

**PLAN DE ESTANDARIZACION DE EQUIPOS DE REACONDICIONAMIENTO
DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE
ECOPETROL S.A.**

NIXON STIPH MOLINA BAQUERO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA
2012**

**PLAN DE ESTANDARIZACION DE EQUIPOS DE REACONDICIONAMIENTO
DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE
ECOPETROL S.A.**

NIXON STIPH MOLINA BAQUERO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE HIDROCARBUROS**

**Director:
Ing. JORGE ANDRES SACHICA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
BUCARAMANGA
2012**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	14
1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	14
1.1 EQUIPOS DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS.....	14
2. EQUIPO ESTANDAR.....	21
2.1 SISTEMA DE MOVILIDAD.....	21
2.1 SISTEMA DE LEVANTE.....	23
2.1.1 Gatos de soporte lateral de la unidad básica	23
2.1.2 Malacate principal	23
2.1.3 Malacate de suabeo.....	23
2.1.4 Hidrotratador	23
2.1.5 Freno de accionamiento mecánico	23
2.1.6 Panel de válvulas hidráulicas.....	23
2.1.7 Bomba hidráulica.....	24
2.1.8 Torre o mástil.....	24
2.1.9 Gato de izada de la primera sección.....	24
2.1.10 Gato de izada de la segunda sección	25
2.1.11 Seguro de anclaje de la segunda sección.....	25
2.1.12 Polea o Bloque viajero.....	25
2.3 EQUIPO DE MANEJO Y TORQUE.....	25
2.3.1 Trabajadero de tubería.....	26
2.3.2 Plataforma de trabajo.....	26
2.3.3 Plataforma del operador.....	26
2.3.4 Indicador de peso.....	26
2.3.6 Consola de controles	26
2.3.7 Mesa neumática para tubería	27
2.3.8 Llave hidráulica de tubería.....	27
2.3.9 Llave hidráulica de varillas.....	27
2.3.10 Elevadores.....	27

2.4	EQUIPO DE SEGURIDAD.....	27
2.4.1	Vientos.....	28
2.4.2	Limitador de carrera para bloque viajero.....	28
2.4.3	Preventor de arietes.....	28
2.4.4	Acumulador hidráulico de presión.....	28
2.4.5	Preventor anular.....	28
2.4.6	Línea de vida.....	29
2.5	SISTEMA DE ROTACIÓN.....	29
2.5.1	Subestructura y mesa rotaria.....	29
2.5.2	Swivel.....	29
2.5.3	Power Swivel.....	30
2.6	SISTEMA DE CIRCULACIÓN.....	30
2.6.1	Bomba triplex.....	30
2.6.2	Tanques de fluido.....	30
2.6.3	Múltiple de circulación “manifold”.....	30
2.6.4	Separador de petróleo y gas.....	31
3.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	32
3.1	MATRIZ DE IMPACTO.....	32
3.2	TABLA DE CRITICIDAD.....	38
3.3	ANÁLISIS.....	40
4.	CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL EQUIPO.....	36
5.	CONCLUSIONES.....	47
6.	RECOMENDACIONES.....	48
7.	BIBLIOGRAFIA.....	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1.LISTADO DE EQUIPOS DE WORKOVER DE LA SOM.....	15
TABLA 2. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO FRANKS 0165.....	16
TABLA 3. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO FRANKS 4074.....	17
TABLA 4. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO FRANKS 3979.....	18
TABLA 5. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO IDECO 2938.....	19
TABLA 6. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO IDECO 2939.....	20
TABLA 7. MATRIZ DE IMPACTO.....	33
TABLA 8. TABLA DE CRITICIDAD.....	34
TABLA 9. DESCRIPCIÓN DE FALLAS EN CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDAR.....	35

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO FRANKS 0165.....	15
FIGURA 2. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO FRANKS 4074.....	16
FIGURA 3. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO FRANKS 3979.....	17
FIGURA 4. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO IDECO 2938.....	18
FIGURA 5. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO IDECO 2939.....	19

RESUMEN

TITULO: PLAN DE ESTANDARIZACION DE EQUIPOS DE REACONDICIONAMIENTO DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE ECOPETROL S.A.

AUTOR: NIXON STIPH MOLINA BAQUERO

PALABRAS CLAVE: Reacondicionamiento de pozos, equipo de workover, estandarización de equipos, operaciones.

