

EVALUACION Y DIAGNOSTICO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A LA
INSTRUMENTACION ASOCIADA A LOS SEPARADORES DE CRUDO EN LA
BATERÍA MONAL – CAMPO SAN FRANCISCO.

MARCO ANTONIO AVILA VARGAS
ALEX ANDREY LAVAO PASTRANA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2015

EVALUACION Y DIAGNOSTICO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A LA
INSTRUMENTACION ASOCIADA A LOS SEPARADORES DE CRUDO EN LA
BATERÍA MONAL – CAMPO SAN FRANCISCO.

MARCO ANTONIO AVILA VARGAS
ALEX ANDREY LAVAO PASTRANA

Tesis de Grado presentada como requisito para optar el título de:
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director:
RAFAEL AZAIN ZAMBRANO
Ingeniero Mecánico
Esp. Automatización de procesos industriales

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2015

AGRADECIMIENTOS

Cuando iniciamos este nuevo reto nuestra principal motivación fueron nuestras familias las cuales de una forma muy particular nos apoyaron incondicionalmente, soportaron nuestras ausencias y día a día fueron nuestro aliciente para culminar a cabalidad lo emprendido.

Además de forma especial queremos exaltar el trabajo realizado por los docentes en esas jornadas tan intensas donde con su profesionalismo dieron muestra de su calidad humana.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO CONTEXTUAL.....	14
1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA.....	14
1.2 PROCESO DE SEPARACION.....	14
1.2.1 <i>Separador Bifásico General</i>	15
1.2.2 <i>Separador Bifásico de Prueba</i>	15
1.2.3 <i>Separador Trifásico (FWKO – Free Water Knock Out)</i>	16
1.3 MODELO DE MANTENIMIENTO.....	16
1.3.1 <i>Mantenimiento Preventivo</i>	16
1.3.2 <i>Mantenimiento Correctivo</i>	16
1.3.3 <i>Actividades de Mantenimiento Predictivo</i>	17
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2. MARCO TEORICO	20
2.1 INSTRUMENTACION INDUSTRIAL.....	20
2.2 HERRAMIENTAS PARA LA GESTION DEL MANTENIMIENTO	21
2.2.1 <i>Mantenimiento Centrado en Confiabilidad –RCM</i>	21
2.2.1.1 <i>Metodología</i>	22
2.2.1.2 <i>Herramientas claves</i>	22
2.2.1.3 <i>Beneficios de aplicar RCM</i>	23
2.2.2 <i>Optimización del plan de mantenimiento – PMO</i>	24
2.2.2.1 <i>Metodología</i>	27
2.2.2.2 <i>Beneficios de aplicar PMO</i>	29
2.2.3 <i>Comparativo RCM Vs. PMO</i>	30
2.3 CMMS - COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SOFTWARE.....	32
2.3.1 EAM – ADMINISTRACIÓN DE LOS ACTIVOS CORPORATIVOS	32
2.3.2 ERP – PLANEACIÓN DE LOS RECURSOS CORPORATIVOS.....	32
2.3.3 <i>ELLIPSE</i>	33
3. CONOCIMIENTOS PREVIOS.....	34
3.1 INVENTARIO DE EQUIPOS	34
3.2 TAXONOMIA DE EQUIPOS	38
3.3 RUTINAS DE MANTENIMIENTO	40
3.3.1 <i>Rutinas de mantenimiento MDB-101</i>	40

3.3.2	<i>Rutinas de mantenimiento MDB-102</i>	41
3.3.3	<i>Rutinas de mantenimiento MDB-103</i>	41
3.3.4	<i>Rutinas de mantenimiento MDB-104</i>	42
3.3.5	<i>Rutinas de mantenimiento MDB-105</i>	42
3.3.6	<i>Standard Job</i>	43
3.4	HISTORICO DE FALLAS	44
3.4.1	HISTÓRICO SHAREPOINT	44
3.4.2	HISTÓRICO ELLIPSE.....	45
3.4.3	ANÁLISIS DE FALLAS	50
3.4.3.1	PARTES QUE FALLAN	51
3.4.3.2	CAUSAS DE FALLAS	52
3.4.3.3	MODOS DE FALLAS	52
4.	MODELO PROPUESTO	54
4.1	OPTIMIZACION DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO	54
4.1.1	<i>Actividades de mantenimiento</i>	54
4.1.1.1	<i>SF0019 – MP1A computador de flujo</i>	54
4.1.1.2	<i>SF0028 – MP1A controlador neumático de nivel</i>	55
4.1.1.3	<i>SF0091 – MP2A Tablero Neumático</i>	56
4.1.1.4	<i>SF0099 – MP1A transmisor de flujo</i>	57
4.1.1.5	<i>SF0100 y SF0103 – MP1A Switch de nivel</i>	59
4.1.1.6	<i>SF0106 – MP1A Switch de presión</i>	61
4.1.1.7	<i>SF0107 – MP1A transmisor de presión</i>	62
4.1.1.8	<i>SF0145, SF0410, SF0452 y SF0454 – MP1A válvula deslizante</i>	63
4.1.1.9	<i>SF0154 – MP1A vasija separador</i>	65
4.1.1.10	<i>SF0155 – MP3M Vasija Separador</i>	65
4.1.1.11	<i>SF0191 y SF0444 – MP1A válvula de seguridad</i>	67
4.1.1.12	<i>SF0393, SF0443, SF0446 y SF0447 – MP1A válvula bola</i>	68
4.1.2	<i>Propuesta</i>	69
5.	CONCLUSIONES	73
	BIBLIOGRAFIA.....	74
	ANEXOS.....	76

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación Geográfica campo san Francisco.....	14
Figura 2. Diagrama de Proceso batería Monal.....	18
Figura 3. Las 7 preguntas del RCM.....	22
Figura 4. Esquema para conducir el RCM.....	23
Figura 5. Ciclo Vicioso Del Mantenimiento Correctivo.....	25
Figura 6. Diferentes Metodologías entre RCM y PMO.....	31
Figura 7. Separador de pruebas S-MDB-101.....	34
Figura 8. Diagrama de Separador General S-MDB-10X.....	35
Figura 9. Tablero Neumático Separadores Generales.....	37
Figura 10. Taxonomía de Equipos-Sistema de Separación Monal.....	39
Figura 11. Partes que falla el sistema de separación Batería Monal.....	51
Figura 12. Causas de fallas del sistema de separación Batería Monal.....	52
Figura 13. Modos de fallas del sistema de separación Batería Monal.....	53
Figura 14. Comparativo plan de mantenimiento antiguo Vs propuesto separadores Monal.....	72

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Listado de Componentes Separador de Pruebas MDB-101.....	35
Tabla 2. Listado de Componentes Separador General MDB-10X.....	36
Tabla 3. Listado de Partes de Tablero Neumático.....	37
Tabla 4. Rutinas de Mantenimiento Separador de Pruebas 101.....	40
Tabla 5. Rutinas de Mantenimiento Separador de Pruebas 102.....	41
Tabla 6. Rutinas de Mantenimiento Separador de Pruebas 103.....	41
Tabla 7. Rutinas de Mantenimiento Separador de Pruebas 104.....	42
Tabla 8. Rutinas de Mantenimiento Separador de Pruebas 105.....	42
Tabla 9. Standjobs Separadores Batería Monal.....	43
Tabla 10. Histórico de Eventos en Sharepoint Separadores Batería Monal.....	45
Tabla 11. Histórico de Eventos en Ellipse Separadores Batería Monal.....	46
Tabla 12. Propuesta de optimización rutinas de mantenimiento Separadores Batería Monal.....	70

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Matriz de valoración de riesgos – proceso mantenimiento.....	77
Anexo B. Documento guía para el reporte inmediato de falla.....	78
Anexo C. Formato de mantenimiento, calibración y verificación (SOH-PMH-F-001).....	80

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACION Y DIAGNOSTICO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A LA INSTRUMENTACION ASOCIADA A LOS SEPARADORES DE CRUDO EN LA BATERÍA MONAL – CAMPO SAN FRANCISCO.*

AUTORES: MARCO ANTONIO AVILA VARGAS Y ALEX ANDREY LAVAO PASTRANA.**

PALABRAS CLAVES: instrumentación, separadores, confiabilidad, optimización, plan de mantenimiento, RCM, PMO.

DESCRIPCION:

La presente monografía tiene como fin evaluar el plan de mantenimiento actual a la instrumentación asociada a los separadores en la batería Monal – campo San Francisco, para diagnosticar su conveniencia y/o inconveniencia en la práctica y poder así plantear propuestas que permitan lograr una optimización de los recursos y tiempo, sin dejar de lado la calidad y garantía de los trabajos que aseguran la integridad de los equipos y el proceso.

Se revisaran algunos conceptos de las metodologías de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM – por sus siglas en ingles) y optimización del plan de mantenimiento (PMO – por sus siglas en ingles), que nos permitirán aterrizar el alcance de la presente monografía, y escoger aquella que más se nos adecue a nuestras necesidades. Se actualizará el inventario de equipos e instrumentos en campo y posteriormente se revisará el estado actual del programa de mantenimiento, donde identificaremos aquellos aspectos a mejorar y destacaremos las buenas prácticas que se tengan.

Finalmente se quiere dejar sentada las bases para la elaboración de una propuesta que sirva de guía para la optimización de las actividades de mantenimiento que ejecutan a diario los técnicos instrumentistas del área, de forma tal que complemente eficazmente la información entregada en las órdenes de trabajo y permita enfocar el mantenimiento hacia unas prácticas de trabajo sanas y seguras.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director Ingeniero Rafael Azain Zambrano

SUMMARY

TITLE: DIAGNOSTIC AND EVALUATION OF THE MAINTENANCE PLAN AT INSTRUMENTATION RELATED TO THE OIL SEPARATOR IN THE STATION MONAL- FIELD SAN FRANCISCO.*

AUTHORS: MARCO ANTONIO AVILA VARGAS AND ALEX ANDREY LAVAO PASTRANA.**

KEY WORDS: Instrumentation, separators, reliability, optimization, maintenance plan, RCM, PMO.

SUBJECT:

This paper aims to assess the current maintenance plan associated instrumentation of the separators at Monal station - San Francisco field, diagnose your convenience and / or inconvenience in practice and be able to make proposals that would achieve optimization resources and time, without neglecting the quality and guarantee of work to ensure the integrity of the equipment and process.

Some concepts of methodologies for reliability centered maintenance (RCM) and the planned maintenance optimization (PMO) are reviewed, allowing us to land the scope of this paper, and choose that we are more suited to our needs. Inventory of equipment and instruments in the field will be updated and then the current states of the maintenance program will be reviewed, which will identify those areas for improvement and highlight good practices that have be.

Finally, we want to put on record the basis for the development of a proposal to provide guidance to optimize maintenance activities running daily instrumentalists technical, so that effectively supplement the information provided in work orders and allows focusing the maintenance practices to safe and healthy working.

* Monograph

** Faculty of Physical Engineerings - Mechanical. School of Mechanical Engineering. Director, Engineer Rafael Azain Zambrano

INTRODUCCIÓN

La industria actual demanda cada día estrategias de mantenimiento más efectivas y dinámicas, alineadas a los objetivos de la compañía y enmarcadas dentro de las políticas de desarrollo sostenible. Como parte activa del proceso de mantenimiento, es de conocimiento algunas empresas restan importancia al proceso de mantenimiento, volviéndolo mecánico, improductivo y por ende convirtiéndose en foco de pérdidas económicos para las mismas. Todo esto no solo resta vida útil a los equipos, sino que se aleja del objetivo principal del mantenimiento, el cual se dirige a mantener la función del equipo en las mejores condiciones posibles, al menor costo.

Considerando esta situación, se ha decidido evaluar el plan de mantenimiento que actualmente se desarrolla a la instrumentación de las vasijas separadoras de la batería Monal – Campo San Francisco, dentro del contrato de mantenimiento suscrito entre Mecánicos Asociados SAS y Ecopetrol S.A. Ello en razón a que, durante la ejecución de dichas actividades, se han detectado una serie de inconsistencias que limitan la calidad de los trabajos, limitan el talento humano e incurrir en gastos innecesarios por la compra de repuestos que no corresponden o no se necesitan.

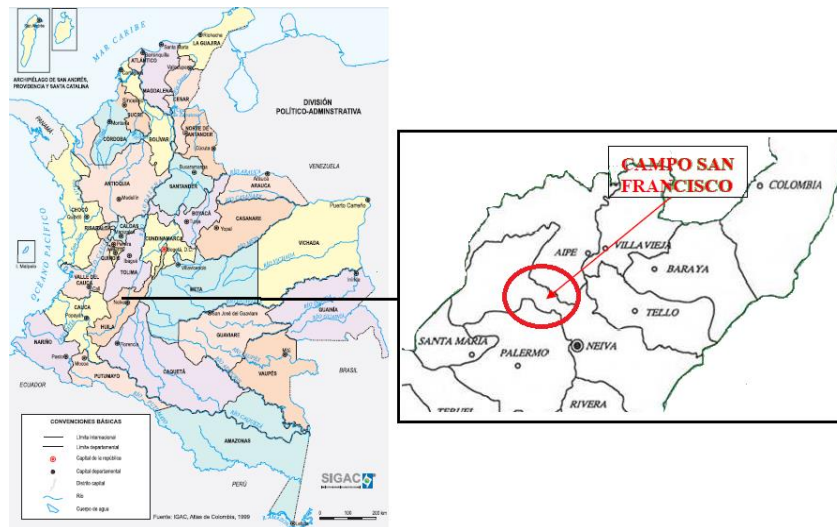
1. MARCO CONTEXTUAL

1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA

El campo San Francisco, ubicado principalmente en el municipio de Aipe, fue descubierto en 1984; al año siguiente se inició su exploración en un área de 10.000 hectáreas. Está ubicado en el noroccidente del departamento del Huila, sobre el margen de la cordillera Oriental, con influencia en los municipios de Palermo, Neiva y Aipe; aproximadamente a 30 minutos de Neiva por carretera.

Durante su inicio, y pasando por distintas figuras de concesión y accionistas nacionales e internacionales, fue operada por HOCOL S.A, empresa que desde el 2009 pertenece al grupo empresaria Ecopetrol S.A, logrando alcanzar una producción cercana a 50.000 BOPD (Barriles de aceite por día) para el año de 1995, ubicándose como el principal campo petrolero del Huila en toda la historia.

Figura 1. Ubicación geográfica campo San Francisco



Fuente: Archivos Hocol S.A

1.2 PROCESO DE SEPARACION

La Separación es una operación unitaria realizada en las facilidades de producción para segregar los fluidos de los pozos. Esta segregación es realizada con propósitos definidos: primero, obtener inicialmente los fluidos (gas – líquidos)

libres unos de otros; segundo, permitir la prueba o medición de los tres fluidos básicos que componen la corriente de producción por pozo, función del separador de prueba; tercero, asegurar que el petróleo es liberado del gas, también presente en la emulsión en forma de anillo alrededor de las gotas de agua dispersas en él, está es una función de todo separador conocida como método mecánico de rompimiento o eliminación de emulsiones. Y finalmente, la separación asegura que el petróleo quede libre del exceso de componentes muy livianos los cuales son indeseables en posteriores etapas del proceso.

1.2.1 Separador Bifásico General

La separación bifásica hace referencia al resultado de la separación del fluido proveniente de pozos en dos productos o corrientes denominados gas y líquido. La separación por gravedad es la más sencilla y común en uso y es la aplicada en todos los tipos de separadores existentes en producción.

El proceso sencillamente depende del hecho de manejar el fluido de producción contenido de diferente masa por unidad de volumen o densidad. Hay diferencia de densidades entre el gas y el líquido mezclado (crudo y agua) y, entre el gas y el crudo. Al tener diferentes densidades, los componentes están sometidos a diferentes valores de la fuerza de gravedad hacia abajo, como es el caso del crudo y el agua los cuales sedimentan, mientras que el gas, más liviano que el crudo y el agua, asciende buscando la parte superior de la vasija, sin embargo la gravedad a solas es un método ineficiente de separación; un separador que funcione solamente por el principio de la gravedad tendría dimensiones muy grandes. Para lograr la más alta eficiencia, es común dotar el separador internamente con elementos de choque contra platina o baffle de impacto y mallas extractoras de neblina.

1.2.2 Separador Bifásico de Prueba

Se trata de un recipiente, de similares características al general, pero con instrumentación adicional con el fin de poder realizar medición dinámica de la cantidad gas y líquido proveniente del pozo. Ello permite analizar el comportamiento de la formación ofreciendo un potencial de producción, lo que facilita elaborar tendencias y proyectar intervenciones a pozos que permitan recuperar o incrementar el potencial del pozo.

1.2.3 Separador Trifásico (FWKO – Free Water Knock Out)

Utilizado principalmente para remover grandes cantidades de agua libre del crudo. Ofrecen una salida para el crudo, otra para el agua y otra para el gas, lo cual es favorable para los procesos aguas abajo, ya que los tiempos de residencia posteriores son mucho más cortos que si se utilizara separadores generales, lo que permite reducir el tamaño de los tanque separadores.

1.3 MODELO DE MANTENIMIENTO

1.3.1 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es un conjunto de acciones planificadas y programadas que se toman para garantizar la conservación de un bien o equipo, con el objetivo de reducir la probabilidad de fallo. Estas se desarrollan tendientes a incrementar las ganancias en cualquier organización, dando a los equipos una mayor vida útil, garantizando disponibilidad, confiabilidad y seguridad a los procesos.

Dichas actividades toman como base las recomendaciones del fabricante, datos históricos de la operación del equipo, experiencia del grupo de mantenimiento, resultado de talleres de análisis de fallas previas, y van desde inspecciones periódicas, hasta cambio de componentes que dentro de la operación del equipo hayan cumplido su ciclo y requieran su cambio para garantizar la normal operación.

La característica principal del mantenimiento preventivo es la de inspeccionar los equipos, detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno. Con un buen programa de mantenimiento preventivo se obtiene experiencia de diagnóstico de fallas y del tiempo de operación seguro de un equipo.

1.3.2 Mantenimiento Correctivo

También conocido como reactivo, son las actividades que se realizan cuando un equipo presenta una falla o problema que surge alterando su operación normal. Se trata del modelo de mantenimiento más antiguo, pues hasta entonces no se había profundizado en el estudio del mantenimiento y no se tenía certeza de las consecuencias de no tener un modelo de mantenimiento apropiado.

En este modelo podemos identificar que hay correctivos planeados o programados, los cuales se dan cuando se tiene identificado un modo de falla en el equipo, o se conoce de su condición que lo puede llevar a la falla, pero es económicamente más viable esperar a que eso ocurra (que falle) y reemplazar el componente (o en algunos casos el equipo) que activar rutinas de mantenimiento preventivo; así mismo está el correctivo no planeado, el cual rompe con la operación prevista y sus consecuencias económicas, si no se está bien preparado para ello, pueden ser muy altas; finalmente consideramos en esta categoría el correctivo basado en condición, en el cual previamente se ha detectado un problema en la operación del equipo, y luego de identificar el componente en falla se procede a parar la máquina para cambiarlo, pues no se puede esperar a que falle porque las consecuencias para el proceso productivo, para el mismo equipo, incluso para las personas y/o el medio ambiente pueden ser muy altas.

1.3.3 Actividades de Mantenimiento Predictivo

Se refiere a la utilización de técnicas y herramientas para la detección “precoz” de fallas, y así poder programar una intervención en el tiempo justo antes de que la falla se haga evidente afectando la operación del equipo. Un concepto ampliamente utilizado en el mantenimiento y estrechamente relacionado es el mantenimiento basado en condición (CBM), que tiene como objetivo lograr la máxima vida útil del equipo, manteniéndolo bajo control a través del monitoreo de ciertas variables para verificar que éstas se encuentren dentro de sus ventanas operativas; ello permite a la vez tener una base de datos histórica que sirva de base para optimizar y/o crear rutinas y lo más importante lograr una asertividad predictiva que se anticipe a las fallas incrementando la disponibilidad y confiabilidad del equipo.

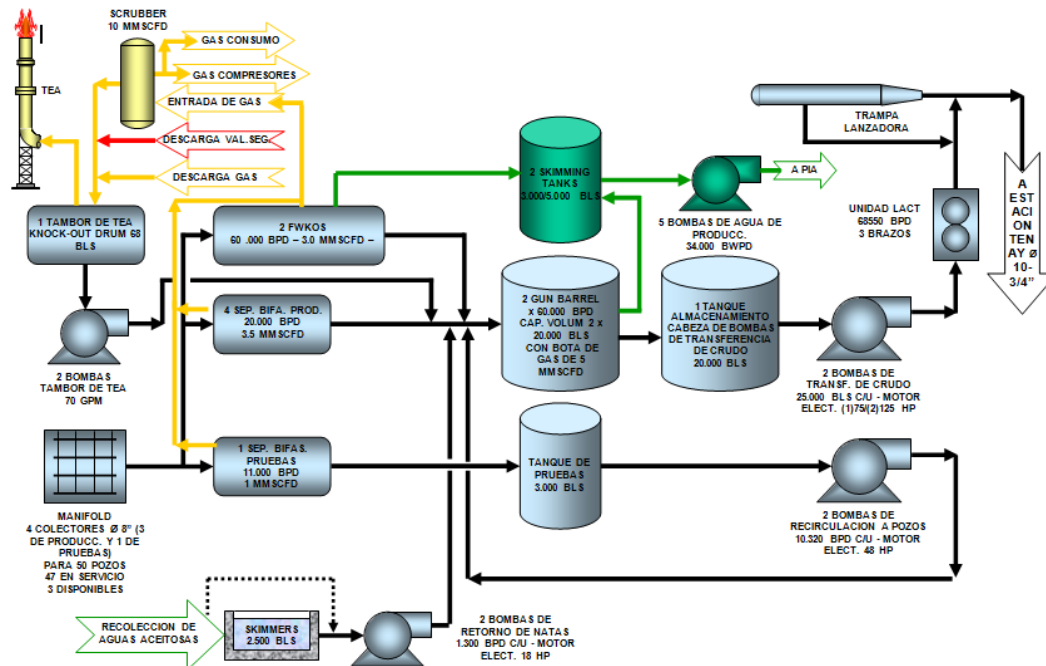
Algunas de las técnicas utilizadas son las siguientes:

- Termografía
- Vibraciones
- Ultrasonido
- Tribología
- Alineación y balanceo dinámico

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, el campo San Francisco cuenta con un total de 100 pozos productores, distribuidos entre 2 facilidades o baterías, Monal y Satélite, las cuales en esencia tienen características similares en cuanto a equipos y proceso. La producción del campo está alrededor de los 6.500 BOPD y 260.000 BWPD, lo cual sin duda muestra el desbalance entre una y otra y da una idea de la necesidad de mantener controlado el proceso para evitar accidentes ambientales por pérdida de contención y/o venta de crudo por fuera de especificaciones (alto contenido de agua). Del total de pozos, la batería Monal recibe el fluido proveniente de 43 de estos, donde se realiza el proceso de separación y venta de aproximadamente 2800 BOPD y bombeo a la planta de inyección de agua (PIA) de 145.000 BWPD.

