempos; se implementa el proceso mantenimiento centrado en confiabilidad y se hacen pruebas repetitivas con el fin de

establecer un óptimo funcionamiento y conocer a fondo los posibles modos de falla que pueden existir.

Se analizaron los modos de falla y se optimizaron los tiempos de respuesta de los sensores en el envío de las señales al controlador. De esta forma evitamos las consecuencias que se traducen en pérdida de tiempos en la producción de la línea de expansión.

Implementado el proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, se recomienda realizar tareas de tipo proactivo constantemente y utilizar el diagrama de decisión RCM con la finalidad de predeterminar la búsqueda de fallas y tomar una eficiente decisión preliminar.

Se recomienda la aplicación correcta del proceso RCM completando las hojas de decisión, ya que estas detallan una cantidad determinada de tareas rutinarias que requieren ser hechas en intervalos regulares. Realizando este proceso se logra comprender el funcionamiento del activo y de qué manera falla.

Teniendo en cuenta el proceso de automatización de la línea de inspección, se concluye que este tipo de procesos; controlador por PLC, hizo posible que el proceso no dependiera directamente de habilidades humanas y se evitan errores que redundan en pérdida de tiempo en líneas de producción.

Por otro lado, con la instalación y programación de variadores para motores de corriente alterna, se consiguió posiciones precisas en proceso de alineación de tuberías en diferentes direcciones, se redujo velocidades de los mismos optimizando consumos energéticos.

La automatización de los equipos expander actualmente brinda mejores métodos de inspecciones y verificaciones necesarias para las programaciones de mantenimiento. Los sistemas hidráulicos son monitoreados continuamente. El personal especializado para la atención de posibles fallas pueden encontrarse de forma rápida los eventos, por la estructura creada a nivel de software.

IX. REFERENCIAS.

- [1]. Moubray, J. (1997). *Reliability centered maintenance*. Industrial Press.
- [2]. Pujadas, W., & Chen, F. F. (1996). A reliability centered maintenance strategy for a discrete part manufacturing facility. *Computers & industrial engineering*, 31(1), 241-244.
- [3]. HUGH Jack, "Automating Manufacturing System with PLCs," p. 839, May 2007.
- [4]. TENARIS, "Swaging, expanding and stresses relieving," pp. hydril-dwgs.hydril.com/wwwengdoc/EngDocs/TubViewFiles/Access1/Tub-tenaris_AC1\SW-Swage Documents\00-, Nov. 2009.
- [5]. Moubray, J. (1997). *Reliability centered maintenance*. Industrial Press, p 48.
- [6]. Moubray, J. (1997). *Reliability centered maintenance*. Industrial Press.
- [7]. Afefy, I. H. (2010). Reliability-centered maintenance methodology and application: a case study. *Engineering*, 2(11), 863.

- [8]. Bertling, L., Allan, R., & Eriksson, R. (2005). A reliability-centered asset maintenance method for assessing the impact of maintenance in power distribution systems. *IEEE Transactions on power systems*, 20(1), 75-82.
- [9]. Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2006). Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture. *Applied energy*, 83(11), 1235-1248.
- [10]. Rockwell Automation, "Manual del usuario de los controladores Compact Logix 1769," vol. 1769-UM011I-ES-P - Febrero 2013, no. 154, p. 154, Feb. 2013, 1769-UM011I-ES-P - Febrero 2013.
- [11]. Brooks, P. (2001). Ethernet/IP-industrial protocol. In *Emerging Technologies and Factory Automation, 2001. Proceedings. 2001 8th IEEE International Conference on* (Vol. 2, pp. 505-514). IEEE.
- [12]. Kasemir, K. U., & Dalesio, L. R. (2001). Interfacing the ControlLogix PLC over EtherNet/IP. *arXiv preprint cs/0110065*.
- [13]. Rockwell Automation, "Datos de tags y E/S en los controladores," vol. 1756-PM004C-ES-P , p. 92, Oct. 2009, 1756-PM004C-ES-P – Octubre 2009 92.
- [14]. ROCKWELL AUTOMATION. (2015, Apr.) ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-40. [Online].HYPERLINK "http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-40" http://ab.rockwellautomation.com/es/Drives/PowerFlex-40
- [15]. ROCKWELL AUTOMATION. (2015, Apr.) ab.rockwellautomation.com.[Online]. HYPERLINK "ab.rockwellautomation.com/es/Graphic-Terminals/2711P-PanelView-Plus-1000">"ab.rockwellautomation.com/es/Graphic-Terminals/2711P-PanelView-Plus-1000">.