DESCRIPCIÓN:

La Coordinación de Subsuelo de la Superintendencia de Operaciones de Mares opera en la Gerencia Regional del Magdalena Medio en inmediaciones del municipio de Barrancabermeja Santander.

Dicha coordinación tienen cinco (5) equipos de workover de los cuales tres (3) se operan directamente con personal de Ecopetrol S.A., estos equipos no cuentan con todos los elementos que por normatividad de la industria deberían poseer, es por ello que en ciertas ocasiones es necesario realizar trabajos artesanales para acondicionar los equipos y herramientas a las labores que se realizan en la boca de pozo, esto genera riesgos que aunque son debidamente controlados, pueden llegar a ocasionar daños al personal, al equipo y/o al pozo.

Por todo esto es necesario estandarizar los equipos de reacondicionamiento para poder competir con las grandes empresas prestadoras de estos servicios, para esto se listó los principales componentes de un equipo estándar y se creó una matriz en la cual se evaluó el potencial de daño de cada componente y con esto se organizaron en una tabla de criticidad quedando los más críticos al inicio.

Con base en los resultados se estableció la necesidad de adquirir algunos equipos y por ende modificar otros, así mismo se establecieron los criterios con los cuales se les debe realizar un monitoreo continuo o periódico para evitar que generen problemas o daños.

* Monografía.

** Facultad De Ingenierías Físico Químicas, Escuela De Ingeniería De Petróleos. NG SACHICA Ávila Jorge Andrés

ABSTRACT

TITLE: STANDARDIZATION PLAN OF WORKOVER EQUIPMENT FOR THE MARES OPERATIONS SUPERINTENDENCE OF ECOPETROL S.A.

AUTHOR: NIXON STIPH MOLINA BAQUERO

KEYWORDS: Workover, equipment standardization, workover rig, operations.

DESCRIPTION:

The Subsurface Coordination of the Mares Operations Superintendencia operates at the Middle Magdalena Regional Management in the vicinity of Barrancabermeja township, Santander.

Such coordination has five (5) workover rig of which three (3) are operated directly by Ecopetrol S.A., these rigs do not have all the elements that, according to the industry standards, should have had, that is why sometimes crafts work is needed to condition the equipment and tools to the work performed in the wellhead, this creates risks that although they are properly controlled, can cause injury to personnel, equipment and/or the well.

For all this reasons it is necessary to standardize the workover rigs in order to compete with large companies providing these services, for this purpose the main components of a standard equipment were listed and a matrix was created in which was assessed the damage potential of each component and afterward organized in a table of criticality being the most critical at the beginning.

Based on the results it was established the need to purchase some equipment and hence to modify others, in the same way the criteria by which a continuous or periodic monitoring must be performed to prevent problems or damage generated was also established.

*1 Monograph.

** Physico-chemical engineering faculty. School of Petroleum Engineering. Hydrocarbon Management Specialization.
Director: Ing. Jorge Andrés Sachica Avila

GLOSARIO

API: Sigla del Instituto Estadounidense del Petróleo (American Petroleum Institute).

Ariete: Componente que cierra y sella del preventor. Los hay de tres tipos (ciegos, de tubería o de corte) y pueden instalarse en varios preventores montados en un conjunto llamado BOP.

Asa: Elemento de acero de sección circular (similar al asa de un balde, pero mucho más grande) que sirve de sostén de la cabeza de inyección y que permite conectarla al gancho. En algunas ocasiones, las dos barras cilíndricas que sirven de sostén de los elevadores y que los sujetan al gancho también se denominan asas.

Bomba: instrumento que aumenta la presión de un fluido. Las distintas clases de bombas son: alternativa, centrífuga, giratoria, de chorro de agua, de varilla de succión, hidráulica, de lodo, sumergible y de fondo de pozo.

BOP: Iniciales de blowout preventer, preventor de reventones.

Circulación: El movimiento del fluido de perforación desde el tanque de succión, pasando por la bomba, la sarta de tubería, la broca o herramienta de fondo, el espacio anular del pozo y de vuelta a los tanques.

Corrosión: proceso químico o electroquímico complejo por el cual el metal se altera o se destruye por reacción con su ambiente (agua, humedad, productos químicos, temperatura, etc.)

Cuñas: Aparatos en forma de prisma con dientes u otros elementos de agarre, utilizados para sostener tubería dentro del pozo sin que caiga dentro.