Figura 2. Diagrama de proceso batería Monal



Fuente: Manual de operaciones batería Monal

A lo largo de todo el proceso contamos con instrumentos que cumplen distintos roles, entre ellos salvaguarda, control y monitoreo local y/o remoto. Se trata en muchos casos de instrumentos que fueron instalados antes de que las condiciones del proceso cambiaran drásticamente, es decir, cuando el manejo de fluidos era menor y la relación agua vs aceite favorecía al segundo, así como la producción de gas era mayor. Como vemos en el diagrama de la figura 2, los separadores son

el inicio de todo el proceso, con una connotación muy importante, y es que su operación es 100% controlada de manera local por instrumentación, lo cual obliga a garantizar el óptimo funcionamiento de estos; un separador fuera de línea en algunos casos puede significar parar todo el proceso productivo si no existe respaldo o la capacidad suficiente para recibir el fluido proveniente de los pozos.

Con la reversión del campo a manos de Ecopetrol S.A en Mayo de 2012, se realizó un proceso de migración de información de un sistema de mantenimiento computarizado (CMMS) a otro, asumiendo que la información que estaba en el sistema antiguo era verdadera y fiable. Hoy día, vemos como salen rutinas de mantenimiento preventivo a equipos que no existen, rutinas donde se pide realizar una serie de actividades a un instrumento que no aplican, rutinas con materiales que no son los de ese instrumento, o sin materiales, rutinas con tiempos de ejecución muy cortos o largos, rutinas con poca o nada información del instrumento a intervenir... rutinas innecesarias, mal dimensionadas y diseñadas que lo único que generan es desperdicio de recurso valioso teniendo en cuenta la demanda actual de horas hombres que el sistema arroja.

2. MARCO TEORICO

2.1 INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

“Es el grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste. Es el conocimiento de la correcta aplicación de los equipos encaminados para apoyar al usuario en la medición, regulación, observación, transformación, ofrecer seguridad, etc., de una variable dada en un proceso productivo.”¹

Dependiendo de lo complejo del proceso, o lo vital que sea para la operación, es necesario un control para mantener ciertas variables dentro de sus límites y, garantizar así aspectos como la continuidad de la operación, la calidad de los productos, la seguridad de las personas y el medio ambiente, la integridad de los equipos, etc. En respuesta a ello, surge la instrumentación, permitiendo la automatización de los procesos a niveles donde con la sola interacción del hombre no podríamos llegar.

Algunas de las variables que consideramos a medir o controlar pueden ser las siguientes:

- Presión
- Temperatura
- Flujo (caudal)
- Nivel
- Humedad
- Peso
- PH
- Conductividad

Para determinar el valor o la magnitud de cualquier variable, se requiere de un instrumento que consta de un elemento sensor, un elemento transductor, un elemento indicador y/o transmisor. Algunas variables requieren elementos de

¹http://es.wikipedia.org/wiki/Instrumentación_industrial

procesamientos de datos y/o acondicionadores de señal, por lo complejo de la medición o la tecnología utilizada para ello.

2.2 HERRAMIENTAS PARA LA GESTION DEL MANTENIMIENTO

La evolución histórica que ha tenido la industria en el siglo XX, ha dado como resultado no solo cambios tecnológicos en los equipos, sino el surgimiento de nuevos enfoques organizacionales; de igual manera, ha dado lugar a muchas herramientas para el ingeniero de mantenimiento en el afán de lograr en su planta el mejor mantenimiento al menor costo. Son muchas las herramientas que podríamos mencionar, pero para nuestro caso particular nos enfocaremos en los que, previo análisis, determinamos son los que de alguna manera se ajustan a lo que se pretende con este proyecto de monografía.

2.2.1 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad –RCM

Esta metodología, fue diseñada inicialmente para la industria aeronáutica desde los años 70 debido a los altos costos derivados de la sustitución sistemática de piezas, lo cual amenazaba la rentabilidad de las empresas de aviación civil de la época.

RCM es “un proceso que sirve para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente²

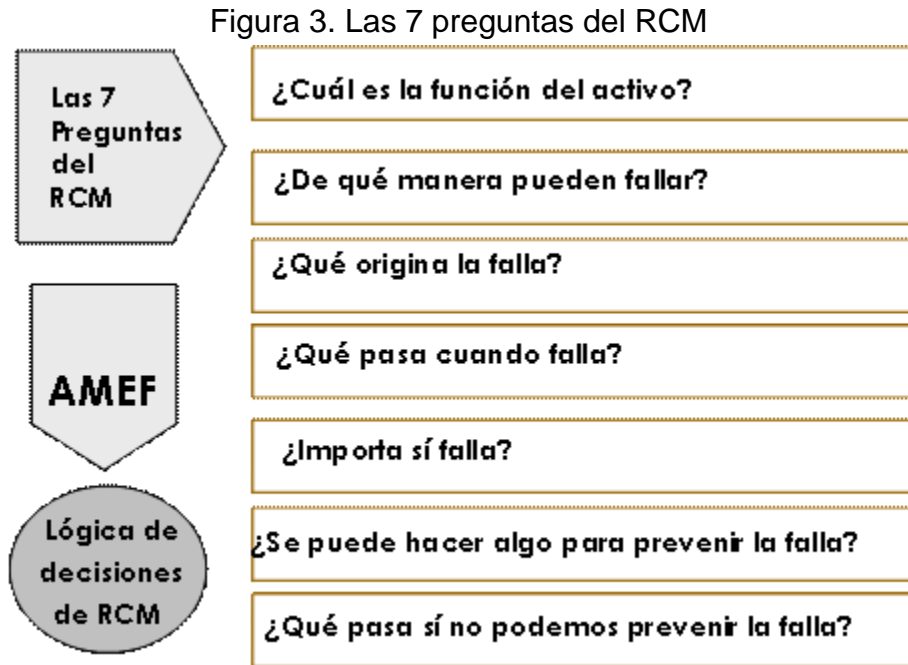
Su principal función es la de determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas de un activo y, el objetivo de su implementación es aumentar la disponibilidad y disminuir los costos por mantenimiento. El análisis de una planta según esta metodología aporta una serie de resultados:

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos y sistemas
- Analiza todas las posibilidades de falla.
- Desarrolla mecanismos para evitar los fallos.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad.

²AMENDOLA, Luis. Confiabilidad Operacional, capítulo 6 Mantenimiento RCM 2011

2.2.1.1 Metodología

La metodología RCM, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siete preguntas (ver figura 3).



Fuente: Confiabilidad Operacional, Aplicación del RCM, Luis Amendola

El éxito del proceso de implantación del RCM en la industria, dependerá básicamente del trabajo del equipo de RCM, el cual se encargará de responder las siete preguntas básicas.

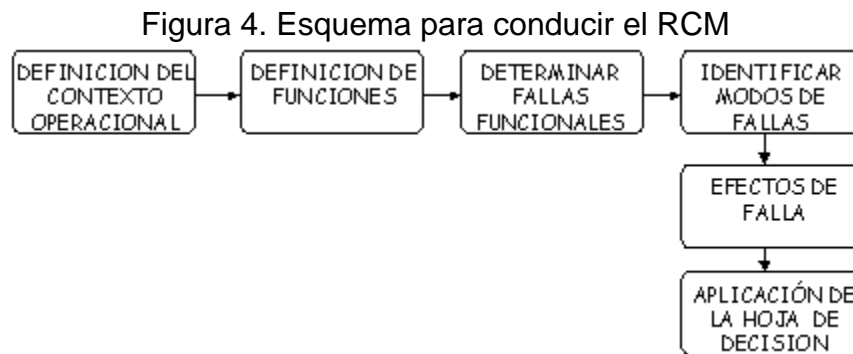
2.2.1.2 Herramientas claves

EL AMEF (Análisis de los Modos y Efectos de los Fallos) y el árbol lógico de decisión, constituyen las herramientas fundamentales que utiliza RCM para responder a las siete preguntas básicas:

- AMEF: (Análisis de los Modos y Efectos de Fallos): herramienta que permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallos de cada activo en su contexto operacional. A partir de esta técnica obtienen las respuestas a las preguntas 1, 2, 3, 4 y 5.

- Árbol lógico de decisión: Herramienta que permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía del RCM. A partir del árbol lógico de decisión se obtienen las respuestas a las preguntas 6 y 7.

En forma general, el esquema propuesto a utilizar para conducir el RCM, se resume en el siguiente diagrama de bloques (figura 4), que detalla los pasos a seguir:



Fuente: Confiabilidad Operacional, Aplicación del RCM, Luis Amendola

2.2.1.3 Beneficios de aplicar RCM

El RCM ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos años. Cuando se aplica correctamente produce los siguientes beneficios:

Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:

- Mejora en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada fallo antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de fallo que puedan afectar a la seguridad y, para las acciones "a falta de" que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas preventivas apropiadas.
- Menos fallos causados por un mantenimiento innecesario.

Mejores rendimientos operativos, debido a:

- Un mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de los fallos mediante la referencia a los modos de fallos relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.
- Menor daño secundario a continuación de fallos de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de los fallos).
- Intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cortas, más fáciles de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de "desgaste de rodaje" después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.
- La eliminación de elementos superfluos y como consecuencia los fallos inherentes a ellos.
- La eliminación y sustitución de componentes poco fiables.
- Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta, y el refrescamiento y fortalecimiento de las prácticas operativas de manera integral en plantas ya establecidas.

Mayor contención de los costes del mantenimiento, debido a:

- Menor mantenimiento rutinario innecesario.
- Mejor compra de los servicios de mantenimiento (motivada por el énfasis sobre las consecuencias de los fallos).
- La prevención o eliminación de los fallos costosos.
- Unas políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuanto a los equipos de reserva.
- Menor necesidad de contratar personal experto costoso, debido a que todo el personal tiene mejor conocimiento de la planta y de sus operaciones.
- Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición.

2.2.2 Optimización del plan de mantenimiento – PMO

Una vez la planta está en operación y empiezan a aparecer las fallas, la primera reacción es crear más tareas de mantenimiento, incrementar las frecuencias de las existentes y por tanto se inicia la duplicación de tareas, adicionalmente el personal de mantenimiento para demostrar que hace algo, crea y ejecuta tareas

que supuestamente van a prevenir fallas, pero que en realidad no tienen ningún propósito.

Los requerimientos del plan de mantenimiento exceden los recursos disponibles, se disminuyen las tareas preventivas, aparecen fallas prevenibles y el mantenimiento no planeado consume más horas hombre de las necesarias. El número de reparaciones temporales se salen de control, se generan costos extras relacionados con la conversión de estas reparaciones temporales a definitivas y/o se desperdician más recursos como consecuencia del olvido de los trabajos temporales que se han desarrollado.

El círculo vicioso de fallas, reparaciones temporales y disminución de mantenimiento preventivo gana protagonismo y se consolida.

Figura 5. Ciclo vicioso del mantenimiento reactivo



Fuente: OMCS internacional

Ante esta situación, surgen soluciones que proponen un enfoque de reducción de costos y recomiendan recortes de personal y presupuesto, lo cual sólo sirve para fortalecer el círculo vicioso e incrementar las horas hombre del mantenimiento. El resultado final, es un problema moral para el personal de mantenimiento y, un bajo desempeño de la planta.

Muchas organizaciones recurren a RCM para desarrollar un programa de mantenimiento con el objetivo de recuperar el control. En el panorama del círculo vicioso al que se ha llegado utilizar RCM como herramienta de análisis es altamente ineficiente, ya que consume cantidades excesivas de recursos valiosos y escasos para mantenimiento y operaciones.

El problema más común con los programas de mantenimiento de las plantas que no fueron diseñados sólidamente desde un principio, es que entre el 40% y 60% de las tareas de Mantenimiento Preventivo hacen muy poco por el desempeño de la planta. Las conclusiones de varios estudios de PMO son:

- Existen tareas duplicadas.
- Algunas tareas se hacen muy frecuentemente y otras muy tarde.
- Algunas tareas no generan beneficios.
- Algunas tareas son intrusivas o basadas en overhauls, cuando deberían ser basadas en condición.
- Se presentan muchas fallas que son costosas y fácilmente prevenibles.

Esto genera un dilema para el mejoramiento de la productividad, ya que por más que la planeación y la programación sean perfectas no ayudaran a mejorar un programa de mantenimiento que por sí mismo es ineficiente.

La recomendación para implementar todas las estrategias es asegurar que las decisiones se toman basadas en que PMO; es el medio para racionalizar todo el plan de mantenimiento y, así asegurar que existe valor agregado y que no hay duplicidad de tareas.

Se debe anotar que, un proceso de PMO deberá basarse en la criticidad de los sistemas de la planta. Dicha criticidad se puede obtener revisando la jerarquización de equipos o su priorización en la programación de trabajos y subdividiendo o, filtrando la información por sistemas y/o equipos para su análisis. Una vez se identifica y mide la criticidad de los sistemas, se enfoca en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización. Los sistemas críticos tienden a ser los que impactan la organización de la siguiente manera:

- Presentan riesgos altos para la seguridad y el medio ambiente.
- Presentan un impacto significativo en términos de costos y producción de la planta.
- Consumen mano de obra en exceso para ser operados y mantenidos.

Una vez se ha realizado el estudio de criticidad, esta es la base para determinar la prioridad en la que se analizaran los sistemas y el rigor de cada uno de los análisis.

2.2.2.1 Metodología

El proceso de PMO consta de nueve pasos, los cuales se describen a continuación:

- Paso 1: Recopilación de Tareas: PMO inicia recopilando o documentando el programa de mantenimiento existente (formal o informal) y subiéndolo a una base de datos. Es importante entender que el mantenimiento lo realiza un grupo amplio de personas, incluyendo los operadores. También es muy importante entender que en la mayoría de organizaciones no existe documentación formal; cuando esta situación se presenta simplemente se debe documentar lo que el personal ya ha estado haciendo.
- Paso 2: Análisis de Modos de Falla (FMA): En este paso se debe involucrar a todo el personal de la planta, se trabajará en equipos multidisciplinarios quienes se encargaran de identificar para qué modos de falla están enfocadas las tareas de mantenimiento.
- Paso 3: Racionalización y revisión del FMA: Ordenando la información por modos de falla hace más fácil la identificación de duplicación de tareas. La duplicación de tareas se presenta cuando al mismo modo de falla se le aplican varias rutinas de mantenimiento por parte de las diferentes especialidades, por parte de los operadores y por parte de los especialistas de monitoreo. En este paso el equipo de trabajo revisa los modos de falla resultado del FMA y agrega aquellos modos de falla faltantes. La lista de los modos se elabora con base en el historial de fallas, documentación técnica (usualmente diagramas de tubería e instrumentación - P&IDs) o simplemente con la experiencia del equipo de trabajo.
- Paso 4: Análisis Funcional: La función que se pierde con cada falla se puede determinar en este Paso. Este Paso es opcional y se justifica en caso de que se deban realizar análisis a equipos bastante críticos o muy complejos, en donde es esencial el entendimiento detallado de todas las funciones del equipo para el aseguramiento de un programa de mantenimiento sólido. Para aquellos equipos poco críticos o sistemas simples, la identificación de las funciones agrega tiempo y costo, más no beneficios tangibles.
- Paso 5: Evaluación de Consecuencias: En este Paso cada modo de falla es analizado para determinar si las fallas son ocultas o evidentes. Para aquellas fallas evidentes se realiza un análisis de riesgos y consecuencias operacionales.

- Paso 6: Definición de la Política de Mantenimiento: La filosofía moderna de mantenimiento se basa en la premisa que los programas de mantenimiento exitosos se enfocan más en las consecuencias de las fallas que en los activos en sí. En este Paso, cada modo de falla es analizado bajo los principios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y se establecen las políticas nuevas o revisadas de mantenimiento haciendo evidente lo siguiente:
 - Los elementos del programa actual de mantenimiento que son costo efectivos y los que no lo son, estos últimos deben eliminarse,
 - Que tareas serían más efectivas y menos costosas si fueran basadas en condición, en lugar de llevarlas a falla y viceversa,
 - Que tareas no aportan beneficios y deben ser eliminadas del programa,
 - Que tareas serían más efectivas si se realizaran bajo diferentes rutinas.
 - Que fallas se manejarían mejor por medio del uso de tecnología avanzada o simple.
 - Qué tipo de información se debe recolectar para predecir mejor el comportamiento del equipo durante su ciclo de vida.
 - Que fallas se deben eliminar con la ayuda de un Análisis de Causa Raíz (RCA)
- Paso 7: Agrupación y Revisión: Una vez el análisis de las tareas haya finalizado, el equipo de trabajo establece el método más eficiente y efectivo para administrar el mantenimiento de los activos teniendo en cuenta limitantes de producción y otros. En este paso es posible que haya transferencia de responsabilidades en la ejecución de las tareas de mantenimiento entre los especialistas de mantenimiento y los operadores para lograr eficiencia y ganancias en producción.
- Paso 8: Aprobación e Implementación: En este Paso, el resultado del análisis se presenta a la alta dirección para su revisión y comentarios. El equipo de trabajo realiza la presentación y muestra de forma detallada los cambios a implementar y su justificación. Una vez se ha aprobado el programa, inicia la etapa más importante, su implementación. La implementación es la etapa que consume más tiempo y en que se pueden presentar más dificultades. Es importante ejercer liderazgo y estar atento a los detalles para hacer de la implementación un éxito. Las dificultades en la implementación se incrementan considerablemente en organizaciones que cuentan con muchos turnos y en aquellas organizaciones conservadoras.

- Paso 9: Programa Dinámico: Durante el desarrollo de los Pasos 1 al 8, el proceso ha establecido una estructura racional y costo efectivo de plan de mantenimiento. En el “Programa Dinámico”, se consolida y se toma control de la planta, cuando se reemplaza el mantenimiento reactivo por uno planeado. De este punto en adelante el mejoramiento puede acelerarse fácilmente y los recursos que se liberan pueden enfocarse a corregir defectos de diseño o limitaciones inherentes a la operación. Durante este paso, varios de los procesos vitales de la Gestión de los Activos pueden afinarse mientras la rata de mejoramiento se acelera. La intención final de este Paso es la de crear una organización que busca continuamente su mejoramiento, para ello hay que crear conciencia de que es importante evaluar las garantías de todas las tareas y cada falla no planeada que se presente.

Para lograr las metas, es importante contar con personal capacitado en técnicas de análisis e igualmente contar con la motivación al personal por parte de la dirección para crear en el trabajador un sentido de pertenecía, de compromiso y de creatividad para mejorar su trabajo y optimizar costos de producción.

2.2.2.2 Beneficios de aplicar PMO

Dentro de los principales beneficios que podemos obtener de aplicar PMO en una planta tenemos los siguientes:

- Resultados en corto tiempo: Al partir de un plan de mantenimiento ya definido, se tienen unas tareas que se crearon previamente para “prevenir” o “anticipar” ciertos modos de falla que se tuvieron que haber definido, muy posiblemente en un taller RCM, y que requieren una validación y/o actualización teniendo en cuenta otros factores que no se tuvieron en cuenta en el análisis previo o que cambiaron con el pasar del tiempo. Por tanto, no se pierde tanto tiempo buscando todos los modos de falla del equipo y se puede avanzar más rápidamente en la consecución del objetivo.
- Retorno de la inversión a corto plazo: El recurso necesario para la realización de un PMO es escaso y normalmente está a la mano de la organización. No se requiere de un grupo de expertos ni grandes cantidades de tiempo en reuniones. Su implementación demanda principalmente compromiso por parte de las partes involucradas y sus efectos pueden ser tangibles a corto plazo.

- Flexibilidad: Permite analizar por separado los equipos en una planta, incluso por especialidades si se desea, permitiendo medir en menor tiempo los resultados para luego ser replicados en otras plantas y o equipos similares.
- Mejoras en la confiabilidad, mantenimiento y disponibilidad del equipo: Al basar el estudio en la historia y la experiencia que se tiene, se puede obtener un plan de mantenimiento más acertado a las necesidades operacionales del equipo, ya que se “ataca” las falencias detectadas en el plan de mantenimiento antiguo, que han dado lugar a fallas y puesto en duda la eficacia de sus intervenciones, para lograr una operación confiable y continua del activo.

2.2.3 Comparativo RCM Vs. PMO

RCM y PMO son dos productos completamente diferentes con el mismo objetivo: definir los requerimientos de mantenimiento de los activos. Sin embargo se debe entender que están diseñados para ser usados en situaciones totalmente diferentes. RCM fue diseñado para desarrollar el programa inicial de mantenimiento durante la etapa de diseño del ciclo de vida de los activos mientras que PMO ha sido diseñado para usarlo una vez los activos están en uso.

Como resultado PMO es un método de revisión mientras que RCM es un proceso de fundación. A pesar de que los dos generan como resultado el mismo programa de mantenimiento, PMO es un análisis mucho más efectivo y flexible que RCM, ya que inicia el trabajo desde un programa de mantenimiento razonablemente bueno y toma en cuenta la experiencia de operación y las características de falla de la planta.

A continuación revisaremos algunas diferencias metodológicas de cada una de estas herramientas:

- RCM genera una lista de los modos de falla desde un riguroso análisis de todas las funciones, después de considerar todas las posibles fallas funcionales y de una valoración de los modos de falla que se relacionan a cada falla funcional. RCM busca analizar todos los modos de falla en cada equipo del sistema a analizar. PMO genera una lista de modos de falla desde el plan de mantenimiento actual, de una evaluación del historial de fallas y de la revisión de la documentación técnica. PMO maneja una

cantidad mucho menor de modos de falla que RCM y llega a los modos de falla de manera más rápida.

- La experiencia en la Industria de Energía Nuclear de los Estados Unidos ha demostrado que en promedio PMO es seis veces más rápido que RCM en generar resultados.
- RCM no puede controlar o filtrar en qué momento son analizados los modos de falla, estos son analizado al azar, por ello un análisis de RCM requiere de la presencia de todos los especialistas durante su desarrollo. Con PMO es posible analizar las actividades de una especialidad en particular realizadas en un equipo o planta ya que PMO inicia su análisis desde las tareas actuales de mantenimiento, las cuales pueden ser filtradas por especialidad.
- El análisis de mantenimiento, como muchas otras inversiones, está sujeto a los rendimientos de la organización, por ello el uso de RCM en algunos casos resulta inconveniente, ya que su costo sólo permite un análisis limitado a las áreas cuello de botella de la planta. Debido a que PMO es mucho más económico que RCM, se pueden analizar muchos más equipos en la planta, incluyendo aquellos que representan ganancias pequeñas pero no insignificantes.
- En aquellas áreas en donde los modos de falla representan consecuencias de seguridad y al medio ambiente, el uso de PMO permitirá que estos se manejen mucho más rápido que usando RCM.