Ecopetrol S.A.: Sociedad de Economía mixta, de carácter comercial, organizada bajo la norma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, de conformidad con lo establecido en la Ley 118 de 2006.

Encuellador: miembro de la cuadrilla que maneja la punta superior de la sarta de tubería mientras se mete o se saca del pozo, también es responsable de la condición de la maquinaria de circulación y de los fluidos de trabajo.

Fluido: Toda sustancia que fluye y no opone resistencia a una fuerza que tienda a modificar su forma. El término incluye tanto a los líquidos como a los gases.

GRM: Gerencia Regional del Magdalena medio de Ecopetrol S.A.

Instituto Americano del Petróleo: Fundado en 1920, esta organización estadounidense de comercio de petróleo es el organismo principal para el establecimiento de estándares en lo que se refiere a equipamiento de perforación y explotación de pozos petrolíferos. Tiene dependencias de transporte, refinería y marketing en Washington D.C., y de producción en Dallas. También se usa para referirse a un trabajo bien hecho (“trabaja de manera API”).

Muerto (Anclaje de contraviento): Anclaje enterrado al cual se atan los contravientos de cable de acero para estabilizar la torre, el mástil, los aparejos, etc.

Salmuera: Agua saturada de sal común, o que tiene una alta concentración de sal común (cloruro de sodio), así mismo, toda solución salina que contenga otras sales, tales como cloruro de calcio, cloruro de zinc, nitrato de calcio, etc.

SOM: Superintendencia de Operaciones de Mares de Ecopetrol S.A.

Surgencia: Ingreso no deseado y no programado de agua, gas, petróleo o cualquier otro fluido de la formación al interior del pozo. Ocurre cuando la presión ejercida por la columna de fluido dentro del pozo no es suficiente para contrarrestar la presión ejercida por los fluidos de la formación perforada. Si no se toman rápidamente los controles para la surgencia necesarios o se ahoga el pozo, puede producirse un reventón.

INTRODUCCION

La Coordinación de Subsuelo de la Superintendencia de Operaciones de Mares opera en la Gerencia Regional del Magdalena Medio en inmediaciones del municipio de Barrancabermeja Santander. En dicha coordinación se tienen cinco (5) equipos de workover, de los cuales tres (3) son operados directamente por personal de Ecopetrol S.A., uno (1) está en concesión a una empresa contratista y uno (1) se encuentra en préstamo a otra gerencia.

Los equipos de workover que opera directamente personal de Ecopetrol S.A. no cuentan con todos los elementos que por normatividad de la industria deberían poseer, es por ello que en ciertas ocasiones es necesario realizar trabajos artesanales para acondicionar los equipos y herramientas a las labores que se realizan en la boca de pozo, esto genera riesgos que aunque son debidamente controlados, pueden llegar a ocasionar daños al personal, al equipo y/o al pozo.

Por esto y en miras a la misión de Ecopetrol S.A., la seguridad en los procesos, el bienestar de las áreas y un desarrollo sostenible se hace necesario realizar la estandarización de los equipos de reacondicionamiento y así competir con las empresas dedicadas en el sector al mantenimiento de pozos productores e inyectoras de agua, crudo y gas, y así mismo demostrar que Ecopetrol S.A. es una empresa de clase mundial.

1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

Esta sección es basada en el Manual de Operaciones de Reacondicionamiento de Pozos de la Gerencia Regional del Magdalena Medio, el cual fue uno de los primeros pasos en la estandarización de operaciones de workover para Ecopetrol S.A. y por medio de este se generó gran impacto dentro del personal en las secciones de reacondicionamiento de pozos en la empresa.

Para la realización del presente trabajo, el Manual de Operaciones se encuentra en periodo de actualización, por lo cual la información aquí consignada puede contener información adicional y/o complementaria a la original.

1.1 EQUIPOS DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS.

Actualmente en la Coordinación de Subsuelo de la Superintendencia de Operaciones de Mares se cuenta con (5) cinco equipos de reacondicionamiento de pozos (Ver Tabla 1)

Son equipos tipo cabrias de doble tambor en la unidad básica, con torre telescópica cuadrada, vienen montadas sobre un camión con capacidad suficiente para transportarla con sus accesorios y herramientas, el vehículo es apto para la gran variedad topográfica que se encuentra en los campos de la Gerencia Regional del Magdalena Medio.

Tabla 1. Listado de equipos de workover de la SOM.

Equipo Franks 300 - 0165	
Equipo Franks 300 - 3979	
Equipo Franks 300 - 4074	
Equipo Ideco H 25 - 2938	
Equipo Ideco H 25 - 2938	

FUENTE: EL AUTOR

Los diseños satisfacen todos los requisitos de seguridad en carretera y suministra la estabilidad y fortaleza para el tránsito a campo travesía. Está provisto de soportes delanteros y traseros apoyados en la estructura del camión para asegurar la torre cuando está desinstalada o acostada y durante el transporte.

1.1.1 Equipo Franks 300 – 0165.

Figura 1. Equipo Franks 0165.



FUENTE: EL AUTOR

Tabla 2. Características del equipo Franks 0165.

CARACTERISTICAS	
Marca	Franks
Modelo	300
Fecha de adquisición	1977
Distancia Bomper tracerio – centro del pozo.	11' 1"
Cable del malacate principal	1"
Cable del malacate auxiliar (Sand line)	9/16"
Capacidad	215.000 lb.
Capacidad en pies de tubería Drill Pipe 2 7/8"	8300
Altura de la torre	96'
Altura del trabajador de tubería.	55'
Altura del trabajador de varillas. (No instalado)	78'
Parada de tubería.	Dobles
Equipo de rotación.	Mesa Rotaria
Equipo de bombeo.	Power Swivel.

FUENTE: EL AUTOR

1.1.2 Equipo Franks 300 – 4074.

Figura 2. Equipo Franks 4074.



FUENTE: EL AUTOR

Tabla 3. Características del equipo Franks 4074.

CARACTERISTICAS	
Marca	Franks
Modelo	300
Fecha de adquisición	1990
Distancia Bomper tracero – centro del pozo.	11' 1"
Cable del malacate principal	1"
Cable del malacate auxiliar (Sand line)	9/16"
Capacidad	215.000 lb.
Capacidad en pies de tubería Drill Pipe 2 7/8"	8300
Altura de la torre	96'
Altura del trabajador de tubería.	55'
Altura del trabajador de varillas. (No instalado)	78'
Parada de tubería.	Dobles
Equipo de rotación.	Mesa Rotaria
Equipo de bombeo.	Power Swivel.

FUENTE: EL AUTOR

1.1.3 Equipo Franks 300 – 3979.

Figura 3. Equipo Franks 3979.



FUENTE: EL AUTOR

Tabla 4. Características del equipo Franks 3979.

CARACTERISTICAS	
Marca	Franks
Modelo	300
Fecha de adquisición	1988
Distancia Bomper tracero – centro del pozo.	11' 1"
Cable del malacate principal	1"
Cable del malacate auxiliar (Sand line)	9/16"
Capacidad	215.000 lb.
Capacidad en pies de tubería Drill Pipe 2 7/8"	8300
Altura de la torre	96'
Altura del trabajador de tubería.	55'
Altura del trabajador de varillas. (No instalado)	78'
Parada de tubería.	Dobles
Equipo de rotación.	Mesa Rotaria
Equipo de bombeo. (No instalado)	Power Swivel.

FUENTE: EL AUTOR

1.1.4 Equipo Ideco H 25 – 2938.

Figura 4. Equipo Ideco 2938.



FUENTE: EL AUTOR

Tabla 5. Características del equipo Ideco 2938.

CARACTERISTICAS	
Marca	Ideco
Modelo	H 25
Fecha de adquisición	1970
Distancia Bomper tracero – centro del pozo.	9.2'
Cable del malacate principal	7/8"
Cable del malacate auxiliar (Sand line)	9/16"
Capacidad	120.000 lb.
Capacidad en pies de tubería Drill Pipe 2 7/8"	4500
Altura de la torre	90'
Altura del trabajador de tubería.	55'
Altura del trabajador de varillas.	No instalado
Parada de tubería.	Dobles
Equipo de rotación.	No tiene
Equipo de bombeo. (No instalado)	Power Swivel.

FUENTE: EL AUTOR

1.1.5 Equipo Ideco H 25 – 2939.

Figura 5. Equipo Ideco 2939



FUENTE: EL AUTOR

Tabla 6. Características del equipo Ideco 2939.