Figura 6. Diferencias metodológicas entre RCM y PMO



Fuente: Confiabilidad.net – optimización del plan de mantenimiento

2.3 CMMS - Computerized Maintenance Management Software

El software computarizado para la administración del mantenimiento (CMMS) se ha convertido en una poderosa herramienta para cualquier organización que pretenda implementar un plan de mantenimiento a sus equipos, activos y propiedades. Se trata de una gran base de datos de las operaciones de mantenimiento de la organización que permite la gestión de todas estas actividades de forma ordenada y controlada, la planificación y programación y llevar un registro de cada intervención que permita realizar consultas y reportes que sirvan para que el personal de mantenimiento evalúe resultados y tome decisiones.

Dentro de un contexto histórico CMMS ha evolucionado para integrarse con otras dependencias de la organización y así obtener el mejor provecho. Es así como podemos destacar 2 conceptos muy relacionados.

2.3.1 EAM – Administración de los activos corporativos

Además de mantener el enfoque original del CMMS, se agregan nuevas características:

- Gestión de mantenimiento en términos financieros
- Administración avanzada de repuestos
- Planeación y gestión de los recursos para el desarrollo de la actividad
- Planificación de rutas teniendo en cuenta la posición geográfica de los equipos
- Gestión de las condiciones operacionales del equipo para el monitoreo y análisis

2.3.2 ERP – Planeación de los recursos corporativos

Entre otros, y además de las características que integra el EAM, los sistemas ERP van más allá, involucrando todos los procesos corporativos, entre ellos recursos humanos, contabilidad, ventas y demás procesos administrativos. Ello los obliga a ser sistemas multiusuarios, con un sistema de seguridad de procesos avanzado que permite la operación de todos estos en tiempo real. Paralelamente surgen como una respuesta a los requerimientos de producción, por tanto su principal mercado son aquellas grandes empresas manufactureras las cuales necesitan integrar toda la operación para optimizar los procesos.

2.3.3 ELLIPSE

Es una solución diseñada por la compañía Australiana Mincom, la cual está enfocada especialmente en los sectores de la minería, la defensa, transporte y servicios públicos. Se considera como un sistema ERP totalmente integrado, que no evolucionó como lo hace la mayoría de este tipo de software, pasando de un sistema financiero a las áreas operativas, sino que tuvo un proceso inverso, lo cual es especialmente beneficioso en el sector de la minería. Está diseñado para asistir con:

- La operación día a día de organizaciones intensivas de capital.
- Un alto nivel de integración en lugar de interfaces.
- Entrega de una solución de negocios, abierta, flexible y modificable.
- Ganancias por la reducción de costos y optimización de los sistemas de gerencia.

Puede ser implementado como un sistema totalmente integrado, o como sub-sistemas individuales. Estos sub-sistemas cubren:

- Administración de Operaciones y Mantenimiento.
- Administración de Materiales.
- Administración Financiera.
- Administración de Recursos Humanos.
- Aplicaciones Plug – In

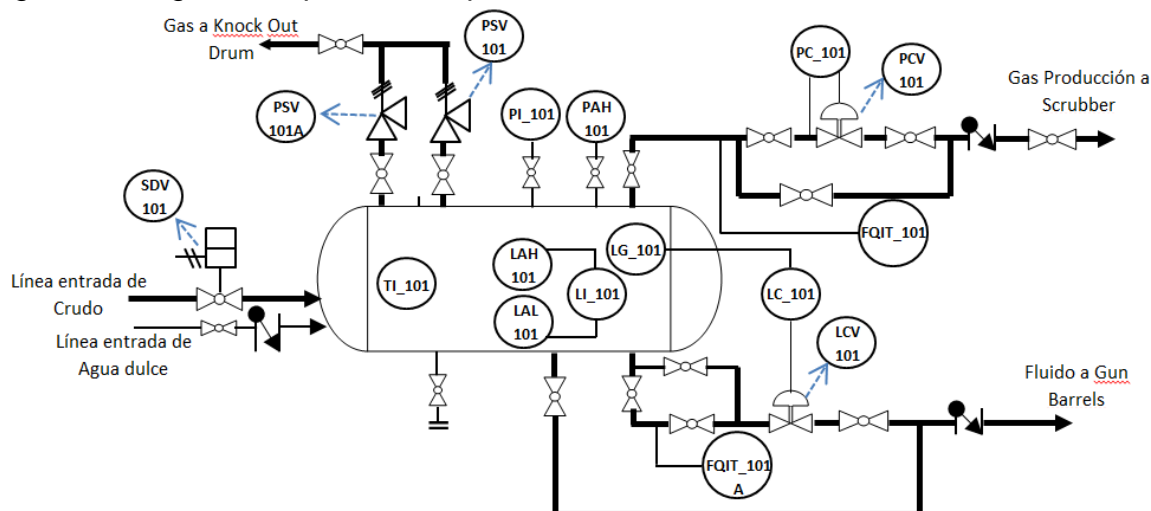
3. CONOCIMIENTOS PREVIOS

3.1 INVENTARIO DE EQUIPOS

Con el ánimo de hacer un estudio confiable se procede a realizar un levantamiento de información de componentes y diagrama para cada vasija objeto de estudio, de esta forma podemos entrar en contexto.

La batería Monal cuenta con un separador de pruebas y 4 separadores generales, los cuales se identifican con el TAG MDB-101 al 105. Todos los separadores generales tienen la misma capacidad y están instrumentados de la misma forma, por lo que para efectos de estudio se puede realizar un solo análisis.

Figura 7. Diagrama separador de pruebas MDB-101



Fuente: Información levantada en sitio

En la tabla 1, se lista cada uno de los componentes identificados en el diagrama junto con la información relevante del fabricante para futuras referencias en la revisión del estándar de trabajo.

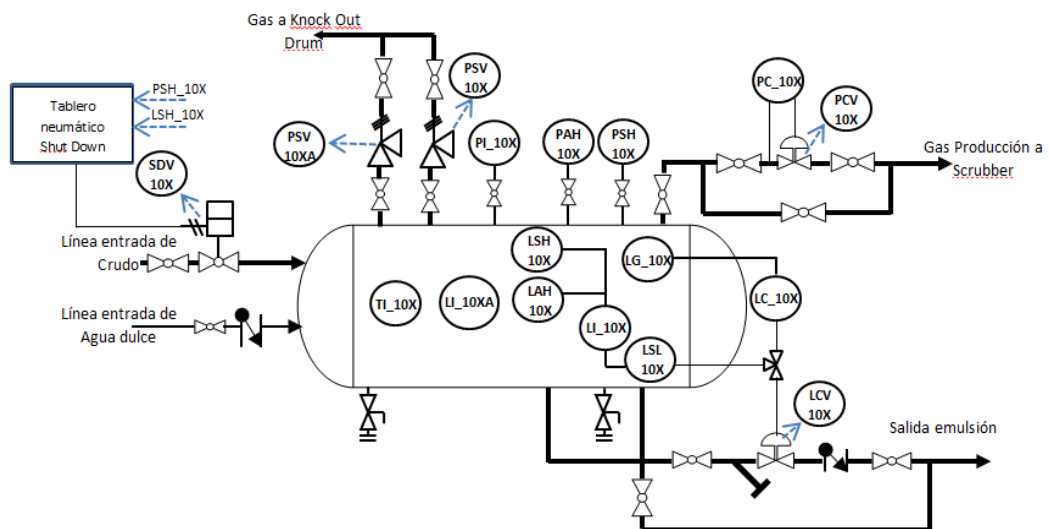
De igual manera, en la tabla 2, se mencionan cada uno de los componentes identificados en el diagrama separador general MDB-10X (ver figura 8), y en algunos casos específicos para cada separador, junto con la información relevante del fabricante para futuras referencias en la revisión del estándar de trabajo.

Tabla 1. Listado de componentes separador de pruebas MDB-101

TAG	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO
SDV_101	Válvula de shutdown.	BETTIS	CBA725-SR60
PSV_101	Válvula de seguridad 1	TELEDYNE	26JA10-120
PSV_101A	Válvula de seguridad 2	DRESSER	I905-00HC-1-CC-MS-31-RF-LA
PI_101	Indicador de presión	ASHCROFT	0-160 PSI
TI_101	Indicador de temperatura	ASHCROFT	0-200 °F
LI_101	Indicador de nivel	No indica	No indica
LSL_101	Shutdown por bajo nivel	FISHER	2100
LAH_101	Alarma por alto nivel	FISHER	2100E
PAH_101	Alarma por alta presión	ITT	101P42C3
PC_101	Controlador de presión	FISHER	4195KB
PCV_101	Válvula controladora de presión	FISHER	ACT: 657/40 S/N: 12073737 BODY: ET/2"
FQIT_101A	Transmisor indicador totalizador de flujo crudo	MICROMOTION	2700R12BBAEZZZ
LG_101	Sensor de nivel	FISHER	249V
LC_101	Control de nivel	FISHER	2502
LCV_101	Válvula controladora de nivel	FISHER	ACT: 667/45 S/N: 5994236 BODY:3" S/N: TO4074-9
FQIT_101	Transmisor indicador totalizador de flujo gas	MICROMOTION	2700R11EBASZAZ

Fuente: Información levantada en sitio

Figura 8. Diagrama separador generalMDB-10X



Fuente: Información levantada en sitio

Tabla 2. Listado de componentes separador general MDB-10X

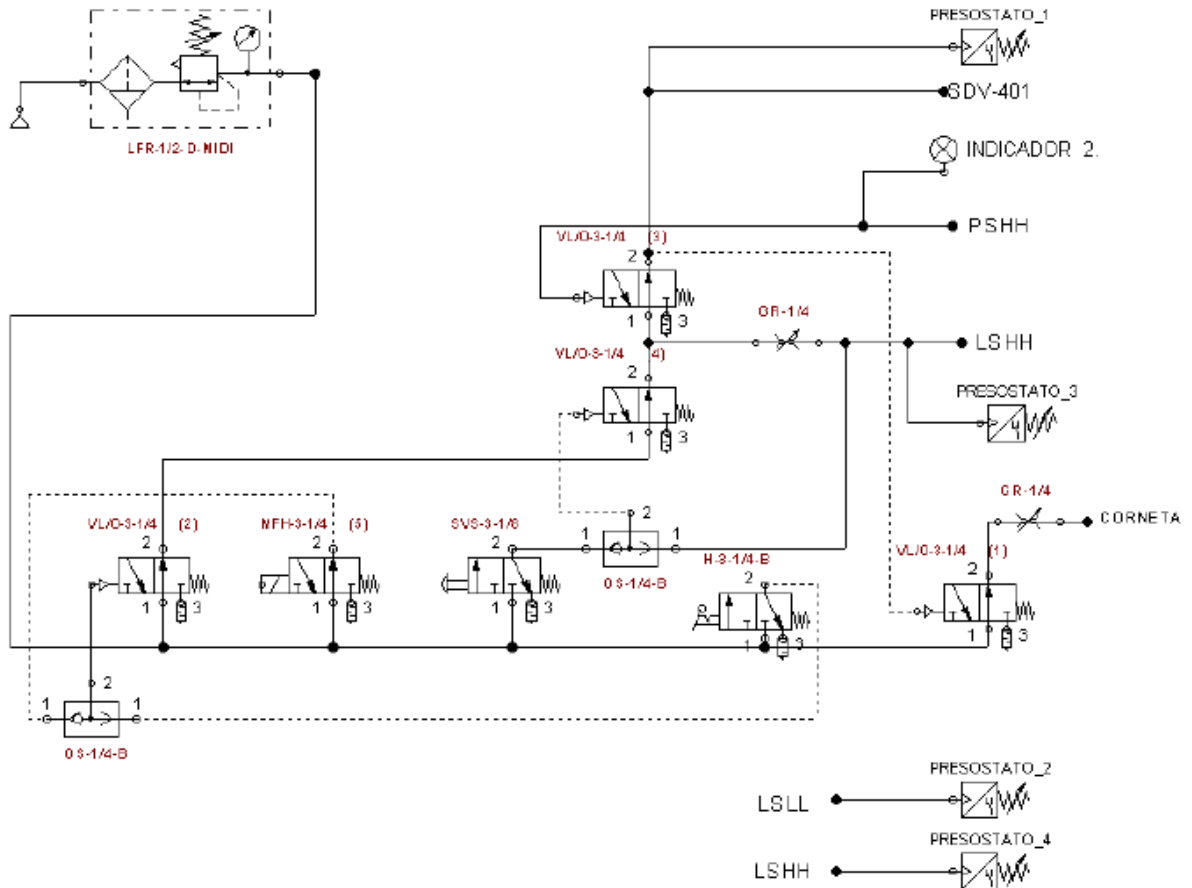
TAG	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO
SDV_10X	Válvula de shutdown.	BETTIS	722-SR80
PSV_10X	Válvula de seguridad 1	TELEDYNE - FARRIS	26GA10L – 120
PSV_10XA	Válvula de seguridad 2	TELEDYNE - FARRIS	26GA10L - 120
PI_10X	Indicador de presión	ASHCROFT	0-160 PSI
TI_10X	Indicador de temperatura	ASHCROFT	0-200 °F
LI_10X	Indicador de nivel 1	No indica	No indica
LI_10XA	Indicador de nivel 2	No indica	No indica
LSL_10X	Shutdown por bajo nivel	FISHER	2100
LAH_10X	Alarma por alto nivel	FISHER	2100E
LSH_10X	Shutdown por alto nivel	FISHER	2100
PAH_10X	Alarma por alta presión	CCS	6900GZEM16
PSH_10X	Shutdown por alta presión	FISHER	4660
PC_10X	Controlador de presión	FISHER	4150K
PC_105		FOXBORO	43APG-FA42N
PCV_102	Válvula controladora de presión	FISHER	ACT: 657/45 S/N 9438902
			BODY: 2" S/N 5994225
PCV_103		FISHER	ACT: 657/45 S/N 5993104
			BODY: 2" S/N 11589646
PCV_104		FISHER	ACT:657/45 S/N: 5993099
		BODY:ED/2"	
PCV_105	FISHER	ACT: 657/45 S/N 5994238	
		BODY: 2" S/N 5994236	
LG_10X	Sensor de nivel		244V
LC_10X	Control de nivel	FISHER	2900
LCV_102	Válvula controladora de nivel	FISHER	ACT: 667/45 S/N 15601132
			BODY: ED/4" S/N 13949872
LCV_103		FISHER	ACT: 667/46 S/N 7325543
			BODY: ED/4" S/N 13949873
LCV_104		FISHER	ACT: 667/46 S/N 5889849
		BODY: ED/4" S/N 13949871	
LCV_105	FISHER	ACT: 667/46 S/N 5089842	
		BODY: ED/4" S/N 14675111	

Fuente: Información levantada en sitio

Uno de los elementos esenciales de los separadores generales, que no puede ser analizado como un solo componente, es el tablero neumático de shutdown, el cual se encarga de regular, controlar y distribuir el aire a los instrumentos de seguridad

neumáticos. A continuación se presenta un plano que ilustra la forma como se compone y se relaciona con los otros instrumentos.

Figura 9. Tablero neumático separadores generales



Fuente: Elaborado por FESTO para Hocol S.A

El listado de partes se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3. Listado de partes tablero neumático

CANTIDAD	MODELO/REFERENCIA	DESCRIPCION
1	LFR-1/2-D-MIDI	Unidad de filtro y regulador
1	SVS-3-1/8	Válvula para panel frontal
2	OS-1/4-B	Enlace O
4	VL/D-3-1/4	Válvula neumática
1	OH-22-BL	Indicación de presión
4	PEV-1/4-B	Presostato
1	MFH-3-1/4	Electroválvula

1	GR-1/4	Válvula de estrangulación y anti retorno
1	H-3-1/4-B	Válvula de palanca manual
1	T-22-S	Pulsador reset para válvula SVS-3-1/8
10 mts	PUN-H-8x1,25-BL	Tubo de material sintético
4	U-1/4	SILENCIADOR

Fuente: Inventario elaborado por FESTO para Hocol S.A

3.2 TAXONOMIA DE EQUIPOS

Ecopetrol S.A tiene definida una taxonomía para los activos que cuentan con un plan de mantenimiento con el fin de que puedan ser referenciados y costeados en el sistema Ellipse (CMMS). Se maneja un diagrama en árbol que permite identificar los componentes de cada equipo y sus equipos o sistemas “padres”; cada uno de estos tendrá asociada una rutina de mantenimiento preventivo con un estándar de trabajo y un listado de partes y repuestos (si aplica).

El formato que se utiliza es el siguiente:

XXXXXXXXXXXX

Dónde:

- **X**: Hace referencia a la gerencia (anteriormente superintendencia).
- **XXX**: Hace referencia a el campo si se trata de equipos de producción. Si se trata de equipos de soporte a la producción, la primera letra permanece como X y las dos restantes describen el proceso asociado y el campo respectivamente.
- **XX**: Hace referencia a la clase y/o familia de equipos o sistemas.
- **XXXXXX**: Hace referencia al TAG o descripción del equipo, identificado por los operadores o programas de control de baterías.

En la figura 10 se presenta, para cada caso, la taxonomía que se maneja actualmente, la cual corresponde a la información migrada del antiguo software de mantenimiento gestionado por la anterior operadora.

Figura 10. Taxonomía equipos – sistema separación Monal

MMONUPMN	UNIDAD PRODUCTIVA MONAL
MMONUPTO	FUNCION DE TRATAMIENTO MONAL
MMONTRSG	SISTEMA SEPARACIÓN CRUDO - GAS MONAL
MMONYSSEP102	SEPARADOR BIFASICO MBD 102 BAT. MONAL
MECCE0199	TABLERO NEUMATICO TECHA 026
MICTL0173	CONTR. NEUMATICO NIVEL 2900
MICTL0187	CONTR. NEUMATICO PRESION 4150K
MISWT0631	SWITCH NIVEL FISHER 2100E SPDT
MISWT0649	SWITCH NIVEL FISHER 2100 DFDT
MISWT0678	SWITCH NIVEL FISHER 2100 DFDT
MISWT0739	SWITCH PRESION CUSTOM CONTROL 6900GZEM16
MISWT0857	SWITCH PRESION FISHER 4660
MWCV0400	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWCV0460	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWSV0222	VALVULA SEGURIDAD FARRISS 26GA10L-120
MWSV0239	VALVULA SEGURIDAD FARRISS 26GA10L-120
MWSV0306	VALVULA BOLA KLEIN
MTKPR0228	VASIJA SEPARADOR KLEIN
MMONYSSEP103	SEPARADOR BIFASICO MBD 103 BAT. MONAL
MECCE0200	TABLERO NEUMATICO TECHA 026
MICTL0174	CONTR. NEUMATICO NIVEL 2901
MICTL0188	CONTR. NEUMATICO PRESION 4150K
MISWT0632	SWITCH NIVEL FISHER 2100 DFDT
MISWT0650	SWITCH NIVEL FISHER
MISWT0666	SWITCH NIVEL FISHER 2100 DFDT
MISWT0740	SWITCH PRESION CUSTOM CONTROL 6900GZEM16
MISWT0859	SWITCH PRESION FISHER 4660
MITRP0322	TRMR PRESION MICROMETER DP 011-150-01
MWCV0401	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWCV0461	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWSV0223	VALVULA SEGURIDAD FARRISS 26GA10L-120
MWSV0240	VALVULA SEGURIDAD FARRISS 26GA10L-120
MWSV0307	VALVULA BOLA BETTIS 722-SR80 SERIE 4150L
MTKPR0229	VASIJA SEPARADOR KLEIN
MMONYSSEP104	SEPARADOR BIFASICO MBD 104 BAT. MONAL
MECCE0201	TABLERO NEUMATICO TECHA 026
MICTL0175	CONTR. NEUMATICO NIVEL 2900
MICTL0189	CONTR. NEUMATICO PRESION 4150
MIFEG0037	REGISTRADOR PRESION BARTON 202E
MISWT0633	SWITCH NIVEL FISHER 2100E SPDT
MISWT0651	SWITCH NIVEL FISHER 2100 DFDT
MISWT0677	SWITCH NIVEL FISHER 2100 DFDT SERIE 2100
MISWT0741	SWITCH PRESION CUSTOM CONTROL 6900GZEM16
MISWT0860	SWITCH PRESION FISHER 4660
MWCV0402	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWCV0462	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWSV0224	VALVULA SEGURIDAD FARRISS 26GA10L-120
MWSV0241	VALVULA SEGURIDAD FARRISS 26GA10L-120
MWSV0308	VALVULA BOLA BETTIS 722-SR80 SERIE 4150L
MTKPR0230	VASIJA SEPARADOR KLEIN
MMONYSSEP105	SEPARADOR BIFASICO MBD 105 BAT. MONAL
MECCE0202	TABLERO NEUMATICO TECHA 026
MIFEG0038	REGISTRADOR PRESION BARTON 202E
MISWT0634	SWITCH NIVEL FISHER 2100E SPDT
MISWT0652	SWITCH NIVEL FISHER 2100 DFDT
MISWT0667	SWITCH NIVEL FISHER 2100 DFDT
MISWT0742	SWITCH PRESION CUSTOM CONTROL 6900GZEM16
MISWT0861	SWITCH PRESION FISHER 4660
MWCV0403	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWCV0463	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWSV0225	VALVULA SEGURIDAD FARRISS 26GA10L
MWSV0309	VALVULA BOLA BETTIS 722-SR80 SERIE 4150L
MWSV0313	VALVULA SEGURIDAD FARRISS 26GA10L
MTKPR0231	VASIJA SEPARADOR KLEIN
MMONYSSEP101	SEPARADOR DE PRUEBAS MBD 101 BAT. MONAL
MECCE0193	TABLERO NEUMATICO TECHA 026
MICOM0005	COMPUTADOR FLUJO MICROMOTION NOC 105
MICTL0172	CONTR. NEUMATICO NIVEL 2502
MICTL0190	CONTR. NEUMATICO PRESION 4195KB
MILAN0075	SENSOR B38W AGAR PS-2034-20MA
MISWT0637	SWITCH NIVEL FISHER 2100E SPDT
MISWT0670	SWITCH NIVEL FISHER 2100E SPDT
MISWT0709	SWITCH PRESION NEO DYN 101P 4203
MITRF0058	TRMR FLUJO ROSEMOUNT 2700R11EBUS2AZ
MITRF0065	TRMR FLUJO MICROMOTION RFT9739ESSUJ
MWCV0399	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWCV0464	VALVULA DESLIZANTE FISHER 667
MWSV0226	VALVULA SEGURIDAD FARRISS 26JA10L-120
MWSV0242	VALVULA SEGURIDAD DESSER
MWSV0312	VALVULA BOLA BETTIS CBA 725-SR60
MTKPR0235	VASIJA SEPARADOR DISTRAL

Fuente: Árbol de equipos GDH Ecopetrol S.A

3.3 RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Los equipos objeto del presente estudio cuentan actualmente con rutinas de mantenimiento preventivo las cuales se “disparan” automáticamente y son lanzadas a programación según la disponibilidad del recurso (material y humano). La frecuencia para cada actividad y las tareas asociadas fueron definidas desde antes de la reversión, por lo que el trabajo que se ha hecho de revisión y validación ha sido nulo, a pesar de los evidentes y recurrentes problemas e inconformidades por parte del grupo técnico. Algunas rutinas tienen listado de repuestos (APL), pero en la mayoría de los casos no corresponden o no se necesitan.