CARACTERISTICAS	
Marca	Ideco
Modelo	H 25
Fecha de adquisición	1970
Distancia Bomper tracero – centro del pozo.	9.2'
Cable del malacate principal	7/8"
Cable del malacate auxiliar (Sand line)	9/16"
Capacidad	120.000 lb.
Capacidad en pies de tubería Drill Pipe 2 7/8"	4500
Altura de la torre	90'
Altura del trabajadero de tubería.	55'
Altura del trabajadero de varillas.	No instalado
Parada de tubería.	Dobles
Equipo de rotación.	No tiene
Equipo de bombeo. (No instalado)	Power Swivel.

FUENTE: EL AUTOR

2. EQUIPO ESTANDAR

(Componentes, equipos y herramienta satélite).

En este capítulo se describirán los elementos que componen un equipo de reacondicionamiento estándar, algunos aditamentos y herramientas especiales propias para las condiciones operativas y de seguridad de los trabajos de reacondicionamiento de pozos, se presentará una breve descripción del componente del equipo y se comparará el tipo de componente con el que cuenta los equipos de la Superintendencia de Operaciones de Mares de Ecopetrol S.A.

A continuación se describen los componentes y herramientas más importantes del equipo divididos en seis grupos: sistema de movilidad, sistema de levante, equipo de manejo y torque, equipo de seguridad, sistema de rotación y sistema de circulación.

2.1 SISTEMA DE MOVILIDAD.

Elementos que permiten a la unidad básica trasladarse por sus propios medios de un lugar a otro como equipo autopropulsado. Entre ellos se encuentran:

Motor y transmisión. Es el corazón del equipo, con estos elementos se transmite la potencia y el torque a las ruedas del equipo y a los malacates del sistema de levante. Los equipos Frank fueron repotenciados para llevar motores electrónicos marca Cummins de 4 tiempos que ofrecen 375 caballos de potencia en comparación con los 294 y 240 que ofrecían los motores de 2 y 4 tiempos anteriores.

1.1.6 Chasis. Estos equipos poseen un bastidor o chasis en acero de alta resistencia, para soportar y servir de base para mástil y cabria, con altura fija con bases transversales de apoyo para tubería y cabria, incluyen el anclaje de la línea del cable muerto en la plataforma y un carretel auxiliar para correr o renovar cable del carretel principal.

1.1.7 Cabina del vehículo. Su estructura es sencilla, con capot, cojines con ajuste lumbar, con apoyacabeza; cinturones de seguridad, tablero de control para motor, servotransmisión y vehículo, espejos retrovisores, luces tipo halógeno para carretera, de parqueo, techo, reflectoras para trabajo pesado y en zonas apartadas y licuadora giratoria color naranja encima de la cabina.

1.1.8 Panel de instrumentos de cabina. El panel de instrumentos incluye tacómetros del motor y la servotransmisión (rpm), indicador de temperatura del motor, panel de velocidades de la servotransmisión, con luz testigo para cada cambio de potencia, indicador de presión de aceite para el motor y la servotransmisión, indicador de engrane de contraeje para transporte del vehículo, cable de apagado del motor o switch de emergencia y horómetro para el motor principal.

1.1.9 Accesorios para el vehículo. Estos vehículos están dotados con los accesorios reglamentarios para carretera (gato hidráulico, llave de tacones, extintor, botiquín de primeros auxilios, señales de estacionamiento y caja porta – herramientas instaladas con sus respectivos seguros)

1.1.10 Tanques de combustible. Poseen dos tanques de combustible (ACPM) intercomunicados, con sus respectivos visores de nivel, filtros, separadores de agua en la línea de suministro al motor y trampas para drenaje de condensación de agua.

2.1 SISTEMA DE LEVANTE.

Conjunto de elementos por medio de los cuales es posible levantar o bajar un conjunto de tuberías, varillas o herramientas fuera o dentro de un pozo, sus principales componentes son:

2.1.1 **Gatos de soporte lateral de la unidad básica.** Los equipos poseen dos gatos (patas) hidráulicos, de una etapa, con sus respectivas conexiones, válvulas, mangueras, bases soportes y seguros para transporte.

2.1.2 **Malacate principal.** El tambor principal está devanado con cable de acero de 1 pulgada para los FRANK'S 300 y de 7/8 de pulgada para los FRANKS 200 y los IDECO, para un bloque viajero de 6 líneas.

2.1.3 **Malacate de suabeo.** Todos los equipos poseen tambor de sand line con cable de 9/16, para los trabajos de achicamiento de tubería, estimulación mecánica y corrida de herramientas con cable.

2.1.4 **Hidrotratador.** Los equipos están dotados de un freno hidromático de alta velocidad, impulsado por una cadena desde el eje del tambor principal. El accionamiento del hidromático se obtiene por medio de una válvula de control en la consola del operador.

2.1.5 **Freno de accionamiento mecánico.** Es una barra metálica "pata de cabra" montada al lado del operador, con su respectiva cadena de seguridad.

2.1.6 **Panel de válvulas hidráulicas.** Se encuentra en la parte lateral izquierda del equipo. En ella se encuentran los controles de la primera y segunda sección de la torre, de los soportes (gatos laterales) hidráulicos del chasis, la válvula del bypass, el acelerador de la llave hidráulica, y en algunos equipos el winche.

2.1.7 Bomba hidráulica. Responsable de proporcionar la fuerza hidráulica necesaria (por medio de la presión de aceite) para accionar los gatos del chasis, el pistón principal, el cilindro telescópico, la dirección hidráulica del equipo y las llaves hidráulicas para tubería y varilla.

El sistema hidráulico del equipo incluye también: el tanque hidráulico, válvulas direccionales, líneas y mangueras, racores, conexiones, filtros y planos; identificación de las válvulas en los controles de accionamiento con plaquetas adheridas al chasis, consola del operador y panel de control en la cabina del equipo, en idioma español.

2.1.8 Torre o mástil. Estos equipos cuentan con su respectiva torre tipo telescópica de dos secciones, de máxima estabilidad torsional, diseño de superficie abierta, soportes de acero, con mecanismos de trinquetes (cascos de mula) que aseguran la transferencia positiva de carga de la segunda sección a la primera, con cilindros hidráulicos para levantar y extender con confiabilidad y simplicidad de la estructura. En estructura cuadrada que garantiza máxima rigidez y que la hace apta para resistir altas tensiones, posee una tarima (trabajadero) para la acumulación de tubería parada en dobles, equipada con peines (tranches) laterales provistos con cierres de seguridad.

La torre tiene aditamentos para los vientos, desde la corona, con alojamientos para el cilindro hidráulico y soporte para la llave hidráulica para tubería, Posee anclajes al camión de tipo bisagra, de fácil y seguro montaje y desmontaje e instalación; posee lámparas de seguridad para funcionamiento a 110 y 220 voltios. Incluye dos cilindros hidráulicos para los soportes de la torre al piso o la viga principal (viga papá), para su nivelación, con control de operación desde la consola del chasis.

2.1.9 Gato de izada de la primera sección (Pistón principal). Consiste en un pistón tipo telescópico de doble acción, con sus respectivas conexiones, racores, sujetadores, válvulas de control direccional y válvulas de seguridad

tipo contrabalance para levantamiento, plegamiento y extensión de la estructura de la torre. Es accionado por medio de la presión de la bomba hidráulica, para levantar o bajar la primera sección de la torre.

2.1.10 Gato de izada de la segunda sección (Cilindro telescópico). Consiste en un cilindro de doble acción, instalado en la torre, para extensión y retracción de la segunda sección o sección superior. Posee sus respectivas conexiones, racores, sujetadores, válvulas de control direccional y válvulas de seguridad tipo contrabalance en las líneas o puertos de presión del gato, para asegurarla contra caídas repentinas durante la operación, la válvula de venteo superior, y un retorno al tanque y los centralizadores.

2.1.11 Seguro de anclaje de la segunda sección. En el argot petrolero se les denomina “cascos de mula”, su función es permitir el anclaje de la segunda sección con la primera, se caracteriza por originar una señal sonora en su accionamiento, que permite constatar cuando esta sección se halle perfectamente apoyada o anclada sobre la estructura de la primera sección.

2.1.12 Polea o Bloque viajero. La polea viajera, en realidad es un bloque o sistema de poleas, que suben o bajan conforme el cable de acero del equipo sea recogido o alimentado en el malacate. Mientras más poleas se utilicen para laborear el cable, mayor es el peso que la polea viajera puede subir o bajar - mayor es su capacidad-. Se sujeta un elevador a los brazos de la polea viajera para izar o bajar los artículos tubulares (tubería, varilla, etc.)