3.3.1 Rutinas de mantenimiento MDB-101

Realizada la consulta en Ellipse tenemos lo siguiente:

Tabla 4. Rutinas de mantenimiento separador de pruebas 101

Item	TaskDescription	Freq	WorkGrp	Std Job
1	MPV1A COMPUTADOR FLUJO - GENERICA – GENERICO	336	MDCOM	SF0019
2	MPV1A CONTROLADOR NEUMATICO DE NIVEL - GENERI	336	MCDINS	SF0028
3	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA – GENERICO	336	MCDINS	SF0100
4	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA – GENERICO	336	MCDINS	SF0100
5	MPV1A SWITCH PRESION - GENERICA – GENERICO	336	MCDINS	SF0106
6	MPV1A TRMX FLUJO - GENERICA – GENERICO	336	MCDINS	SF0099
7	MPV1A TRMX FLUJO - GENERICA – GENERICO	336	MCDINS	SF0099
8	MPV1A VALVULA DESLIZANTE - GENERICA – GENERIC	336	MCDINS	SF0145
9	MPV1A VALVULA DESLIZANTE - GENERICA – GENERIC	336	MCDINS	SF0410
10	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - GENERICA – GENERICO	336	MCDINS	SF0444
11	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - GENERICA – GENERICO	336	MCDINS	SF0444
12	MPV1A VALVULA BOLA - GENERICA – GENERICO	336	MCDINS	SF0447
13	MPV1A VASIJA SEPARADOR - GENERICA – GENERICO	336	MCDINS	SF0154

Fuente: Ellipse

Para este caso se trata de 13 actividades que se ejecutan de forma anual (frecuencia de 336 días) por los frentes de instrumentación (MCDINS) y comunicaciones (MDCOM). Cada actividad tiene su estándar de trabajo (Stdjob) asociada, donde se listan las tareas para el desarrollo del mantenimiento; a su vez, cada Stdjob tiene asociado un APL y definidos unos tiempos para la ejecución, lo que permite programar y separar el recurso.

3.3.2 Rutinas de mantenimiento MDB-102

Realizada la consulta en Ellipse tenemos lo siguiente:

Tabla 5. Rutinas de mantenimiento separador general 102

Item	TaskDescription	Freq	WorkGrp	Std Job
1	MPV2A TABLERO NEUMATICO - GENERICA - SEPARADO	672	MCDINS	SF0091
2	MPV1A CONTROLADOR NEUMATICO DE NIVEL - GENERI	336	MCDINS	SF0028
3	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	336	MCDINS	SF0103
4	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	336	MCDINS	SF0103
5	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	336	MCDINS	SF0103
6	MPV1A VALVULA DESLIZANTE - GENERICA - GENERIC	336	MCDINS	SF0454
7	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - APOYO DE UNICORNIO	336	MCDINS	SF0191
8	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - APOYO DE UNICORNIO	336	MCDINS	SF0191
9	MPV1A VALVULA BOLA - GENERICA - GENERICO	336	MCDINS	SF0443

Fuente: Ellipse

Se puede observar nueve rutinas de mantenimiento preventivo, de las cuales una se dispara cada dos años (frecuencia 672 días) y las otras de forma anual.

3.3.3 Rutinas de mantenimiento MDB-103

Realizada la consulta en Ellipse se evidencian las rutinas de mantenimiento separador general 103 (ver tabla 6):

Tabla 6. Rutinas de mantenimiento separador general 103

Item	TaskDescription	Freq	WorkGrp	Std Job
1	MPV2A TABLERO NEUMATICO - GENERICA - SEPARADO	672	MCDINS	SF0091
2	MPV1A CONTROLADOR NEUMATICO DE NIVEL - GENERI	336	MCDINS	SF0028
3	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	336	MCDINS	SF0103
4	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	336	MCDINS	SF0103
5	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	336	MCDINS	SF0103
6	MPV1A TRMX PRESION - GENERICA - GENERICO	336	MCDINS	SF0107
7	MPV1A VALVULA DESLIZANTE - GENERICA - GENERIC	336	MCDINS	SF0452
8	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - GENERICA - GENERICO	336	MCDINS	SF0444
9	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - GENERICA - GENERICO	336	MCDINS	SF0444
10	MPV1A VALVULA BOLA - GENERICA - GENERICO	336	MCDINS	SF0393
11	MPV3M VASIJA SEPARADOR - GENERICA - BIFASICO	84	MCDINS	SF0155

Fuente: Ellipse

De este, se puede observar 11 rutinas de mantenimiento preventivo, de las cuales una se dispara cada dos años, una cada tres meses (frecuencia 84 días) y las otras de forma anual.

3.3.4 Rutinas de mantenimiento MDB-104

Realizada la consulta en Ellipse tenemos lo siguiente:

Tabla 7. Rutinas de mantenimiento separador general 104

Item	TaskDescription	Freq	WorkGrp	Std Job
1	MPV2A TABLERO NEUMATICO - GENERICA - SEPARADO	672	MCDINS	SF0091
2	MPV1A CONTROLADOR NEUMATICO DE NIVEL - GENERI	336	MCDINS	SF0028
3	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	336	MCDINS	SF0103
4	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	336	MCDINS	SF0103
5	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	336	MCDINS	SF0103
6	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - APOYO DE UNICORNIO	336	MCDINS	SF0191
7	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - APOYO DE UNICORNIO	336	MCDINS	SF0191
8	MPV1A VALVULA BOLA - GENERICA - GENERICO	336	MCDINS	SF0393

Fuente: Ellipse

Se puede observar ocho rutinas de mantenimiento preventivo, de las cuales una se dispara cada dos años y las otras de forma anual.

3.3.5 Rutinas de mantenimiento MDB-105

Realizada la consulta en Ellipse tenemos lo siguiente (ver tabla 8):

Tabla 8. Rutinas de mantenimiento separador general 105

Item	TaskDescription	Freq	WorkGrp	Std Job
1	MPV2A TABLERO NEUMATICO - GENERICA - SEPARADO	784	MCDINS	SF0091
2	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	392	MCDINS	SF0103
3	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	392	MCDINS	SF0103
4	MPV1A SWITCH NIVEL - GENERICA - SEPARADOR	392	MCDINS	SF0103
5	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - GENERICA - GENERICO	392	MCDINS	SF0444
6	MPV1A VALVULA BOLA - GENERICA - GENERICO	392	MCDINS	SF0446
7	MPV1A VALVULA SEGURIDAD - GENERICA - GENERICO	392	MCDINS	SF0444

Fuente: Ellipse

Se puede observar siete rutinas de mantenimiento preventivo, de las cuales una se dispara cada dos años (frecuencia de 784 días) y las otras de forma anual (frecuencia de 392 días).

3.3.6 Standard Job

Como vemos la mayoría de stdjob que aparecen en las rutinas de los componentes (tablas 4 al 8) son comunes, por lo que revisaremos la forma como se combinan y el recurso asignado para cada caso (ver tabla 9).

Tabla 9. Stdjob separadores batería Monal

STD JOB	DESCRIPCION COMPONENTE	SEP 101	SEP 102	SEP 103	SEP 104	SEP 105	RECURSO ASIGNADO	TIEMPO (HH)
SF0019	Computador de flujo	X	---	---	---	---	Instrumentista	6
SF0028	Controlador neumático de nivel	X	X	X	X	---	Instrumentista	6
SF0091	Tablero neumático	---	X	X	X	X	Instrumentista	6
SF0099	Transmisor de flujo	X	---	---	---	---	Instrumentista	6
SF0100	Switch de nivel	X	---	---	---	---	Instrumentista	4
SF0103	Switch de nivel	---	X	X	X	X	Instrumentista	6
SF0106	Switch de presión	X	---	---	---	---	Instrumentista	4
SF0107	Transmisor de presión	---	---	X	---	---	Instrumentista	4
SF0145	Válvula deslizante	X	---	---	---	---	Instrumentista	6
SF0154	Vasija separador	X	---	---	---	---	Instrumentista	4
SF0155	Vasija separador	---	---	X	---	---	Instrumentista	8
SF0191	Válvula de seguridad	---	X	---	X	---	Instrumentista Camión grúa con canasta	12
SF0393	Válvula de bola	---	---	X	X	---	Instrumentista Kit BETTIS, M:722-SR8	6
SF0410	Válvula deslizante	X	---	---	---	---	Instrumentista Kit FISHER, M:657	6
SF0443	Válvula de bola	---	X	---	---	---	Instrumentista	6
SF0444	Válvula de seguridad	X	---	X	---	X	Instrumentista	4
SF0446	Válvula de bola	---	---	---	---	X	Instrumentista Kit BETTIS, M:722-SR8	6

SF0447	Válvula de bola	X	---	---	---	---	Instrumentista Kit BETTIS, M:CBA725	6
SF0452	Válvula deslizante	---	---	X	---	---	Instrumentista	6
SF0454	Válvula deslizante	---	X	---	---	---	Instrumentista	6

Fuente: Ellipse

3.4 HISTORICO DE FALLAS

Los separadores generales son equipos vitales para la operación de la planta. La disponibilidad de cada uno de estos garantiza el buen manejo del fluido proveniente de pozos y da un espacio de maniobra ante una falla. Por otro lado el separador general es el principal medio para realizar las pruebas a pozos exigidas por el ministerio de minas y energía y da una idea del potencial actualizado del pozo, así que mantenerlo en línea se convierte en una prioridad para la compañía. Actualmente existen 2 formas para identificar las fallas reportadas a cualquiera de estos equipos. Una de ellas es mediante el reporte de falla que se carga en la herramienta SharePoint de Ecopetrol S.A; dichas fallas son motivo de estudio y validación por parte del grupo de confiabilidad, y dependiendo de la valoración de criticidad del evento se asignan acciones preventivas, o se realiza un taller 5W (5 por qué) o un RCA (análisis de causa raíz). Por otro lado tenemos las órdenes de trabajo correctivas que se crean en el CMMS Ellipse, lo cual nos puede dar una idea más clara de las diferentes fallas, ya que se trata de la herramienta principal para la atención de todas las actividades de mantenimiento; allí el que solicita la intervención registra las novedades que presenta el equipo y quien atiende reporta los hallazgos, las acciones necesarias para corregir el problema, el tipo de falla, el modo de falla, el componente que falla, etc.

3.4.1 Histórico SharePoint

Los reportes de falla en SharePoint que consultaremos corresponden a aquellos que se han cargado al departamento de mantenimiento de la gerencia de desarrollo y operaciones Huila – Tolima (GDH), a la cual pertenece la batería Monal.

El ingreso al SharePoint se hace a través de la intranet de Ecopetrol S.A, para ello debe contarse con un perfil de usuario autorizado. Es responsabilidad del supervisor del área o de turno cargar el reporte de todas las fallas que se

presenten en los equipos; aunque no es una práctica muy común y se ha dejado sólo para aquellos eventos que afectan equipos críticos e impactan a las personas, al medio ambiente o a la producción.

Realizada la consulta en esta herramienta sólo se encontró un evento registrado con afectación a los separadores de la batería Monal, tal como se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 10. Histórico de eventos SharePoint separadores batería Monal

Equipo	Descripción falla	Identificación falla	Valoración RAM*
Separador bifásico 102 batería Monal.	Se presenta shutdown en el separador 102 de la batería Monal. Técnico instrumentista atiende llamado y encuentra manguera de entrada de aire al panel neumático rota y presión de aire bajo. Se cambia manguera y se hace mantenimiento al regulador que presenta obstrucción. Se atiende con OT SF004479	Tipo: Inst y controles – IC	L - Bajo
		Parte: Manguera – MO096	
		Causa física: Fractura	
		Modo de falla: Rotura – BRD	
		Mecanismo de falla: Falla material – Estallido – MAT8	
		Método detección: Mtto correctivo – MTCO	
		Proceso: Mtto día a día - MDD	
Severidad: Menor - 5			

* En el anexo A se encuentra la matriz de valoración RAM que permite determinar dicho valor

Fuente: SharePoint – Reporte de fallos mantenimiento GDH

3.4.2 Histórico Ellipse

El sistema Ellipse nos permite realizar consultas por equipo para filtrar las órdenes de trabajo (OT) que se han creado para la atención de eventos. Para nuestro caso, nos interesa todas aquellas que son de tipo correctivo (CO) o correctivo basado en condición (CB), ya que unas corresponden a eventos que interfieren con la operación normal del equipo, y las otras surgen a raíz de mantenimientos preventivos y/o inspecciones que se realizan y tienen el potencial de generar una falla si no se corrige a tiempo.

Para el ingreso a Ellipse, también se requiere tener el software en el computador instalado y un perfil de usuario autorizado. La metodología actual de trabajo permite que sólo los líderes de mantenimiento de Ecopetrol S.A de cada campo puedan crear OT's, por lo que son ellos los encargados de validar la información que los supervisores plasman en las requisiciones de trabajo – Workrequest (WR). Por norma, ninguna actividad se ejecuta si no está al menos la WR creada, la cual posteriormente se convertirá en OT y, se podrá documentar y costear en el sistema.

Tabla 11. Histórico de eventos Ellipse separadores batería Monal

Equipo	Descripción OT	Tipo OT	Identificación falla*	Prioridad
Separador de pruebas MDB-101	Revisión separador de prueba Monal. OT_SF004705. "El visor no está indicando y la medición de gas es errónea."	CB	No presenta	Urgencia
	Cambio transmisor flujo sep 101. OT_SF004319. "Durante la calibración anual realizada... se encontró que el transmisor de flujo de crudo se encuentra en mal estado, por ello se requiere su cambio."	CO	Modo de falla: Pérdida de comunicación - CLW. Tipo de falla: Falla control – INS1. Causa de falla: Error operación – OPE2. Sistema: Control y monitoreo – CONMT. Parte: Tarjeta electrónica – IO160. Especialidad: Inst y controles – IC. Método detección: Inspección – INSP. Severidad: Local – 10	Urgencia
	Falla panel festo separador 101. OT_SF004168. "...Switch de reset del panel festo no está operando"	CO	No atendida. El separador no tiene activo el panel FESTO.	Urgencia
	Cambio transmisor de flujo sep 101. OT_SF000539. "Cambio de transmisor de flujo	CO	Modo de falla: Mal funcionamiento - FTF.	Normal

	del separador 101 de BATMON por daño...”		Tipo de falla: Desgaste – MAT4. Causa de falla: Desgaste normal – OPE4. Sistema: Control y monitoreo – CONMT. Parte: Transmisor – IO188. Especialidad: Inst y controles – IC. Método detección: Inspección – INSP. Severidad: Local – 10	
Separador general MDB-102	Cambio componentes panel festosep 102. OT_SF004506. “...El botón de reset presenta problemas, por lo que se requiere su kit de empaques...”	CB	No atendida. Pendiente por materiales.	Normal
	Revisar regulador de aire sep 102. OT_SF004479. “El regulador de aire del separador 102 está en falla...”	CO	Modo de falla: Mal funcionamiento - FTF. Tipo de falla: Desgaste – MAT4. Causa de falla: Desgaste normal – OPE4. Sistema: Controles – CONTR. Parte: Control de presión – IO036. Especialidad: Inst y controles – IC. Método detección: Mtto correctivo – MTCO. Severidad: Ningún efecto – 1	Urgencia
	Revisionválvula shut down sep 102. OT_SF003303.	NM	No presenta. La OT fue catalogada como	Urgencia

	<p>“Se requiere revisión de la instrumentación de la válvula de SDV del separador 102 la cual se esta quedando cerrada y el separador está fuera de servicio.”</p>		<p>No Mantenimiento (NM) y no tiene registro de la identificación de la falla.</p>	
	<p>Cambio regulador aire instsep 102. OT_SF002555. “Se requiere cambio del instrumento... El que hay instalado actualmente está obsoleto...”</p>	<p>CB</p>	<p>No ejecutada. Pendiente programar</p>	<p>Normal</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Separador general MDB-103</p>	<p>Falla en sep 103. OT_SF004518. “Revisar, reparar y dejar en funcionamiento el lazo de control de nivel ya que presenta problemas porque se queda la válvula de control cerrada...”</p>	<p>CO</p>	<p>Modo de falla: Mal funcionamiento - FTF. Tipo de falla: Falla control – INS1. Causa de falla: Mtto general – OPE. Sistema: Control y monitoreo – CONMT. Parte: Válvula – AO182. Especialidad: Inst y controles – IC. Método detección: Monitoreo continuo – MCCO. Severidad: Leve – 2</p>	<p>Urgencia</p>
	<p>Cambio componentes sep 103. OT_SF003884. “El separador ha venido presentando problemas por fugas y/o restricciones en algunos componentes...”</p>	<p>CB</p>	<p>No atendida. Pendiente por materiales.</p>	<p>Normal</p>
	<p>Corregir fuga válvula panel festosep 103. OT_SF002830. “...La válvula estranguladora asociada a la alarma por alto nivel de la vasija presenta obstrucción...”</p>	<p>CB</p>	<p>No atendida. Pendiente por materiales.</p>	<p>Normal</p>

	<p>Reparación/cambio control nivel sep 103. OT_SF002829.</p> <p>“...El control neumático de nivel del separador 103 requiere el kit de reparación para el relevador y cambio de los indicadores de presión...”</p>	CB	No atendida. Pendiente por materiales.	Normal
	<p>Reparar válvula control sep 103. OT_SF002828.</p> <p>“...Las partes duras de la válvula de control del separador 103 de Monal se encuentran desgastadas lo que produce pase...”</p>	CB	No atendida. Pendiente por materiales.	Normal
	<p>Cambio regulador aire instsep 103. OT_SF002556.</p> <p>“Se requiere cambio del instrumento... El que hay instalado actualmente está obsoleto...”</p>	CB	No atendida. Pendiente por materiales.	Normal
Separador general MDB-104	<p>Cambio regulador aire instsep 104. OT_SF002557.</p> <p>“Se requiere cambio del instrumento... El que hay instalado actualmente está obsoleto...”</p>	CB	No atendida. Pendiente por materiales.	Normal
	<p>Shutdown por control de nivel sep 104. OT_SF000647.</p>	CO	<p>Modo de falla: Mal funcionamiento - FTF.</p> <p>Tipo de falla: Señal errónea – INS3.</p> <p>Causa de falla: Error mtto – OPE3.</p> <p>Sistema: Controles – CONTR.</p> <p>Parte: Control de nivel – IO035.</p> <p>Especialidad: Inst y controles – IC.</p> <p>Método detección: Interferencia</p>	Urgencia

			producción – INPO. Severidad: Ningún efecto – 1	
Separador general MDB-105	Cambio regulador aire instsep 104. OT_SF002713. “Se requiere cambio del instrumento... El que hay instalado actualmente está obsoleto...”	CB	No atendida. Pendiente por materiales.	Normal
	Diagnostico – Habilitar válvula seguridad sep 105. OT_SF001828. “Una de las PSV's del separador se encuentra fuera de servicio por quedar disparada después de un evento...”	CO	Modo de falla: Mal funcionamiento - FTF. Tipo de falla: Corrosión – MAT2. Causa de falla: Error operación – OPE2. Sistema: Válvula y actuador – VALAC. Parte: Válvula – IO196. Especialidad: Inst y controles – IC. Método detección: Mtto correctivo – MTCO. Severidad: Menor – 5	Normal

* En el anexo B se encuentra la tabla para la identificación de fallas de Ecopetrol S.A

Fuente: Ellipse

3.4.3 Análisis de fallas

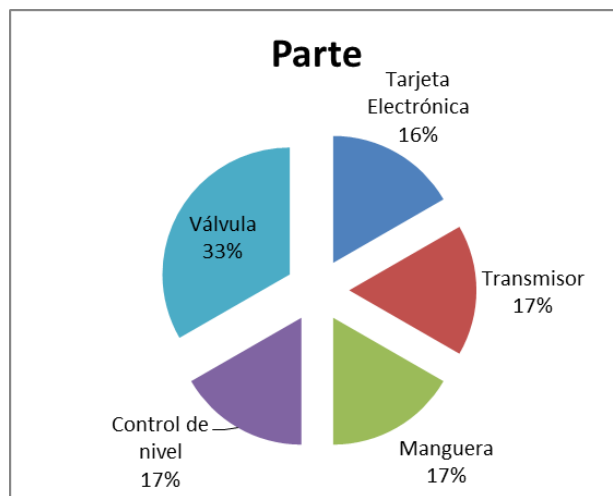
La información revisada corresponde a lo que se ha registrado durante los últimos dos años de operación del campo, tiempo durante el cual se ha venido trabajando en la caracterización de los equipos, por el cambio de sistema de gestión del mantenimiento, y en la cultura de reportar las fallas y generar órdenes de trabajo para la atención de cualquier evento, lo cual nos brinda algo de material para el análisis. El evento reportado en el SharePoint también se encuentra reportado en el Ellipse, sólo que con información distinta. Teniendo en cuenta que el reporte en el SharePoint lo carga el supervisor, tomaremos dicha información como válida y descartaremos la cargada en el Ellipse.

Podemos considerar tres aspectos importantes para resaltar en este ejercicio. El primero es la parte que falla, lo cual nos permite identificar malos actores y trabajar los aspectos de mantenimiento a que tenga lugar. El segundo es la causa de la falla reportada, lo que nos permite conocer el elemento originador y establecer una estrategia para prevenir en lo posible que vuelvan a ocurrir. El tercero es el modo de falla, que de alguna manera enlaza los anteriores y desde el punto de vista de mantenimiento permite determinar las acciones necesarias sobre el equipo para que no falle. Todos ellos se encuentran definidos por Ecopetrol S.A y los podemos ver en el anexo B del presente documento, para lo cual el técnico y/o supervisor tendrían que entrar a definir la que más se ajusta al evento.

3.4.3.1 Partes que fallan

Como se ve en la figura 11, no existe un componente específico que falle más que otros, sin embargo, al contextualizar la falla en el equipo y revisar a fondo la documentación del técnico durante la intervención hecha, se puede evidenciar que un 33,3% de las fallas reportadas están asociadas a fugas u obstrucciones en el sistema de aire, otro 33,3% a eventos con los transmisores de flujo del separador de pruebas y los restantes a fallas asociadas con los mecanismos del control de nivel y válvula de seguridad.

Figura 11. Partes que falla sistema de separación batería Monal



Fuente: Ellipse

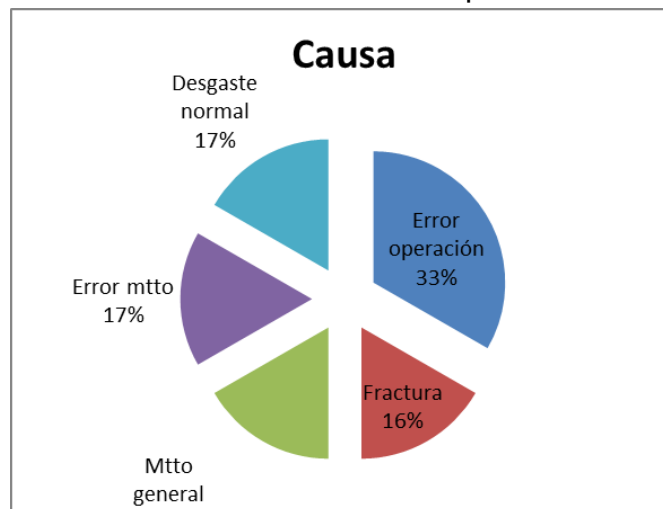
En este punto es de aclarar que son muchas las fallas que no se reportan o no quedan registradas en el Ellipse como deberían. Según la información suministrada por los técnicos de campo, el 70% de los llamados que se atienden

son por fugas en el tablero neumático. Mangueras, válvulas neumáticas de 2 y 3 vías y el regulador de presión son los principales componentes que fallan.

3.4.3.2 Causas de fallas

En este caso, como vemos en la figura 12, no hay convergencia en torno a alguna causa en específico, sólo “error de operación” tiene un porcentaje mayor que las otras, lo cual genera cierto interrogante sobre el análisis que se hace de la falla por parte de quien la reporta, el conocimiento que tiene sobre el manejo de la información suministrada y/o la asertividad en la información que se tiene estandarizada para el reporte de fallas. Es claro que todo esto va de la mano con el entrenamiento y el compromiso que tenga el técnico y supervisor en el proceso de mejora continua del mantenimiento para garantizar la confiabilidad del sistema y la disponibilidad de los equipos.

Figura 12. Causas de falla sistema de separación batería Monal

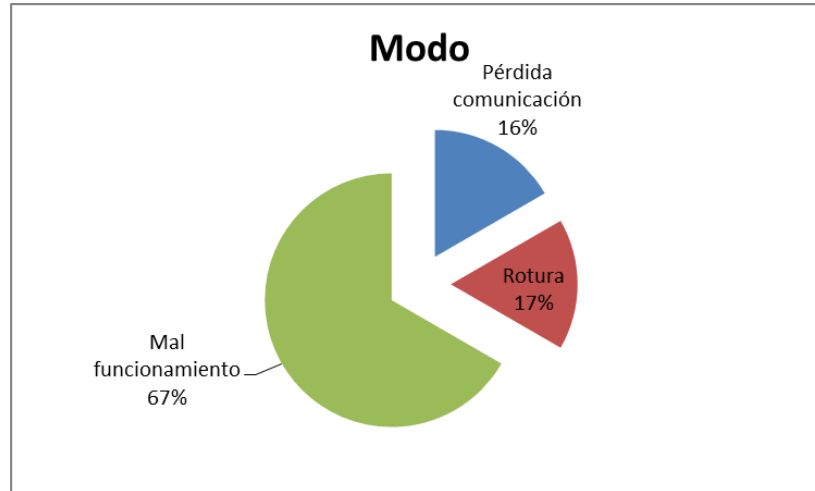


Fuente: Ellipse

3.4.3.3 Modos de fallas

En la figura 13 se puede observar como modo de falla predominante “mal funcionamiento”, lo cual es muy general y no facilita el tomar acciones específicas para controlarlo.

Figura 13. Modos de falla sistema de separación batería Monal



Fuente: Elipse

La mayoría de los modos de falla que tiene Ecopetrol S.A para el reporte de falla no entregan una descripción precisa que permita identificar la causa de la falla; son de uso general para cualquier sistema, lo cual deja por fuera mucho nivel de detalle necesario para un análisis. Esa información ya se encuentra estructurada en el Elipse y requiere de un amplio trabajo documental para poderlo cambiar.

Algunos modos de falla concretos que podrían ser comunes para el sistema de separación son los siguientes:

- Válvula cerrada por baja presión
- Válvula abierta por sobrepresión
- Válvula obstruida con sedimentos
- Medidor obstruido con sedimentos
- Control obstruido con sedimentos
- Válvula abierta por pase interno
- Medidor desajustado por manipulación
- Control desajustado por manipulación

4. MODELO PROPUESTO

4.1 OPTIMIZACION DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Tal como se había anticipado se pretende realizar una optimización a las rutinas de mantenimiento de los separadores de crudo en la batería Monal, razón por la cual se realizó un levantamiento previo de información que nos permitiera acercarnos a lo que actualmente se tiene para identificar las falencias y poder realizar una propuesta que contribuya a la disminución de tiempos y recursos. Iniciaremos por hacer una revisión y ajustes a las actividades de mantenimiento propuestas en el estándar de trabajo, por lo cual explicaremos de forma breve cual era y cuál sería el nuevo alcance, definido y acordado con los instrumentistas del área y el soporte de la documentación técnica necesaria. Posteriormente revisaremos como quedarían los nuevos tiempos para la ejecución de la actividad, el recurso humano y material necesario.

4.1.1 Actividades de mantenimiento

Dentro de los estándares de trabajo viene un paso a paso para que el técnico encargado de realizar la actividad pueda de forma rápida y organizada conocer el alcance del mantenimiento que va a realizar. Sin embargo, dicho paso a paso no siempre está ajustado al instrumento, a las condiciones de operación o del proceso, por lo cual en la mayoría de los casos no aplica como ruta de trabajo y suele ser obviado. Analizaremos uno a uno los estándares involucrados tratando de encontrar las falencias y desviaciones para tener en cuenta a la hora de materializar los cambios.

4.1.1.1 SF0019 – MP1A computador de flujo

Se trata de una rutina de mantenimiento preventivo anual que para este caso sólo aplica para el separador de prueba, ya que estos son los únicos que tienen instrumentos de medición de flujo; uno para medir flujo de gas y otro para medir flujo de crudo. La tecnología con que se cuenta son medidores másicos tipo coriolis, para lo cual se tiene que el elemento sensor hace parte de la línea del proceso y el elemento transductor/transmisor se encuentra en un soporte conectado a los cables de alimentación y señal provenientes del cuarto de control.

Recientemente por un cambio de tecnología en la medición, el computador de flujo (NOC – net oilcomputer) que se tenía instalado quedo obsoleto y por tanto inactivo. A continuación veremos el paso a paso con que cuenta el estándar:

- INFORME AL OPERADOR QUE VA A INTERVENIR EL COMPUTADOR DE FLUJO
- DESCONECTE Y BLOQUEE ELECTRICAMENTE EL EQUIPO
- VERIFIQUE LA EXISTENCIA DE PRECINTOS O SELLOPLASTICOS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA EN EL EQUIPO, DESATELOS, REGISTRELOS EN EL PERMISO DE TRABAJO Y ENTREGUELOS AL OPERADOR (API-MPMS-Capitulo 21)
- RETIRE LA CARCAZA DEL COMPUTADOR DE FLUJO
- CON UN SOPLADOR INDUSTRIAL LIMPIE EL POLVO EN EL INTERIOR DEL EQUIPO
- AJUSTE BORNES Y CONEXIONES
- INSPECCIONE INTERNAMENTE PARA ENCONTRAR BORNES SULFATADOS Y PRESENCIA DE HUMEDAD
- RETIRE OBJETOS EXTRAÑOS QUE ENCUENTRE INTERNAMENTE
- VAYA AL TABLERO DONDE SE CAPTURAN LAS SEÑALES DE CAMPO
- RETIRE LA TAPA FRONTAL Y CON SOPLADOR INDUSTRIAL LIMPIE EL POLVO EN EL INTERIOR DEL TABLERO
- CON UN BORNERO AJUSTE LAS BORNERAS Y CONTACTOS SIN SOBREPASARLOS
- INSPECCIONE INTERNAMENTE PARA ENCONTRAR BORNES SULFATADOS Y PRESENCIA DE HUMEDAD
- INSTALE NUEVAMENTE LA TAPA DEL TABLERO DE CONEXIONES EN CAMPO
- ENERGICE EL EQUIPO COMPLETAMENTE Y HAGA PRUEBAS DE CORRECTO FUNCIONAMIENTO
- VERIFIQUE LA CORRECTA MEDICION DE TODOS LOS TRANSMISORES DE PRESION DE LA UNIDAD QUE ESTAN CONECTADOS AL COMPUTADOR DE FLUJO Y LA CONCORDANCIA DE LOS DATOS TANTO EN EL CAMPO COMO EN EL CUARTO DE CONTROL
- VERIFIQUE LA CORRECTA MEDICION DE TODOS LOS TRANSMISORES DE TEMPERATURA DE LA UNIDAD QUE ESTAN CONECTADOS AL COMPUTADOR DE FLUJO Y LA CONCORDANCIA DE LOS DATOS TANTO EN EL CAMPO COMO EN EL CUARTO DE CONTROL
- INFORME AL OPERADOR QUE EL EQUIPO QUEDA EN SERVICIO

Se evidenció que el paso a paso, aplica para el computador de flujo de la unidad LACT, la cual tiene asociada una serie de transmisores de presión y temperatura por brazo para compensar la medición del flujo. Esta rutina debe inactivarse en el equipo separador de prueba 101.

4.1.1.2 SF0028 – MP1A controlador neumático de nivel

Rutina de mantenimiento preventivo anual que se debe ejecutar en todos los separadores. El control de nivel es clave para la separación del crudo del gas, dando un tiempo de retención del fluido en la vasija de forma tal que el gas libre sea separado. Su correcta operación garantiza que el nivel del fluido se mantenga y no se generen bajos niveles, que no permitiría una buena separación, ni altos niveles, que dará lugar a shutdown para evitar el paso de fluido por la línea de gas

y posible presurización de la vasija. A continuación el paso a paso de actividades con que cuenta el estándar:

- [] CON EL OPERADOR PONGA LA VASIJA ASOCIADA AL CONTROLADOR DE NIVEL FUERA DE SERVICIO
- [] BAJE EL NIVEL DE FLUIDO DE LA VASIJA HASTA QUE ESTE POR DEBAJO DE LA BOCA DE INSERCIÓN DEL CONTROLADOR DE NIVEL
- [] DESPRESURISE COMPLETAMENTE LA VASIJA
- [] CIERRE EL SUMINISTRO DE AIRE DE ALIMENTACIÓN AL CONTROLADOR DE NIVEL
- [] RETIRE EL CONTROLADOR DE LA VASIJA, LIMPIE EL FLOTADOR CON SOLVENTE E INSPECCIONE SU ESTADO
- [] LIMPIE Y LUBRIQUE PARTES MÓVILES DEL CONTROLADOR DE NIVEL
- [] INSTALE EL CONTROLADOR EN LA VASIJA Y AJUSTE LOS TORNILLOS DE FORMA QUE SE GARANTICE QUE NO EXISTAN FUGAS DE FLUIDO.
- [] PRESURICE LA VASIJA E INSPECCIONE QUE NO EXISTAN FUGAS DE GAS O DE FLUIDO POR EL ACOPLAMIENTO DEL CONTROLADOR DE NIVEL
- [] NORMALICE CON EL OPERADOR LA CONDICIÓN DE OPERACIÓN DE LA VASIJA
- [] REALICE PRUEBAS FUNCIONALES AL DESEMPEÑO DEL CONTROLADOR DE NIVEL

El paso a paso se observa acertado para el tipo de instrumento que se tiene instalado. Cabe resaltar que la referencia que se tiene es obsoleta, por lo que no sería fácil conseguir un kit de reparación; durante el mantenimiento se realizaría los hallazgos y posteriormente ingeniería podrá evaluar la posibilidad de actualizar la tecnología del instrumento por una equivalente y vigente. Se puede agregar algunos aspectos relacionados con seguridad de proceso en lo que respecta al bloqueo de la vasija y facilidades que puedan quedar expuestas y generen algún tipo de contaminación. Se estima 2 horas efectivas o llave en mano para la ejecución de la actividad con una pareja de instrumentistas (4 HH – horas hombre). Actualmente el separador 105 no tiene una rutina de mantenimiento activa para estos instrumentos, por lo que debe incluirse.

4.1.1.3 SF0091 – MP2A Tablero Neumático

Rutina de mantenimiento preventivo bienal, que aplica para los tableros y/o paneles neumáticos de los separadores. Actualmente el único separador que no tiene tablero neumático activo es el de pruebas 101. Se encarga de mantener en línea el separador garantizando que en operación normal la válvula de shutdown a la entrada de la vasija permanezca abierta, por lo que garantizar su correcta operación es crucial. Al revisar el histórico de fallas se puede observar que la mayoría está asociada a este componente, sin embargo tiene la periodicidad más extensa y no cuenta con ningún listado de repuestos (APL). A continuación el paso a paso de actividades con que cuenta el estándar:

- [] CON EL OPERADOR SAQUE DE SERVICIO LA VASIJA ASOCIADA AL TABLERO NEUMÁTICO DE SHUTDOWN
- [] RETIRE LOS TORNILLOS Y ABRA EL TABLERO NEUMÁTICO DE SHUTDOWN
- [] CON EL TABLERO PRESURIZADO IDENTIFIQUE FUGAS DE AIRE POR RACORES O VALVULAS NEUMÁTICAS DE DOBLE VÍA, EN CASO DE EXISTIR REEMPLÁSE EL ACCESORIO DAÑADO.
- [] BLOQUEE EL SUMINISTRO DE AIRE Y DESPRESURIZE EL TABLERO.
- [] REEMPLACE COMPLETAMENTE LAS MANGUERAS NEUMÁTICAS DEL TABLERO. (TENGA CUIDADO DE NO INTERCAMBIAR LAS SEÑALES NEUMÁTICAS)
- [] PRESURICE EL TABLERO Y VERIFIQUE QUE NO EXISTAN FUGAS DE AIRE POR NINGUNA CONEXIÓN.
- [] CIERRE Y COLOQUE LOS TORNILLOS DE LA TAPA
- [] REALICE PRUEBA FUNCIONAL DEL TABLERO DE SHUTDOWN Y VERIFIQUE SU CORRECTA OPERACIÓN.
- [] CON EL OPERADOR DE LA BATERIA NORMALICE LA OPERACIÓN DE LA VASIJA

En vista de que se trata de un componente crítico, es recomendable crear una rutina trimestral para hacer una verificación de la operación del sistema e identificación de fugas, drenar el regulador y las líneas de aire asociadas; ello requiere de una pareja de instrumentistas por un tiempo de 1.5 horas (3 HH).

La actual rutina debe pasar a una periodicidad anual e incluir el mantenimiento al regulador de aire. Para ello se debe incluir en el APL el kit de mantenimiento del regulador, la manguera para las señales neumáticas y los kit de reparación de las válvulas FESTO; el recurso humano y tiempo estimado se puede conservar como actualmente está (6 HH). Para el desarrollo e implementación de las recomendaciones aquí plasmadas, y con el ánimo de estandarizar, es necesario garantizar que todos los tableros utilicen el mismo diámetro de manguera, la misma referencia de regulador de aire y cuenten con los mismos componentes, ya que eso facilita la catalogación y elaboración de un solo estándar.

4.1.1.4 SF0099 – MP1A transmisor de flujo

Rutina de mantenimiento preventivo anual para el transmisor de flujo; aplica para el separador de pruebas 101, que como ya se mencionó cuenta con dos medidores de flujo másico tipo coriolis (gas y crudo). Ecopetrol S.A cuenta actualmente con un contrato macro de calibración de instrumentos con una empresa externa, lo cual incluye todos aquellos instrumentos utilizados para medición, fiscalización y puesta en custodia que deban tener un plan de calibración por norma y/o recomendación del ministerio de minas y energía. Estos medidores se encuentran dentro de ese plan, ya que es importante garantizar que el potencial de prueba entregado sea el más acertado posible, pues dicha

información es base para la proyección de producción de la compañía. A continuación el paso a paso de actividades con que cuenta el estándar:

**** PARA TRANSMISORES DE FLUJO BASADOS EN EL PRINCIPIO DE PRESIÓN DIFERENCIAL ****

- [] COLOQUE EN MANUAL EL LAZO DE CONTROL LIGADO AL TRANSMISOR DE FLUJO
- [] LIMPIE CON SOLVENTE LAS LINEAS Y TUBBING DE SEÑAL DEL PROCESO
- [] VERIFIQUE LA EXISTENCIA DE PRECINTOS O SELLOS PLÁSTICOS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA EN EL EQUIPO, DESATELOS, REGISTRELOS EN EL PERMISO DE TRABAJO Y ENTREGUELOS AL OPERADOR (API-MPMS-Capítulo 21)
- [] DESARME Y LIMPIE LAS CÁMARAS ALTA (H) Y BAJA (L) DEL TRANSMISOR
- [] LIMPIE LOS DIAFRAGMAS DE ALTA (H) Y BAJA (L) CON SOLVENTE Y SIN SOBREPRESIONARLOS
- [] INSPECCIONE LA SUPERFICIE DE LOS DIAFRAGMAS DE ALTA (H) Y BAJA (L) PARA HALLAR DEFECTOS
- [] ARME NUEVAMENTE LA PARTE DEL SENSOR DEL TRANSMISOR
- [] CON BOMBA HIDRÁULICA Y MANÓMETRO PATRÓN DETERMINE EL SPAN ACTUAL DEL TRANSMISOR
- [] IDENTIFIQUE Y CONSIGNE LA PRESIÓN DEL PROCESO Y LA ESCALIZACIÓN DEL CONTROLADOR
- [] CON BOMBA HIDRÁULICA Y MANÓMETRO PATRÓN APLIQUE LA PRESIÓN DE SPAN
- [] CON EL EQUIPO FLUKE 744 ALIMENTE EL TRANSMISOR Y REALICE PRUEBAS DE CALIBRACIÓN
- [] SI ES NECESARIO USE EL MODO HART DEL FLUKE 744 PARA CALIBRAR EL TRANSMISOR
- [] INSPECCIONE EL HOUSING DE CONEXIONES E IDENTIFIQUE SI TIENE HUMEDAD
- [] IDENTIFIQUE CUALQUIER FILTRACIÓN DE HUMEDAD Y CORRÍJALA
- [] LIMPIE CON AEROSOL LOS CONTACTOS ELÉCTRICOS DEL TRANSMISOR
- [] CONÉCTELO ELÉCTRICAMENTE Y SEGÚN EL FLUJO REAL DEL PROCESO VERIFIQUE LA SEÑAL
- [] AJUSTE LOS BORNES DE CONEXIÓN SIN SOBREPRESIONAR LOS TORNILLOS
- [] COLOQUE EN AUTOMÁTICO EL LAZO DE CONTROL LIGADO AL TRANSMISOR DE PRESIÓN

**** PARA TRANSMISORES DE FLUJO MAGNÉTICO, TIPO VORTEX Y TIPO TURBINA ****

- [] COLOQUE EN MANUAL EL LAZO DE CONTROL LIGADO AL TRANSMISOR DE FLUJO
- [] BLOQUEE Y DESPRESURICE LA LÍNEA DONDE ESTÁ INSTALADO EL SENSOR
- [] RETIRE EL SENSOR DE LA LÍNEA, LÍMPIELO Y REMUEVA LOS SÓLIDOS ACUMULADOS EN ÉL
- [] NO USE ELEMENTOS ABRASIVOS NI CORTO PUNZANTES PARA LIMPIAR EL SENSOR
- [] INSPECCIONE EL HOUSING DE CONEXIONES E IDENTIFIQUE SI TIENE HUMEDAD
- [] IDENTIFIQUE CUALQUIER FILTRACIÓN DE HUMEDAD Y CORRÍJALA
- [] LIMPIE CON AEROSOL LOS CONTACTOS ELÉCTRICOS DEL TRANSMISOR
- [] CONÉCTELO ELÉCTRICAMENTE Y SEGÚN EL FLUJO REAL DEL PROCESO VERIFIQUE LA SEÑAL
- [] AJUSTE LOS BORNES DE CONEXIÓN SIN SOBREPRESIONAR LOS TORNILLOS
- [] COLOQUE EN AUTOMÁTICO EL LAZO DE CONTROL LIGADO AL TRANSMISOR DE PRESIÓN

**** PARA TRANSMISORES DE FLUJO TIPO CORIOLIS (MÁSICO) O MÁSICO POR DISPERSIÓN TÉRMICA ****

- [] BLOQUEE Y DESPRESURICE LA LÍNEA DONDE ESTÁ INSTALADO EL SENSOR
- [] RETIRE EL SENSOR DE LA LÍNEA, LÍMPIELO Y REMUEVA LOS SÓLIDOS ACUMULADOS EN ÉL
- [] LLENE CON SOLVENTE Y DEJELO ACTUAR POR UN TIEMPO, REPITA HASTA QUE SALGA LIMPIO
- [] INSPECCIONE EL HOUSING DE CONEXIONES E IDENTIFIQUE SI TIENE HUMEDAD
- [] IDENTIFIQUE CUALQUIER FILTRACIÓN DE HUMEDAD Y CORRÍJALA
- [] LIMPIE CON AEROSOL LOS CONTACTOS ELÉCTRICOS DEL TRANSMISOR
- [] AJUSTE LOS BORNES DE CONEXIÓN SIN SOBREPRESIONAR LOS TORNILLOS
- [] CON EL SENSOR VACÍO REALICE EL AJUSTE DEL TRANSMISOR PARA CERO
- [] CON EL SENSOR LLENO DE AGUA REALICE EL AJUSTE DEL TRANSMISOR PARA SPAN
- [] INSTALE EL SENSOR EN EL PROCESO Y ABRA LAS VALVULAS DE BLOQUEO

[] PARA TRANSMISORES INSTALADOS EN SEPARADORES ACTUALICELA TABLA DE DENSIDADES PARA CADA POZO EN EL COMPUTADOR DE FLUJO NOC Y LUEGO SELECCIONE UN POZO EN EL NOC Y CORRA UNA PRUEBA POR APROXIMADAMENTE 2 HORAS

Como se detalla, el paso a paso de la rutina es extenso y solo al final se enfoca en el tipo de medidor que interesa, por lo cual lo demás se puede obviar y se debe retirar del estándar. Una de las ventajas de los medidores de flujo másico es el bajo mantenimiento requerido, por lo que con la calibración del instrumento en manos de un externo, el mantenimiento consiste en el monitoreo y evaluación de las condiciones del medidor y diagnóstico del indicador de salida del transmisor. Aparte de las actividades básicas, como son inspección, limpieza y ajuste de conexiones, se recomienda realizar una verificación del cero del instrumento a presión y temperatura nominales de flujo, para ello basta con una rutina trimestral ejecutada por una pareja de instrumentistas con una duración de 3 HH, ya que otras actividades de mantenimiento están asociadas al plan de calibración de Ecopetrol S.A, el cual se realiza de forma anual; durante dicha actividad se saca de línea el separador y se retiran los elementos sensores, se limpian con un producto químico para aflojar y remover formaciones de hidrocarburo en las paredes del instrumento y se entregan al personal que realiza la calibración, posteriormente se montan, se limpian contactos, se verifica integridad de los componentes asociados al montaje, se realizan pruebas para garantizar que la medida corresponda a los valores esperados y finalmente se le entrega la vasija a operaciones.

4.1.1.5 SF0100 y SF0103 – MP1A Switch de nivel

Rutinas de mantenimiento preventivo anual para los Switch de nivel que tiene la vasija. Los separadores generales cuentan con tres Switch de nivel, uno para alarma (LAH), uno para shutdown (LSH) y uno para bajo nivel que se encarga de cerrar la salida del separador y evitar que este se desocupe (LSL). El separador de pruebas cuenta con dos Switch, uno para alarma (LAH) y otro para el bajo nivel (LSL). El principio de operación en todos los casos es el mismo, un sensor de tipo desplazador ubicado en una recámara externa al recipiente, sin embargo la diferencia entre uno y otro es el tipo de señal que manejan, pues los de alarma cuentan con contactos secos que se cierran/abren a determinado nivel, los de shutdown envían una señal al tablero neumático para que obre sobre la válvula de shutdown a la entrada de la vasija y el bajo nivel envía una señal neumática a la válvula de control de salida para que se cierre por completo. A continuación examinaremos el paso a paso de actividades con que cuenta cada estándar:

SF0100

**** PARA INTERRUPTORES DE NIVEL TIPO DESPLAZADOR (GUAYA YPESAS) ****

- [] SI APLICA, CIERRE LA ENTRADA DE GAS BLANKET A LAVASIJA
- [] RETIRE Y LIMPIE LAS PESAS CON SOLVENTE
- [] CAMBIE LA GUAYA COMPLETAMENTE POR UN TRAMO NUEVO
- [] LIMPIE LOS TORNILLOS DE CADA INTERRUPTOR SI ESTÁN SULFATADOS U OXIDADOS
- [] AJUSTE LOS TORNILLOS DE CADA INTERRUPTOR SIN SOBRETORQUEARLOS
- [] VERIFIQUE CON UN MULTIMETRO LA ACTIVACIÓN DE CADA INTERRUPTOR
- [] REALICE PRUEBA DE CORRECTA OPERACIÓN SEGÚN EL PROCESO QUE CONTROLA

*** PARA INTERRUPTORES TIPO FLOTADOR EN RECÁMARA LATERAL ***

- [] CAMBIE EL EMPAQUE DE LA TAPA FRONTAL SI ES NECESARIO
- [] BLOQUEE HACIA EL PROCESO Y DRENE EL FLUIDO ATRAPADO EN LA CÁMARA DEL FLOTADOR
- [] VIERTA KEROSENE U OTRO SOLVENTE Y DÉJELO ACTUAR POR UN TIEMPO
- [] DRENE EL KEROSENE O SOLVENTE EN UN RECIPIENTE SIN CONTAMINAR EL ÁREA
- [] REPITA EL PASO ANTERIOR HASTA OBSERVAR QUE EL SOLVENTE SALE LIMPIO
- [] INSPECCIONE EL ESTADO DEL FLOTADOR Y CAMBIELO SI ES NECESARIO
- [] LUBRIQUE LAS PARTES MECÁNICAS Y MÓVILES DEL INTERRUPTOR
- [] EN EL CASO DE INTERRUPTORES NEUMÁTICOS LIMPIE LAS BOQUILLAS Y RESTRICCIONES
- [] EN EL CASO DE INTERRUPTORES ELÉCTRICOS REALICE PRUEBAS CON MULTIMETRO
- [] REALICE PRUEBA DE CORRECTA OPERACIÓN SEGÚN EL PROCESO QUE CONTROLA

**** PARA INTERRUPTORES DE NIVEL TIPO FLOTADOR DENTRO DE LAVASIJA ****

- [] SAQUE DE SERVICIO LA VASIJA, DRENE EL FLUIDO Y DESPRESURICE COMPLETAMENTE
- [] DESCONECTE LAS LINEAS DE SUMINISTRO DE AIRE Y LINEAS ELÉCTRICAS
- [] RETIRE EL SUICHE DEL PROCESO Y LAVE CON SOLVENTE EL FLOTADOR
- [] INSPECCIONE EL ESTADO DEL FLOTADOR Y CAMBIELO SI ES NECESARIO
- [] LUBRIQUE LAS PARTES MECÁNICAS Y MÓVILES DEL INTERRUPTOR
- [] EN EL CASO DE INTERRUPTORES ELÉCTRICOS REALICE PRUEBAS CON MULTIMETRO
- [] REALICE PRUEBA DE CORRECTA OPERACIÓN SEGÚN EL PROCESO QUE CONTROLA

**** PARA INTERRUPTORES DE NIVEL TIPO SENSOR DE VIBRACION ****

- [] SAQUE DE SERVICIO LA VASIJA, DRENE EL FLUIDO Y DESPRESURICE COMPLETAMENTE
- [] DESCONECTE LAS LINEAS ELÉCTRICAS
- [] RETIRE EL SUICHE DEL PROCESO Y LAVE CON SOLVENTE EL SENSOR
- [] INSPECCIONE EL ESTADO DEL SENSOR Y REPORTE SI SE REQUIERE CAMBIO
- [] SUMERJA EL SENSOR EN UN FLUIDO SIMILAR AL DEL PROCESO Y VERIFIQUE SU OPERACION
- [] CON UN MULTIMETRO VERIFIQUE LA ACTIVACION DEL INTERRUPTOR
- [] INSTALE NUEVAMENTE EL SENSOR E INFORME AL OPERADOR DEL AREA

SF0103

- [] CIERRE LAS VALVULAS DE CORTE QUE SACAN DE SERVICIO EL BRAZO DONDE ESTA INSTALADO EL SUICHE DE NIVEL
- [] DRENE EN UN RECIPIENTE EL FLUIDO QUE QUEDA ATRAPADO EN LA CÁMARA DEL FLOTADOR, TENIENDO CUIDADO DE NO CONTAMINAR EL AREA.
- [] VIERTA KEROSENE U OTRO SOLVENTE Y DÉJELO ACTUAR POR UN TIEMPO.
- [] DRENE EL KEROSENE O DISOLVENTE EN UN RECIPIENTE SIN CONTAMINAR EL AREA.
- [] VIERTA NUEVAMENTE KEROSENE U OTRO SOLVENTE Y REPITA ESTE PROCESO HASTA OBSERVAR QUE EL SOLVENTE SALE LIMPIO.
- [] LUBRIQUE LAS PARTES MÓVILES DEL INTERRUPTOR
- [] CIERRE LA VALVULA DE DRENAJE Y ABRA LAS VALVULAS PARA PONER EN SERVICIO EL BRAZO DONDE ESTA INSTALADO EL INTERRUPTOR.
- [] INFORME AL OPERADOR EL ESTADO EN QUE QUEDA OPERANDO EL EQUIPO.

En el paso a paso del estándar SF0100 vemos una serie de actividades generalizadas para varias tecnologías, lo que comúnmente suele confundir a los técnicos. La sección para interruptores tipo flotador con recámara lateral es la que para este caso aplicaría, por lo que el resto se tendría que eliminar. Por otro lado para el caso del estándar SF0103, se observa que ya se tiene claro qué tipo de instrumento es, pero está incompleto.

Para efectos de fácil identificación y organización de las rutinas, es recomendable tener un estándar para los Switch eléctricos y otro para los neumáticos, siendo cautos a la hora de sugerir el cambio de algún elemento, ya que dichas rutinas no tendrían APL y los hallazgos serán debidamente reportados y tratados a tiempo. Adicional se tendría que incluir la prueba de lazo, es decir, verificar que los Switch neumáticos actúen sobre la válvula de shutdown o control de salida de fluido, y los Switch eléctricos genere el respectivo evento de alarma en el sistema de control. Para esta actividad se requiere de una pareja de instrumentistas con un tiempo de ejecución estimado de 4 HH.

4.1.1.6 SF0106 – MP1A Switch de presión

Rutina de mantenimiento preventivo anual para los Switch de presión de la vasija. Los separadores generales cuentan con dos Switch de presión, uno para alarma y otro para shutdown; el separador de pruebas sólo tiene uno para alarma. Los instrumentos que se usan para generar alarma utilizan contactos eléctricos y los de shutdown son pilotos neumáticos. A continuación el paso a paso de actividades con que cuenta el estándar:

- [] CERRAR VALVULA DE BLOQUEO AL PROCESO
- [] DESPRESURIZAR LINEA (MANGUERA CONECTORA O TUBING)
- [] DEENERGIZAR EL EQUIPO
- [] AISLAR LAS LINEAS DE ALIMENTACION CON CINTA AISLANTE
- [] LIMPIAR CONEXIONES ELECTRICAS CON LIMPIADOR DECONTACTO
- [] HACER LIMPIEZA GENERAL
- [] EXTERNAMENTE HACER UNA LIMPIEZA CON LA BAYETILLALIGERAMENTE HUMEDECIDA CON KEROSENE
- [] VERIFICAR QUE LA ENTRADA DE PRESION AL SWITCH NO ESTETAPONADA U OBSTRUIDA
- [] VERIFICAR QUE LA MANGUERA O TUBING NO ESTE TAPONADA,NI TENGA FISURAS
- [] LIMPIAR LA MANGUERA O TUBING INTERNAMENTE CONKEROSENE
- [] CONECTAR BOMBA HIDRAULICA CON MANOMETRO PATRON DELRANGO ADECUADO
- [] APLICAR PRESION, Y DETERMINAR EL SETTING DE DISPARODEL SWITCH DE PRESION CON UN MULTIMETRO ENCONTINUIDAD
- [] AJUSTE EL SETTING DE DISPARO SEGUN LA NECESIDAD DELPROCESO QUE ESTA CONTROLANDO
- [] CONECTAR Y TAPAR EL EQUIPO NUEVAMENTE

- [] CONECTAR NUEVAMENTE LA MANGUERA O TUBING Y HABILITAR VALVULA DE BLOQUEO
- [] DEJAR EN FUNCIONAMIENTO

Se evidencia que el estándar está ajustado para los Switch de contactos eléctricos, por lo que solo faltaría garantizar la correcta operación del lazo con el respectivo evento de alarma en el cuarto de control. Esta rutina se debe replicar a los Switch de alarma por presión de todos los separadores generales, ya que actualmente la rutina sólo sale para el separador de prueba. Es necesario crear una rutina para el Switch/piloto neumático de presión, donde se realice una revisión, limpieza y ajuste a los elementos mecánicos del instrumento y la línea que va al proceso, así como de la línea de aire que llega y sale; también es necesario garantizar la acción sobre la válvula de shutdown unas cuantas libras por encima del valor de alarma ajustado, pero por debajo del valor de disparo de las válvulas de seguridad (PSV). El recurso asignado es de una pareja de instrumentistas por un tiempo estimado de 3 HH.

La máxima presión de trabajo de las vasijas separadoras que hay en la batería Monal es de 150 PSI a 150 °F. La presión nominal es inferior a los 50 PSI, por lo que los valores que se tienen definidos para este proceso es:

- Alarma: 65 PSI
- Shutdown: 70 PSI
- Disparo PSV1: 75 PSI
- Disparo PSV2: 80 PSI

Esta información debe quedar registrada en el paso a paso para mayor claridad, así mismo se requiere diligenciar formato de mantenimiento, calibración y verificación (SOH-PMH-F-001)³ de Ecopetrol S.A junto con la respectiva laminilla.

4.1.1.7 SF0107 – MP1A transmisor de presión

Rutina de mantenimiento preventivo anual asignada al separador 103, sin embargo se pudo evidenciar que éste no tiene transmisor de presión. Tiene las facilidades para medición de flujo por presión diferencial, pero no están operativas. Esta rutina se debe eliminar.

³ Anexo C

4.1.1.8 SF0145, SF0410, SF0452 y SF0454 – MP1A válvula deslizante

Rutinas de mantenimiento preventivo anual para las válvulas de control, la cuales para esta aplicación son del tipo globo. Todos los separadores cuentan con una válvula para el control de nivel del fluido y una para el control y regulación de la presión del gas al interior de la vasija, las diferencias fundamentales radican en el tamaño del actuador y el cuerpo. En general el conjunto se puede considerar compuesto por un regulador de presión, el control de presión, actuador y cuerpo de la válvula. La respuesta y hermeticidad de estas garantizan que las variables del proceso se mantengan estables y la operación transcurra sin problemas. Al revisar cada uno de los estándares se encontró que el paso a paso de actividades descritas es igual, por lo que a continuación lo revisaremos:

****PROCEDIMIENTO PARA LA VALVULA DE CONTROL****

- [] COORDINE CON EL OPERADOR PARA SACAR DE SERVICIO LAVASIJA SI ES NECESARIO
- [] CON EL ACTUADOR ACOPLADO AL CUERPO DE LA VALVULA FORCE EL CIERRE
- [] IDENTIFIQUE SI EXISTE ALGUN PASO DE FLUIDO INDICANDO UN MAL SELLO EN EL ASIENTO
- [] RETIRE LA TAPA DEL ACTUADOR DE LA VALVULA E INSPECCIONE EL ESTADO DEL DIAFRAGMA
- [] SI EL DIAFRAGMA ESTA DETERIORADO CAMBIELO POR UNO NUEVO
- [] LIMPIE EL DIAFRAGMA SIN USAR SOLVENTE
- [] INSPECCIONE EL RESORTE DEL ACTUADOR Y APLIQUE UNA FINA CAPA DE GRASA
- [] SI LA VALVULA POSEE RESORTES EN LA CAVIDAD DEL DIAFRAGMA INSPECCIONELOS
- [] TAMBIEN APLIQUE UNA FINA CAPA DE GRASA A ESTOS RESORTES DEL DIAFRAGMA
- [] INSTALE NUEVAMENTE LA TAPA DEL ACTUADOR DE LA VALVULA
- [] CON LA BOMBA NEUMATICA PRESURICE EL DIAFRAGMA Y VERIFIQUE QUE NO EXISTAN FUGAS
- [] SI EL SELLO ENTRE EL TAPON Y EL ASIENTO DE LA VALVULA ES DEMASIADO CRITICO DESARME
- [] LLEVE LAS PIEZAS A UN TORNO PARA QUE SEAN RECTIFICADAS Y ENFRENTADAS
- [] SI LAS PIEZAS ESTAN MUY DESGASTADAS CAMBIE TODO EL TRIM DE LA VALVULA
- [] SI SE PRESENTA FUGA DE FLUIDO A LA ATMOSFERA CAMBIE EL KIT DE GASKETS DEL CUERPO DE LA VALVULA
- [] SI SE PRESENTA FUGA DE FLUIDOS A LA ATMOSFERA CAMBIE EL KIT DE EMPAQUES DE TEFLON DEL BONET CON EL STEM
- [] DE LA MISMA VALVULA DESARME Y LIMPIE LOS REGULADORES DE PRESION
- [] DE LA MISMA VALVULA CALIBRE EL CONVERTIDOR I/P RELACIONANDO CORRIENTE CON PRESION (SI APLICA)

****PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROLADOR DE PRESION****

- [] INSPECCIONE LA NO EXISTENCIA DE FUGAS EN EL RELEVADOR Y LOS FUELLES DEL CONTROLADOR
- [] CIERRE EL SUMINISTRO DE AIRE Y SEÑAL DE PRESION DEL PROCESO AL CONTROLADOR
- [] LIMPIE Y ELIMINE RESTRICCIONES EN LOS TUBING DE AIRE Y SEÑAL DEL PROCESO
- [] LIMPIE Y ELIMINE RESTRICCIONES EN LA BOQUILLA Y LOS TUBING DEL CONTROLADOR
- [] LUBRIQUE LAS PARTES MOVILES DEL CONTROLADOR
- [] INSPECCIONE EL ESTADO DE LA LENGUETA QUE ACTUA SOBRE LA BOQUILLA DEL CONTROL
- [] INSPECCIONE EL ESTADO DEL BURDON, IDENTIFIQUE FRACTURAS O DESGASTES
- [] INSPECCIONE EL ESTADO DE LAS PERILLAS DE CERO, SPAN, BANDA PROPORCIONAL, RESET
- [] REALICE CALIBRACION ESTATICA DEL CONTROLADOR AJUSTANDO LA ACCION EN CERO Y SPAN

- [] EN OPERACIÓN REALICE CALIBRACIÓN DINAMICA DEL CONTROLADOR RESPECTO AL PROCESO
- ***** PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROLADOR DE TEMPERATURA *****
- [] INSPECCIONE LA NO EXISTENCIA DE FUGAS EN EL RELEVADORY LOS FUELLES DEL CONTROLADOR
- [] CIERRE EL SUMINISTRO DE AIRE Y SEÑAL DE PRESION DEL PROCESO AL CONTROLADOR
- [] LIMPIE Y ELIMINE RESTRICCIONES EN LOS TUBING DE AIREY SEÑAL DEL PROCESO
- [] LIMPIE Y ELIMINE RESTRICCIONES EN LA BOQUILLA Y LOSTUBING DEL CONTROLADOR
- [] LUBRIQUE LAS PARTES MOVILES DEL CONTROLADOR
- [] INSPECCIONE EL ESTADO DEL BURDON, IDENTIFIQUE FRACTURAS O DESGASTES
- [] INSPECCIONE EL ESTADO DEL CAPILAR DESDE EL BULBOHASTA EL CONTROLADOR, IDENTIFIQUE FISURAS O GRIETAS.
- [] INSPECCIONE EL ESTADO DE LAS PERILLAS DE CERO, SPAN, BANDA PROPORCIONAL, RESET
- [] REALICE CALIBRACIÓN ESTATICA DEL CONTROLADORAJUSTANDO LA ACCION EN CERO Y SPAN
- [] EN OPERACIÓN REALICE CALIBRACIÓN DINAMICA DEL CONTROLADOR RESPECTO AL PROCESO
- ***** PROCEDIMIENTO PARA EL POSICIONADOR *****
- [] INSPECCIONE LA NO EXISTENCIA DE FUGAS EN EL RELEVADOREL POSICIONADOR
- [] CIERRE EL SUMINISTRO DE AIRE Y SEÑAL DEL PROCESO AL POSICIONADOR
- [] LIMPIE Y ELIMINE RESTRICCIONES EN LOS TUBING DE AIREY SEÑAL DEL PROCESO

Se observa que se plantea un procedimiento instructivo bastante complejo, especialmente teniendo en cuenta que el único estándar que tiene APL es el SF0410, el cual está asociado a una de las válvulas del separador de pruebas y en el que se pide el kit de empaques de teflón para el vástago, el kit de reparación para el regulador de presión y el diafragma del actuador.

Ecopetrol S.A realiza de forma periódica mantenimientos predictivos mediante herramienta de diagnóstico computarizada a las válvulas de control para determinar pase al interior de la válvula, lo cual generaría de inmediato una alerta para programar un mantenimiento mayor al instrumento. Adicional, se pueden hacer pruebas locales para tener una idea de la hermeticidad de la válvula y determinar si se requiere intervenir. Así mismo, las inspecciones periódicas permiten identificar fugas al exterior, lo cual en muchos casos se puede corregir de forma inmediata aplicando torque a las piezas involucradas.

Con todo esto en mente, el alcance de la rutina se limita a realizar una verificación del estado de los reguladores de aire, para lo cual se debe estandarizar el uso del mismo regulador en todos los casos y asignar al APL el kit básico de empaquetaduras para el desarme del mismo. También es recomendable inspeccionar el estado del diafragma del actuador para identificar posible fugas, así como la limpieza y ajuste a los mecanismos del controlador y las líneas de aire asociadas, junto con las pruebas pertinentes al lazo de control para garantizar el recorrido del vástago y si es necesario hacer el ajuste del bench set según el

rango que permita la válvula. Durante todo este proceso se valida que no haya fugas de ningún tipo y se reportan los hallazgos. El tiempo de ejecución estimado es de 4 HH para una pareja de instrumentistas.

4.1.1.9 SF0154 – MP1A vasija separador

Rutina de mantenimiento preventivo anual a la vasija, actualmente asociada únicamente al separador de pruebas. A continuación el paso a paso de actividades con que cuenta el estándar:

- [] VERIFIQUE QUE LOS VISORES DE NIVEL NO ESTEN LACREADOS NI TENGAN FUGAS
- [] LIMPIE CON SOLVENTE EL VISOR DE NIVEL
- [] REALICE PRUEBAS CON EL INDICADOR DE PRESION Y COMPARELO CON LA MEDICION DEL PROCESO
- [] VERIFIQUE QUE LOS INDICADORES DE PRESION NO ESTEN ROTOS
- [] SI ENCUENTRA LOS INDICADORES DE PRESION MUY DETERIORADOS CAMBIELOS
- [] REALICE PRUEBAS CON EL INDICADOR DE TEMPERATURA Y COMPARELO CON LA MEDICION DEL PROCESO
- [] VERIFIQUE QUE LOS INDICADORES DE TEMPERATURA NO ESTEN ROTOS
- [] SI ENCUENTRA LOS INDICADORES DE TEMPERATURA MUY DETERIORADOS CAMBIELOS

Se observa que la rutina pretende abarcar tres instrumentos de indicación (visor de nivel, manómetro y termómetro), manifestando intenciones de cambio en caso de deterioro o falla sin contar con un APL. Para este caso es recomendable separar las rutinas por instrumento para garantizar la intervención, realizando labores de limpieza a los visores y verificación con instrumento patrón y ajuste para el manómetro y termómetro que se encuentra en la vasija. Dichas rutinas se ejecutarían de forma anual y deben ser extendidas a los demás separadores, teniendo en cuenta que los separadores generales poseen dos visores de nivel. Para cada rutina se estima 2 HH de ejecución por parte de una pareja de instrumentistas.

4.1.1.10 SF0155 – MP3M Vasija Separador

Rutina de mantenimiento preventivo trimestral a la vasija, actualmente asociada únicamente al separador general 103. A continuación el paso a paso de actividades con que cuenta el estándar:

- [] DRENE Y VERIFIQUE LA PRESION DE SALIDA DEL REGULADOR DE AIRE DE SUMINISTRO AL TABLERO NEUMATICO DESHUTDOWN PARA DETERMINAR QUE ESTE NO ESTE BLOQUEADO O TENGA FUGAS.

- [] RETIRE LOS TORNILLOS DE LA TAPA DEL TABLERO NEUMATICO DE SHUTDOWN VERIFIQUE QUE NO EXISTAN FUGAS DE AIRE POR LAS VALVULAS NEUMATICAS, LOS ACCESORIOS Y LAS MANGUERAS.
- [] CON UN MULTIMETRO MIDA EL VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN A LOS COMPONENTES ELECTRICOS DEL TABLERO DE SHUTDOWN, INSPECCIONE BORNES Y CONTACTOS PARA VERIFICAR QUE NO ESTEN SUFICIENTES.
- [] DRENE Y VERIFIQUE LA PRESION DE SALIDA DEL REGULADOR DE AIRE DE SUMINISTRO DEL CONTROLADOR DE NIVEL PARA DETERMINAR QUE ESTE NO ESTE BLOQUEADO O TENGA FUGAS.
- [] ABRA LA TAPA DEL CONTROLADOR DE NIVEL Y VERIFIQUE QUE NO EXISTAN FUGAS DE AIRE EN EL RELEVADOR.
- [] REALICE MANIOBRAS PARA SUBIR Y BAJAR EL NIVEL DE LAVASIIJA DENTRO DEL RANGO DE CONTROL, DETERMINE LA CORRECTA OPERACIÓN DEL CONTROLADOR Y RESPUESTA DE LA VALVULA A LA ACCION DE CONTROL.
- [] FORCE EL CIERRE MANUAL DE LA VALVULA DE CONTROL DE NIVEL, CIERRE LA VALVULA DE CORTE AGUAS ABAJO Y ABRA LA RAPIDAMENTE, DETERMINE SI SE PRESENTA PASO DE FLUIDO POR LA VALVULA DE CONTROL.
- [] DURANTE LA OPERACION DE LA VALVULA DE CONTROL DE NIVEL IDENTIFIQUE QUE NO EXISTAN FUGAS POR LAS TAPAS DEL ACTUADOR O EL STEM DEL ACTUADOR.
- [] DURANTE LA OPERACIÓN DE LA VALVULA VERIFIQUE QUE NO SE PRESENTEN RUIDOS ANORMALES Y QUE LA APERTURA O CIERRE DE LA VALVULA SEA CONTINUA Y NO PRESENTE NINGUN ESFUERZO.
- [] VERIFIQUE QUE NO EXISTAN FUGAS DE AIRE EN EL REGULADOR DE PRESION DEL POSICIONADOR Y QUE LA PRESION DE SALIDA ESTE ENTRE 5 Y 7 PSI POR ENCIMA DEL RANGO MAXIMO DEL ACTUADOR DE LA VALVULA.
- [] INSPECCIONE VISUALMENTE EL ESTADO DEL LINK QUE UNE MECANICAMENTE EL ACTUADOR DE LA VALVULA CON EL POSICIONADOR PARA DETERMINAR QUE NO TENGA DESGASTES EXCESIVOS O TENGA FISURAS.
- [] INSPECCIONE EL RELEVADOR DEL POSICIONADOR PARA DETERMINAR QUE ESTE NO PRESENTE FUGAS DE AIRE
- [] REALICE PRUEBAS DE APERTURA Y CIERRE DE LA VALVULA DE CONTROL, PARA DETERMINAR QUE LA POSICION DE LA VALVULA CONCUERDE CON LA PRESION DE SALIDA DEL CONTROLADOR DE NIVEL (EJ. SALIDA DEL CONTROLADOR 9 PSI POSICION DE LA VALVULA DE CONTROL 50%)
- [] INSPECCIONE EN LAS CAJAS DE PASO DEL SUICHE DE ALARMA DE ALTO NIVEL LA NO PRESENCIA DE HUMEDAD O BORNES SUFICIENTES.
- [] REVISE QUE NO EXISTAN BORNES O CABLES SUELTOS EN EL SUICHE DE ALARMA DE ALTO NIVEL.
- [] CIERRE LA VALVULA DE BLOQUEO DE LA SALIDA DE LIQUIDO DEL SEPARADOR Y ESPERE HASTA QUE EL NIVEL SUBA. ACTIVE Y CONFIRME LA ALARMA DE ALTO NIVEL EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL CUARTO DEL OPERADOR.
- [] DRENE Y VERIFIQUE LA PRESION DE SALIDA DEL REGULADOR DE AIRE DE SUMINISTRO AL SUICHE DE ALTO NIVEL NEUMÁTICO PARA DETERMINAR QUE ESTE NO ESTE BLOQUEADO O TENGA FUGAS.
- [] INSPECCIONE VISUALMENTE EL ESTADO DE LA PLATINA Y BOQUILLA DEL SUICHE NEUMATICO DE ALTO NIVEL, IDENTIFIQUE QUE ESTOS COMPONENTES NO TENGAN FISURAS O GRIETAS EN SU ESTRUCTURA.
- [] CIERRE LA VALVULA DE BLOQUEO DE LA SALIDA DE LIQUIDO DEL SEPARADOR Y ESPERE HASTA QUE EL NIVEL SUBA, ACTIVE Y GENERE EL SHUTDOWN DE LA VASIIJA POR ALTO NIVEL DEL LIQUIDO, CONFIRME EL ESTADO DE SHUTDOWN EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL CUARTO DEL OPERADOR
- [] DURANTE LA OPERACIÓN DE LA VALVULA DE SHUTDOWN VERIFIQUE QUE NO SE PRESENTEN RUIDOS ANORMALES EN EL ACTUADOR Y VERIFIQUE QUE LA APERTURA O CIERRE DE ESTE SEA CONTINUA Y NO PRESENTE NINGUN ESFUERZO EXTRAÑO.

[] DURANTE LA OPERACIÓN DE LA VALVULA DE SHUTDOWN VERIFIQUE QUE ESTA CIERRE Y ABRA COMPLETAMENTE, POSICIONES DE APERTURA Y CIERRE INTERMEDIAS INDICAN OBSTRUCCIONES O PROBLEMAS EN LOS COM

Aunque el paso a paso de la rutina presenta información valiosa para realizar ciertas pruebas a instrumentación clave para la operación segura de la vasija, la mayoría de las actividades descritas se deben asegurar dentro de las rutinas individuales propuestas para cada instrumento, por ejemplo, para el mantenimiento a los tableros neumáticos se propone una rutina trimestral para drenaje de líneas e identificación de fugas de aire, así como la verificación de la operación de la válvula se shutdown. Por esta razón se recomienda eliminar la rutina del sistema.

4.1.1.11 SF0191 y SF0444 – MP1A válvula de seguridad

Rutinas de mantenimiento preventivo anual para las válvulas de seguridad (PSV) de la vasija. Cada vasija cuenta con dos válvulas de seguridad ajustadas a valores ligeramente cercanos, ello con el objetivo de poder restablecer la operación de la vasija en caso de que una de las PSV quede abierta o con pase luego de un evento de sobre presión. Las PSV son el último recurso ante un evento, pues previo a ellas deben operar las alarmas y la válvula de shutdown a la entrada del separador. La razón de que existan dos estándares se debe a que para algunos casos se requiere recurso de camión grúa con canastilla, lo que facilita y permite realizar la actividad de una forma más segura, sin embargo, dependiendo de la ubicación de la vasija, en ocasiones es limitado el acceso de éste, por lo que se debe usar escalera, siendo necesario brindar las instrucciones del caso para asegurar la actividad. Como está concebido actualmente, el paso a paso de cada estándar es el mismo, por lo que a continuación lo examinaremos:

- [] BLOQUEE LA VALVULA DE ENTRADA Y DE SALIDA A LA VALVULA DE SEGURIDAD
- [] DEJE FUERA DE SERVICIO LA VALVULA
- [] DESMONTE LA VALVULA DE SEGURIDAD Y LLEVE LA AL BANCO DE CALIBRACION
- [] VERIFIQUE EL SETING Y SELLO EN EL QUE SE ENCUENTRA ACTUALMENTE LA VALVULA DE SEGURIDAD
- [] DESARME COMPLETAMENTE LA VALVULA
- [] LIMPIE CON SOLVENTE TODAS LAS PARTES DE LA VALVULA
- [] VERIFIQUE EL ESTADO DEL ASIENTO, (ASIENTO Y TAPON) DE LA VALVULA
- [] SI ES NECESARIO LAPEE O ENVIE A RECTIFICAR EN TORNO EL TAPON Y ASIENTO DE LA VALVULA
- [] CAMBIE TODAS LAS PARTES BLANDAS POR UNAS NUEVAS
- [] APLIQUE UNA FINA CAPA DE GRASA AL RESORTE DE LA VALVULA
- [] ARME COMPLETAMENTE LA VALVULA

- UTILIZE BOMBA HIDRAULICA O CILINDRO DE NITROGENO PARA CALIBRAR LA VALVULA COMPARANDOLA CON UN MANOMETRO PATRON DE RANGO ADECUADO
- ACTUALIZE E INSTALE EN LA VALVULA LA PLACA CORRESPONDIENTE DE CALIBRACIÓN.
- MONTE LA VALVULA NUEVAMENTE SOBRE LA VASIJAS Y LA LINEA DE DESCARGA
- ABRA LAS VALVULAS DE ENTRADA Y SALIDA DE FLUJO DE LA VALVULA DE SEGURIDAD
- DILIGENCIAR FORMATO DE VERIFICACION DE ELEMENTOS DE SALVAGUARDA.

Actualmente ninguna de estas rutinas tiene APL y nunca se ha necesitado, ya que el sello de estas válvulas es metal – metal. Durante la prueba de disparo que se realiza se verifica fugas y que repongan nuevamente con el sello apropiado. Si es necesario se lapea en sitio o se llevan a un taller de mecanizado para eliminar ralladuras o imperfecciones que puedan dar lugar a fugas. Finalmente antes de la instalación se pinta la válvula, se diligencia el formato de calibración de Ecopetrol S.A y se coloca laminilla de calibración al instrumento. Es necesario hacer las modificaciones del caso para que el paso a paso del estándar que tiene asignado camión grúa contemple las actividades de este, de forma tal que aporte al aseguramiento documental de la actividad. Se estima que la actividad con camión grúa dure 6 HH y con escalera 8 HH para una pareja de instrumentistas.

4.1.1.12 SF0393, SF0443, SF0446 y SF0447 – MP1A válvula bola

Rutina de mantenimiento anual para la válvula de shutdown de entrada al separador, la cual es del tipo bola y esta operada por el tablero neumático. Todos los separadores tienen instalada la válvula, la única que es diferente es la del separador de prueba, sin embargo esta se encuentra directa, ya que este no tiene activo su tablero neumático. El paso a paso con que cuentan estas rutinas es el mismo, por lo que lo examinaremos a continuación:

- COORDINE CON EL OPERADOR PARA SACAR DE SERVICIO LAVASIJAS O PROCESO ASOCIADO A LA VÁLVULA SI ES NECESARIO
- DURANTE LAS MANIOBRAS DE APERTURA Y CIERRE VERIFIQUE QUE NO EXISTAN RUIDOS NI ESFUERZOS ANORMALES EN LA VÁLVULA Y EN EL ACTUADOR
- CON EL ACTUADOR ACOPLADO AL CUERPO DE LA VÁLVULA FORCE EL CIERRE BIEN SEA ACTUANDO SOBRE LA VÁLVULA SOLENOIDE O CERRANDO EL SUMINISTRO DE AIRE
- IDENTIFIQUE SI EXISTE ALGÚN PASO DE FLUIDO INDICANDO UN MAL SELLO EN EL CUERPO DE LA VÁLVULA
- SI IDENTIFICA PASO CRÍTICO EN EL SELLO DEL CUERPO DE LA VÁLVULA REPÓRTELO AL SUPERVISOR PARA PROGRAMAR LA INTERVENCIÓN
- CON EL ACTUADOR ACOPLADO AL CUERPO DE LA VÁLVULA Y EL CILINDRO DESPRESURIZADO (FALLA CERRADA) VERIFIQUE QUE LA POSICIÓN DE LA VÁLVULA SEA DE CIERRE TOTAL. POSICIONES DE CIERRE DIFERENTES HACEN NECESARIO LA CALIBRACIÓN DE POSICIÓN DEL ACTUADOR
- VERIFIQUE LA CONFIRMACIÓN DE CIERRE DE LA VÁLVULA CON EL SUICHE ELECTRICO DE POSICIÓN (FIN DE CARRERA) INSTALADO EN EL ACTUADOR

- [] ABRA LA VÁLVULA O REGULADOR DE SUMINISTRO DE AIRE ALACTUADOR, UNA VEZ ESTE PRESURIZADO IDENTIFIQUE QUEEXISTA NINGUNA FUGA DE AIRE EN EL SISTEMA
- [] CON LA VÁLVULA EN POSICIÓN ABIERTA VERIFIQUE QUE LAPOSICIÓN DE LA VÁLVULA SEA DE APERTURA TOTAL.POSICIONES DE APERTURA DIFERENTES HACEN NECESARIO LACALIBRACIÓN DE POSICIÓN DEL ACTUADOR
- [] VERIFIQUE LA CONFIRMACIÓN DE APERTURA DE LA VÁLVULA CON EL SUICHE ELECTRICO DE POSICIÓN (FIN DE CARRERA)INSTALADO EN EL ACTUADOR
- [] INSPECCIONE, LIMPIE Y AJUSTE LOS CONTACTOS ELÉCTRICOSDE LA SOLENOIDE EN LA VÁLVULA DE SHUTDOWN
- [] REALICE PRUEBAS DE CORRECTA OPERACIÓN Y REPOCIÓN DELA VÁLVULA SOLENOIDE DE DOS VÍAS QUE CONTROLA ELSUMINISTRO DE AIRE AL ACTUADOR
- [] PARA FINALIZAR LUBRIQUE TANTO EL CUERPO COMO ELACTUADOR INYECTANDO GRASA POR LAS GRASERASDISPUESTASPARA TAL FIN.
- [] NORMALICE LA OPERACIÓN DE LA VÁLVULA DE SHUTDOWN EINFORME AL OPERADOR LA CONDICIÓN EN QUE DEJA LA MISMA
- [] DILIGENCIAR FORMATO DE VERIFICACION DE ELEMENTOS DESALVAGUARDA.

Actualmente tres de las cuatro rutinas que hay para estas válvulas cuentan con APL solicitando el kit de empaquetaduras, dos de las cuales tienen asignado el mismo kit. Para cambiar dicho kit es necesario bajar el actuador y desarmar, lo cual es dispendioso y si no se tiene el conocimiento suficiente en la operación y mantenimiento de estos equipos puede llegar a ser peligroso. No es común una falla asociada a la válvula, y la principal recomendación del fabricante es que operen al menos una vez al mes para que sus partes móviles se lubriquen, ya que el permanecer mucho tiempo en una sola posición puede dar lugar a que se cristalice la grasa o lubricante que tenga al interior y se peguen, dando lugar a dificultades a la hora de operar ante una emergencia. Se propone una rutina mensual para hacer que la válvula actúe y verificar recorrido, ruidos y fugas tal como menciona el paso a paso, para lo cual se requiere una pareja de instrumentistas y el tiempo estimado de ejecución sería de 2 HH.

4.1.2 Propuesta

Una vez analizadas las rutinas que actualmente se tiene y su distribución por equipos, se pretende lanzar una propuesta que teniendo en cuenta lo ya identificado a lo largo de todo el proyecto, especialmente en la sección 4.1.1, brinde una mejoras significativas al plan de mantenimiento que actualmente rige para los separadores de crudo en la batería Monal, y en general pueda ser replicado en todas las baterías de la coordinación San Francisco que están instrumentadas de forma similar. Igualmente la figura 14 muestra una comparación gráfica entre los costos y tiempos de los dos planes de mantenimiento.

Tabla 12. Propuesta de optimización rutinas de mantenimiento separadores batería Monal

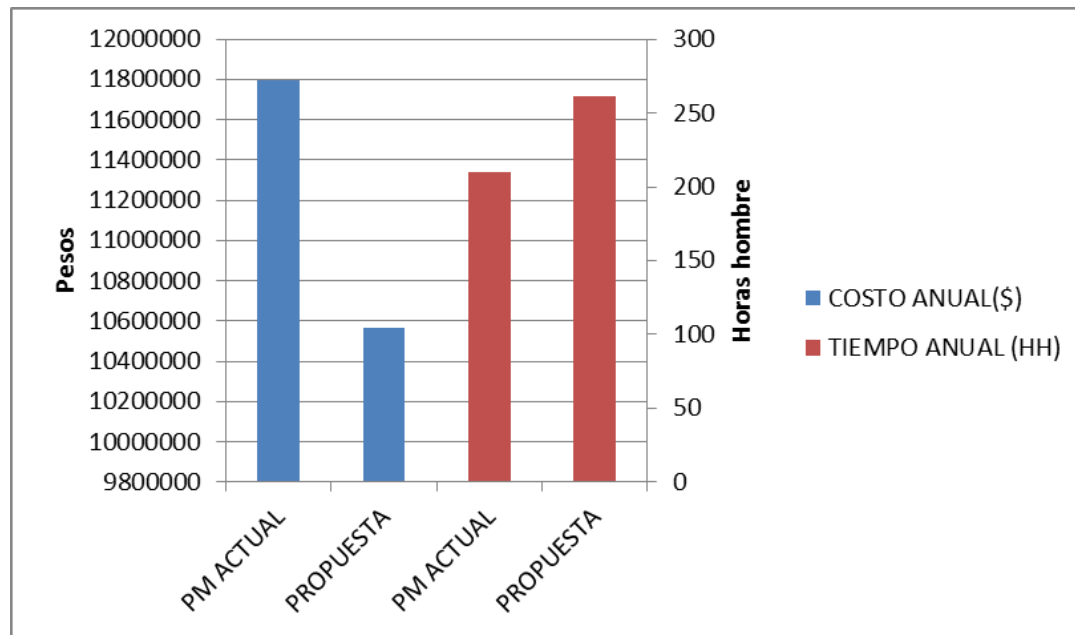
Std Job	Descripción rutina	Sep 101	Sep 102	Sep 103	Sep 104	Sep 105	APL	Recurso	Tiempo HH	Observaciones
SF0028	MP1A control de nivel	X	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	4	Se ajusta, estandariza para todos los separadores y reduce el tiempo de ejecución en 2 HH.
SF0091	MP1A tablero neumático	--	X	X	X	X	SI	Pareja instrumentistas	6	Se ajusta y reduce periodicidad. Se agrega APL.
SFXXXX	MP3M tablero neumático	--	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	3	Rutina nueva. Se debe crear.
SF0099	MP1A transmisor de flujo	X	--	--	--	--	NO	Pareja instrumentistas	3	Se ajusta y reduce periodicidad y tiempo de ejecución en 2 HH.
SF0103	MP1A switch de nivel eléctrico	X	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	4	Se ajusta y asigna para los switch que manejan señales eléctricas (alarma) en todos los separadores.
SFXXXX	MP1A switch de nivel neumático	X	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	4	Rutina nueva. Se debe crear.
SF0106	MP1A switch de presión eléctrico	X	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	3	Se ajusta, estandariza para

										todos los separadores y reduce tiempo de ejecución en 1 HH.
SFXXXX	MP1A switch de presión neumático	X	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	3	Rutina nueva. Se debe crear.
Std Job	Descripción rutina	Sep 101	Sep 102	Sep 103	Sep 104	Sep 105	APL	Recurso	Tiempo HH	Observaciones
SF0145	MP1A válvula deslizante	X	X	X	X	X	SI	Pareja instrumentistas	4	Se ajusta y estandariza para todos los separadores y se reduce tiempo de ejecución en 2 HH. Se agrega APL para el regulador.
SFXXXX	MP1A indicador presión	X	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	2	Rutina nueva. Se debe crear.
SFXXXX	MP1A indicadortemperatura	X	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	2	Rutina nueva. Se debe crear.
SFXXXX	MP1A indicador nivel	X	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	2	Rutina nueva. Se debe crear.
SF0191	MP1A válvula de seguridad	--	--	--	X	X	NO	Pareja instrumentistas/Camión grúa con canasta	6	Se ajusta y se reduce tiempo de ejecución en 6 HH.
SF0444	MP1A válvula de seguridad	X	X	X	--	--	NO	Pareja instrumentistas	8	Se ajusta y se asigna a los que no tienen acceso para el camión grúa.
SF0443	MP1M válvula de	X	X	X	X	X	NO	Pareja instrumentistas	2	Se ajusta,

	shutdown									estandariza para todos los separadores y reduce el tiempo de ejecución en 4 HH
--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Ellipse

Figura 14. Comparativo plan de mantenimiento antiguo Vs propuesto separadores Monal



Fuente: Ellipse

5. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la presente monografía, se puso en evidencia la falta de revisión periódica de los planes de mantenimiento a los separadores de la batería Monal, pues no solo fueron los errores en los estándares lo que marcó la pauta, sino el hecho de encontrar muchos instrumentos esenciales para la operación de la vasija por fuera de las rutinas de mantenimiento; en este punto fue clave el inventario realizado a la instrumentación en sitio. A pesar de que todos los separadores generales eran idénticos, los planes de mantenimiento eran distintos, incluso unos con repuestos y otros no.

Conocer la filosofía de operación del equipo e interactuar con el personal técnico a cargo, permitió identificar el verdadero alcance que se le debe dar a las intervenciones realizadas, de forma tal que se puedan “aterrizar” los paso a paso de las actividades propuestas y asegurar una intervención completa que garantice la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. A pesar de que en la propuesta realizada las horas hombre efectivas sufrieron un incremento en el total anual, el costo del mantenimiento disminuyó un poco para la misma cantidad de tiempo, lo que lo hace económicamente viable, así como la cantidad de estándares. Ello como resultado de la depuración de repuestos que se piden para el mantenimiento pero que no se requieren a la hora de ejecutarlo.

Para este caso el haber realizado un ejercicio de optimización a un plan de mantenimiento existente fue una experiencia rápida y reveladora, pues los hallazgos encontrados, más allá del ahorro económico que no fue relevante, aseguran que todo instrumento cuente con su rutina de mantenimiento y se realicen los ajustes preventivos antes de que ocurran las fallas que pueden dar lugar a un incidente mayor. Por otro lado su implementación no sería traumática, y dadas las condiciones de las otras facilidades, replicar la propuesta de optimización en esos lugares resulta fácil y rápido, permitiendo mantener un estándar de mantenimiento, lo cual es difícil de conseguir en la mayoría de industrias.

BIBLIOGRAFIA

- AMENDOLA, Luis. Confiabilidad Operacional, capitulo 6 Mantenimiento RCM 2011
- BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Esp. Gerencia de Mantenimiento. 2013.
- CORREA BALLESTEROS, Fredy. Metodología para implementar modelo de confiabilidad basado en PMO para concretos ARGOS S.A. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Esp. Gerencia de Mantenimiento. 2012.
- GARCIA GARRIDO, Santiago. Colección de Mantenimiento industrial. Renovetec 2009
- GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Esp. Gerencia de Mantenimiento. 2013.
- HERNANDEZ MOSQUERA, Carlos E. Modelo estratégico de implementación de RCM en filtros de inyección de agua de servicios petroleros. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Esp. Gerencia de Mantenimiento. 2009.
- OLIVES MASIP, Ramón, Quaderns de prevenció, Genaralitat de Catalunya.
- PEREZ, Carlos M. Confiabilidad y evolución del mantenimiento. Soporte & CIA LTDA. Colombia. 2011
- RAYO PEINADO, Juan P. Optimización del plan de mantenimiento. Preditec/IRM S.A. 2012.
- RUBIANO DAZA, Henry. La Industria Petrolera en el Huila en la Década del 90. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Tesis Doctoral. 2010.
- RUIZ, José C. Sistemas de seguridad IEC 61508. SIEMSA Control y sistemas S.A.
- VALDERRAMA, Maria Del Pilar. Optimización del plan de mantenimiento. Confiabilidad.net - <http://confiabilidad.net/tutoriales/optimizacion-del-plan-de-mantenimiento-parte-1/>

Citas de internet:

<http://www.mailxmail.com/curso-confiabilidad-operacional/aplicacion-rcm>

http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/PMO2.pdf

ANEXOS

ANEXO A. Matriz de valoración de riesgos – proceso mantenimiento

	VALORACIÓN PROPUESTA		Version Beta
	MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS - RAM Proceso Mantenimiento		VERSION: 3 / 1/1
			17/04/2012

MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS - RAM Proceso Mantenimiento

CONSECUENCIAS							PROBABILIDAD				
Personas	Economica costo de reparación	Ambiental	Clientes	Imagen de la Empresa	Pérdidas de Producción por campo		A 1 vez cada 5 años o más	B 1 vez cada 3 años	C Ocurre entre 1 y 3 veces al año	D Ocurre entre 4 y 10 veces al año	E Ocurre más de 10 veces al año
Una o mas fatalidades Nota 1	Catastrofica > 100.000	Contaminación Irreparable	Veto como proveedor	Internacional	> 15 % Producción diaria	5	M ○	M ○	H ○	H ○	VH ○
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave US 25.000 - 100.000	Contaminación Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	8 - 15% Producción diaria	4	L ○	M ○	M ○	H ○	H ○
Incapacidad temporal (> 1 día)	Severo US 10.000 - 25.000	Contaminación Localizada	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	5 - 8 % Producción diaria	3	N ●	L ○	M ○	M ○	H ○
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante US 1.000 - 10.000	Efecto Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2 - 5% Producción diaria	2	N ●	N ●	L ○	L ●	M ○
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal < US 1.000	Efecto Leve	Incumplir especificaciones	Interna	< 2% Producción diaria	1	N ●	N ●	N ●	L ○	L ○
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	Ninguna	0	N ●	N ●	N ●	N ●	L ○

Nota 1. Todo accidente con fatalidad(es) debe ser valorado como MUY ALTO (VH) ; teniendo en cuenta que toda fatalidad es un riesgo intolerable.

ANEXO B. Documento guía para el reporte inmediato de falla

CAMPOS REPORTE INMEDIATO DE FALLA - ELLIPSE RESPONSABILIDAD INTEGRAL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		MECANICOS ASOCIADOS S.A.
ELABORADO: 12/04/2011		VERSIÓN: 01 18/09/2012
1. DATOS BASICOS DE LA FALLA (Seleccione solo una opción para cada ítem)		
1.1 MODO DE FALLA (Seleccione la opción mas relevante de la falla):		
<input type="checkbox"/> ALTO NIVEL DE ALARMA FALSA - SHH	<input type="checkbox"/> BAJA PRESION DE ACEITE - LBP	<input type="checkbox"/> BAJA SALIDA - LOO
<input type="checkbox"/> BAJO NIVEL DE ALARMA FALSA - SLL	<input type="checkbox"/> DEFICIENCIA ESTRUCTURAL - STD	<input type="checkbox"/> VIBRACIÓN - VIB
<input type="checkbox"/> VOLTAJE SALIDA DEFECTUOSO - FOV	<input type="checkbox"/> EFECTO NO INMEDIATO - NON	<input type="checkbox"/> FALLA ABRIR AL REQUERIRSE - FTO
<input type="checkbox"/> FALLA AL DESCONECTAR - FDC	<input type="checkbox"/> FALLA AL DESCONECTAR CON CARGA - FTD	<input type="checkbox"/> FALLA AL INICIAR EN DEMANDA - FTS
<input type="checkbox"/> FALLA AL ROTAR - FRO	<input type="checkbox"/> FALLA CERRAR AL REQUERIRSE - FTC	<input type="checkbox"/> FALLA DE AMARRE - MOF
<input type="checkbox"/> FALLA FUNCIONAMIENTO PREVISTO - FTI	<input type="checkbox"/> FRECUENCIA SALIDA DEFECTUOSA - FOF	<input type="checkbox"/> FUGA EN POSICION CERRADA - LCP
<input type="checkbox"/> FUGA EXTERNA MEDIO AUXILIAR - ELU	<input type="checkbox"/> FUGA EXTERNA MEDIO DE PROCESO - ELP	<input type="checkbox"/> FUGA INTERNA - INL
<input type="checkbox"/> FALLA FUNCIONAMIENTO - FTF	<input type="checkbox"/> SALIDA ERRATICA - ERO	<input type="checkbox"/> OPERACION RETRASADA - DOP
<input type="checkbox"/> PERDIDA COMUNICACION CONTROL - CLW	<input type="checkbox"/> PERDIDA DE CARGA - LOA	<input type="checkbox"/> PERDIDA DE INDICACION DE NIVEL - LOB
<input type="checkbox"/> PERDIDA DE REDUNDANCIA - LOR	<input type="checkbox"/> POTENCIA INSUFICIENTE - POW	<input type="checkbox"/> PROBLEMAS MENORES DE SERVICIO - SER
<input type="checkbox"/> TRUJIDO - NOI	<input type="checkbox"/> SOBRECALENTAMIENTO - OHE	<input type="checkbox"/> TAPONAMIENTO/RESTRINGIDO - PLU
<input type="checkbox"/> BAJA TRANSFERENCIA DE CALOR - HIO		<input type="checkbox"/> DESLIZAMIENTO - SLP
<input type="checkbox"/> FALLA AL CONECTAR - FCO		<input type="checkbox"/> FALLA AL PARAR EN DEMANDA - STP
<input type="checkbox"/> FALLA DE TRANSMISION DE SENAL - PTF		<input type="checkbox"/> FUGA EXTERNA - COMBUSTIBLE - ELF
<input type="checkbox"/> FUGA EXTERNA - COMBUSTIBLE - ELF		<input type="checkbox"/> LECTURA ANORMAL DE INSTRUMENTO - AIR
<input type="checkbox"/> OPERACION INCORRECTA - SPO		<input type="checkbox"/> ROTURA - BRD
<input type="checkbox"/> PERDIDA DE POZO - WCL		<input type="checkbox"/> OTRO - UNK: _____
1.1.1 OBSERVACIONES MODO DE FALLA (Obligatorio para el sistema Ellipse): _____		
1.2 TIPO DE FALLA - MECANISMO (Seleccione la opción mas relevante de la falla):		
<input type="checkbox"/> FALLA ELE-CORTOCIRCUITO - ELE1	<input type="checkbox"/> FALLA ELE-CIRCUITO ABIERTO - ELE2	<input type="checkbox"/> FALLA ELE-SIN POTENCIA - ELE3
<input type="checkbox"/> FALLA ELE-FALLA TIERRA/ISLAMIE - ELE5	<input type="checkbox"/> FACTOR EXT.-BLOQUEA/TAPADO - EXT1	<input type="checkbox"/> FACTOR EXT.-CONTAMINACION - EXT2
<input type="checkbox"/> FALLA INSTRUM.-FALLA CONTROL - INS1	<input type="checkbox"/> FALLA INSTRUME.-SIN SENAL - INS2	<input type="checkbox"/> FALLA INSTRUM.-SENAL ERRONEA-INS3
<input type="checkbox"/> FALLA MATERIAL-CAVITACION - MAT1	<input type="checkbox"/> FALLA MATERIAL-CORROSION - MAT2	<input type="checkbox"/> FALLA MATERIAL-EROSION - MAT3
<input type="checkbox"/> FALLA MATERIAL-FRACTURA - MAT5	<input type="checkbox"/> FALLA MATERIAL-FATIGA - MAT6	<input type="checkbox"/> FALLA MAT-SOBRECALENTAM - MAT7
<input type="checkbox"/> FALLA MEC-FUGA - MEC1	<input type="checkbox"/> FALLA MEC-VIBRACION - MEC2	<input type="checkbox"/> FALLA MEC-TOLERANCIALINEAC - MEC3
<input type="checkbox"/> FALLA MEC-AFLOJAMIENTO - MEC5	<input type="checkbox"/> FALLA MEC-AGARROTAMIENTO - MEC6	<input type="checkbox"/> FALLA ELE-POT/VOLT DEFECTUOSO - ELE4
<input type="checkbox"/> FALLA INSTRUM-FALLA SOFTWARE - INS5		<input type="checkbox"/> FALLA INSTRUM-FUERA DE AJUSTE - INS4
<input type="checkbox"/> FALLA MATERIAL-DESGASTE - MAT4		<input type="checkbox"/> FALLA MATERIAL-ESTALLIDO - MAT8
<input type="checkbox"/> FALLA MEC-DEFORMACION - MEC4		
1.2.1 OBSERVACIONES (Obligatorio para el sistema Ellipse): _____		
1.3 CAUSA DE FALLA (Seleccione la opción mas relevante de la falla):		
<input type="checkbox"/> DISEÑO-CAPACIDAD NO APROPIADA - DIS1	<input type="checkbox"/> DISEÑO-MATERIAL NO APROPIADO - DIS2	<input type="checkbox"/> DISEÑO-DISEÑO NO APROPIADO - DIS3
<input type="checkbox"/> FALLA ADMON-ERROR DOCUMENTAL - ADM1	<input type="checkbox"/> FALLA OPE/MTTO-ERROR MTTO - OPE3	<input type="checkbox"/> FALLA OPE/MTTO-DESGASTE NORMAL - OPE4
<input type="checkbox"/> FALLA OPE/MTTO-ERROR OPERACION - OPE2	<input type="checkbox"/> FALLA ADMON-ERROR ADMON - ADM2	<input type="checkbox"/> FALLA OPE/MTTO-FUERA DE DISEÑO - OPE1
<input type="checkbox"/> FABRICACION-ERROR INSTALACION - FAB2	<input type="checkbox"/> FABRICACION-ERROR FABRICACION - FAB1	
1.3.1 OBSERVACIONES (Obligatorio para el sistema Ellipse): _____		
2. UBICACIÓN DEL EQUIPO Y PARTE (Seleccione solo una opción para cada ítem)		
2.1 SISTEMA (Seleccione una sola opción):		
<input type="checkbox"/> BUS COMUNICACIÓN - BUSCM	<input type="checkbox"/> CONTROL MODULO ENTRADA - CMDEN	<input type="checkbox"/> CONTROL MODULO SALIDA - CMDSA
<input type="checkbox"/> CONTROLES - CONTR	<input type="checkbox"/> CONTROL SUPERFICIE - COTSP	<input type="checkbox"/> ESTRUCTURA EXTERNA TK - ESEXT
<input type="checkbox"/> GENERADOR ELECTRICO - GENEL	<input type="checkbox"/> GENERADOR A GAS - GNEGS	<input type="checkbox"/> LINEAS Y COMUNICACIÓN - LINCO
<input type="checkbox"/> SENSOR INTERFACE - SEINT	<input type="checkbox"/> SISTEMA DE ENFRIAMIENTO - SIFRE	<input type="checkbox"/> SISTEMA DE LUBRICACION - SILUB
<input type="checkbox"/> TRANSMISION - TRASM	<input type="checkbox"/> TRUBINA DE FUERZA - TURFU	<input type="checkbox"/> UNIDAD BOMBA - UNBOM
<input type="checkbox"/> UNIDAD COMPRESORA - UNCOM	<input type="checkbox"/> UNIDAD DE POTENCIA - UNPOT	<input type="checkbox"/> UN. POTENCIA COMBUSTION - UPCOM
<input type="checkbox"/> UN. POTENCIA ELECTRICA - UPELE		<input type="checkbox"/> CONTROL Y MONITOREO - CONMT
<input type="checkbox"/> ESTRUCTURA INTERNA TK - ESINT		<input type="checkbox"/> SISTEMA DE ARRANQUE - SIARR
<input type="checkbox"/> SISTEMA SELLO Y ACEITE - SISLA		<input type="checkbox"/> UNHCA - UNIDAD HDCA
<input type="checkbox"/> VALVULA Y ACTUADOR - VALAC		
2.2 PARTE (Ver listado siguiente pagina): _____		
2.2.1 OBSERVACIONES (Obligatorio para el sistema Ellipse): _____		
3 OTROS MANTENIMIENTO (Seleccione solo una opción para cada ítem)		
3.1 ESPECIALIDAD:		
<input type="checkbox"/> ESP. ELECTRICIDAD - EL	<input type="checkbox"/> ESP. ELECTRONICA - ET	<input type="checkbox"/> ESP. INST Y CONTROLES - IC
<input type="checkbox"/> ESP. MECANICA - ME	<input type="checkbox"/> ESP. METALISTERIA - MT	<input type="checkbox"/> ESP. OBRAS CIVILES - OC
<input type="checkbox"/> ESP. VIDRIERIA - VI		<input type="checkbox"/> ESP. LINEAS Y TANQUES - LT
<input type="checkbox"/> ESP. MTTO SUBSUELO - PS		
3.2 METODO DETECCIÓN:		
<input type="checkbox"/> EN DEMANDA - ENDM	<input type="checkbox"/> INSPECCION - INSP	<input type="checkbox"/> INTERFERENCIA PRODUCCION - INPO
<input type="checkbox"/> MTTO CORRECTIVO - MTCO	<input type="checkbox"/> MTTO PERIODICCO - MTPE	<input type="checkbox"/> PRUEBA FUNCIONAL - PRFU
<input type="checkbox"/> MONITOREO CONTINUO - MCCO		<input type="checkbox"/> OTROS - OTRO
3.3 ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO ELLIPSE (Seleccione la opción mas relevante):		
<input type="checkbox"/> AJUSTAR - AJUST	<input type="checkbox"/> CHEQUEAR (RESET) - CHEQR	<input type="checkbox"/> INSPECCION PERIODICA OPER - INSPE
<input type="checkbox"/> REPARACION PARADA - OVERH	<input type="checkbox"/> REPARACION MENOR - RCTIF	<input type="checkbox"/> REEMPLAZAR - REEMP
<input type="checkbox"/> PRUEBA PERIODICA - TEST	<input type="checkbox"/> NINGUNO - NINGU	<input type="checkbox"/> MODIFICAR - MODIF
<input type="checkbox"/> REPARACION MAYOR - REPAR		
3.4 SEVERIDAD:		
<input type="checkbox"/> NINGUN EFECTO - 1	<input type="checkbox"/> LEVE - 2	<input type="checkbox"/> MENOR - 5
<input type="checkbox"/> MASIVO - 50		<input type="checkbox"/> LOCALIZADO - 10
		<input type="checkbox"/> MAYOR - 20
3.5 PROCESO:		
<input type="checkbox"/> ING DE MTTO Y CONFIABILIDAD - IMC	<input type="checkbox"/> MANTENIMIENTO DIA A DIA - MDD	<input type="checkbox"/> MANTTO CON PARADA DE PLANTA - MPP
<input type="checkbox"/> PROYECTOS DE MANTENIMIENTO - PDM	<input type="checkbox"/> CONTRATACION DE MTTO - CDM	<input type="checkbox"/> OPERACIONES - OPE




CAMPOS REPORTE INMEDIATO DE FALLA - ELLIPSE
RESPONSABILIDAD INTEGRAL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
 ELABORADO: 12/04/2011 VERSIÓN: 01 18/09/2012



LISTADO DE PARTES QUE FALLAN (Para diligenciar el punto 2.2)

PARTES MECANICAS	PARTES INSTRUMENTACIÓN	PARTES ELECTRICAS	OTRAS PARTES
ACOPL - ACOPL	IO004 - BANDA	E0002 - ACEITE	TBOQ - BOQUILLA
ANILL - ANILLO DE DESGASTE	IO008 - BANCO OPTICO	E0016 - BUJE	TBRI - BRIDAS DEL CUERPO
MO001 - ALTERNADOR	IO009 - BANO DE CALENTAMIENTO	E0020 - CABLEADO DE CONTROL	TCFI - CABEZAL FIJO
MO002 - ARRANQUE	IO010 - BANO DE ENFRIAMIENTO	E0032 - CONTROLADOR	TCFL - CABEZAL FLOTANTE
MO003 - BATERIA	IO016 - CELDA DE INFRARROJO	E0056 - FUENTE	TCOU - COUPLINGS
MO004 - BUJES	IO020 - CONVERSOR ANALOGO-DIGITAL	E0060 - FUSIBLE	TCUE - CUERPO
MO007 - BOMBA DE INYECCION	IO024 - CONVERSOR DIGITAL-ANALOGO	E0072 - RECTIFICADOR	TTHZ - TUBOS HAZ
MO008 - BOMBA HIDRAULICA	IO028 - CONVERTIDOR DC/DC	E0076 - REGLETA DE CONEXION	TTME - TUBERMA MENOR
MO012 - CARTER	IO032 - COLUMNA	E0080 - RELE	TTUP - TUBERMA PROCESO
MO016 - CASQUETE	IO034 - CONTROL DE FLUJO	E0090 - TERMICO	
MO020 - CIGUENAL	IO035 - CONTROL DE NIVEL	E0098 - TRANSFORMADOR	
MO024 - CILINDRO	IO036 - CONTROL DE PRESION	E0102 - VARIADOR	
MO028 - CONECTOR	IO037 - CONTROL DE TEMPERATURA	E0004 - BOBINA	
MO032 - CORREA	IO038 - CONTROL DE VELOCIDAD	E0008 - BOBINADO	
MO036 - CULATA	IO039 - CONTROLADOR	E0012 - BREAKER	
MO040 - CHAVETA	IO040 - CRISTAL	E0024 - CABLEADO DE POTENCIA	
MO042 - CHUMACERA	IO044 - CRT	E0028 - CONDENSADOR	
MO044 - DIAFRAGMA	IO048 - DETECTOR	E0036 - CONTACTOR	
MO048 - DRENAJE	IO052 - DISPLAY	E0040 - CONTACTO	
MO052 - DUCTO	IO056 - ELECTRODO	E0044 - ENCHUFE	
MO056 - EJE	IO060 - ELECTROVAVULA	E0048 - ESCOBILLAS	
MO060 - EMPAQUE	IO064 - FID)	E0052 - ESTATOR	
MO064 - ENGRANAJE	IO080 - FUENTE DE PODER	E0064 - MOTOR	
MO072 - FILTRO	IO085 - INTERFACE DE ENTRADA	E0068 - PULSADOR	
MO076 - FILTRO DE ACEITE	IO086 - INTERFACE DE SALIDA	E0084 - RESISTENCIA	
MO080 - FILTRO DE AGUA	IO088 - INTERRUPTOR	E0088 - ROTOR	
MO084 - FILTRO DE AIRE	IO096 - MOTOR CHOPER	E0092 - TERMINAL	
MO088 - FILTRO DE COMBUSTIBLE	IO100 - MUESTREADOR	AISLA - AISLAMIENTO ELECTRICO.	
MO090 - GOBERNADOR	IO104 - OPTOACOPLADOR		
MO092 - INYECTOR	IO108 - POTENCIOMETRO		
MO096 - MANGUERA	IO112 - PREAMPLIFICADOR		
MO100 - MOTOR	IO124 - REGULADOR DE PRESION		
MO104 - PALANCA	IO128 - REGULADOR DE VOLTAJE		
MO112 - PALETAS	IO132 - RECEPTOR OPTICO		
MO116 - PINON	IO140 - RTD		
MO120 - PISTON	IO144 - SENSOR DE NIVEL		
MO124 - POLEA	IO148 - SENSOR DE PRESION		
MO128 - PRESOSTATO	IO152 - SENSOR DE VACIO		
MO132 - RETENEDOR	IO156 - SONDA HALL		
MO136 - RODAMIENTO	IO160 - TARJETA ELECTRONICA		
MO144 - SELLO	IO164 - TARJETA MAGNETICA		
MO164 - TACOMETRO	IO168 - TCD		
MO168 - TAPA	IO172 - TECLADO		
MO174 - TORNILLO	IO174 - TEMPORIZADOR		
MO178 - TUBO	IO176 - TERMOSTATO		
MO182 - VALVULA	IO180 - TERMOCUPLA		
MO186 - VENTILADOR	IO188 - TRANSMISOR		
MO190 - BIELA	IO196 - VALVULA		
RODAX - RODAMIENTO AXIAL			
RODRA - RODAMIENTO RADIAL			
COJAX - COJINETE AXIAL (ACEITE)			
COJRA - COJINETE RADIAL (ACEITE)			

ANEXO C. Formato de mantenimiento, calibración y verificación (SOH-PMH-F-001)

		FORMATO DE MANTENIMIENTO, CALIBRACIÓN Y / O VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS ¹				
		OPERACIÓN Y ENTREGA DE HIDROCARBUROS SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES HUILA-TOLIMA				
		SOH-PMH-F-001	Elaborado 22/10/2012	VERSIÓN 1		
FECHA: AÑO / MES / DIA		REGISTRO N°. 10805				
ORDEN DE TRABAJO No.:						
A DATOS DEL INSTRUMENTO						
INSTRUMENTO:		TAG:	UBICACIÓN:			
MARCA:		RANGO:	EQUIPO:			
MODELO:		UNIDADES:	TIPO DE INTERVENCIÓN:			
SERIE N°:		RESOLUCIÓN:	CORRECTIVO <input type="checkbox"/> PREVENTIVO <input type="checkbox"/> PREDICTIVO <input type="checkbox"/> MEJORATIVO <input type="checkbox"/>			
DIAGNÓSTICO:						
B PATRÓN UTILIZADO						
PATRÓN	MARCA	MODELO	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	TRAZABILIDAD	
C RESULTADOS DE LA PRUEBA INICIAL NA <input type="checkbox"/>						
TIPO DE SEÑAL	PUNTOS VERIFICADOS	INDICACIÓN PATRÓN	INDICACIÓN INSTRUMENTO	ERROR	OBSERVACIONES	
	0%					
	25%					
	50%					
	75%					
	100%					
COMENTARIOS EJECUTOR:						
D RESULTADOS DE LA PRUEBA FINAL NA <input type="checkbox"/>						
TIPO DE SEÑAL	PUNTOS VERIFICADOS	INDICACIÓN PATRÓN	INDICACIÓN INSTRUMENTO	ERROR	CORRECCIÓN	OBSERVACIONES
	0%					
	25%					
	50%					
	75%					
	100%					
E REGISTRO DE PRUEBAS NA <input type="checkbox"/>						
PRUEBAS		VALOR ESPERADO		VALOR OBTENIDO	NO PASA	PASA
OBSERVACIONES:						
F ENTREGA DEL INSTRUMENTO						
RECIBIDO POR			ENTREGADO POR			
Responsable Ecopetrol			Supervisor Maritlo		Técnico Ejecutor	
FIRMA / REGISTRO:			FIRMA / REGISTRO:		FIRMA / REGISTRO:	