2.3 EQUIPO DE MANEJO Y TORQUE.

Elementos y herramientas que nos ayudan a manipular los tubulares, varillas o herramientas a utilizar en el pozo. Dentro de ellos se encuentran:

2.3.1 Trabajadero de tubería. También llamado encuelladero de tubería, permite el trabajo del operador II (Chango). Es de construcción soldada, con plataforma ajustable y plegamiento mecánico para su fácil y seguro movimiento durante la instalación y desinstalación de la torre. Está provisto de cinturón de seguridad, barandas de protección y piso antideslizante.

2.3.2 Plataforma de trabajo. Diseñada para el trabajo de tres (3) hombres alrededor del pozo y con la resistencia para sostener las herramientas de manejo de tubería y varilla, construida en perfil resistente, plegable, con piso antideslizante y provisto de escaleras y barandas.

2.3.3 Plataforma del operador. Está ubicada al lado izquierdo de la torre, es plegable y está provista de escaleras para subir del piso a la plataforma y barandas de protección.

2.3.4 Indicador de peso. Instrumento ubicado cerca de la posición del operador en un equipo de perforación o workover, que indica el peso que soporta el gancho cuando la sarta se encuentra dentro del pozo, con esta lectura se puede estimar el peso que soportan las herramientas de fondo. Los equipos cuentan con un indicador mecánico de peso, montado sobre una caja de metal, con 25 pies de manguera y demás elementos necesarios para su normal funcionamiento. Estos indicadores de peso están calibrados para trabajar en un rango de 0 a 300.000 libras.

2.3.5 Guinche hidráulico para maniobra. Máquina para elevar o sacar que opera enrollando un cable alrededor de un carrete. Cada equipo posee una unidad de guinche, para cable de acero de 9/16" con sus respectivas poleas, mangueras, conectores, racores, válvulas de control direccional para consola del operador y válvula de seguridad de venteo o alivio.

2.3.6 Consola de controles. Está localizada en la parte trasera de la unidad y en la plataforma de trabajo del operador. Está fabricada en caja metálica con

protecciones para trabajo pesado, de fácil escualización vertical, lateral y óptima visibilidad.

2.3.7 Mesa neumática para tubería. Los equipos están provistos de una mesa de cuñas de accionamiento neumático marca Cavins tipo B, con sus respectivos set de cuñas para tuberías de 1", 1¼", 2³/₈"; 2⁷/₈" y 3½"; así como todos los accesorios necesarios para su funcionamiento; mangueras, racores, conexiones y válvulas para operación desde la consola del operador.

2.3.8 Llave hidráulica de tubería. Los equipos cuentan con llaves hidráulicas para tubería marca Foster, con su set de dados para manejo de tuberías desde 2³/₈"; 2⁷/₈" y 3½", con medidor de torque, llave aguantadora de accionamiento hidráulico, pistón hidráulico para subir o bajar la llave y brazo sujetador a la torre.

2.3.9 Llave hidráulica de varillas. El equipo cuenta con llaves hidráulica para varilla marca BJ con su set de mordazas y llaves aguantadoras para varillas de 5/8", ¾", 7/8", 1" y 1 1/8".

2.3.10 Elevadores. Los equipos cuentan con elevadores para tubería de 2³/₈"; 2⁷/₈" y 3½", y para varillas de 5/8", ¾", 7/8", 1" y 1 1/2".

2.4 EQUIPO DE SEGURIDAD.

Elementos y herramientas que ayudan a mantener protegido el equipo y al personal que lo opera de contratiempos operacionales como reventones o fallos del equipo.

2.4.1 Vientos. La torre posee cuatro (4) vientos desde la corona al piso, dos (2) tirantes transversales desde el trabajadero de tubería al piso y dos (2) desde la corona hasta el puente soporte del chasis.

2.4.2 Limitador de carrera para bloque viajero. Los equipos poseen un limitador de carrera para el bloque viajero tipo Twin stop marca Foster. Este se encuentra montado, calibrado y con todos sus accesorios para el accionamiento desde la consola del operador en caso de emergencia.

2.4.3 Preventor de arietes. BOP que utiliza arietes de tubería como elementos de cierre. En la sección de Reacondicionamiento de pozos de la SMA actualmente se utilizan preventores dobles Cameron y Shafer, es decir, poseen un juego de arietes ciegos y uno de arietes para tubería.

2.4.4 Acumulador hidráulico de presión. Sistema de válvulas, bombas, líneas, tanque y botellones de presión precargados que en conjunto funcionan como mecanismo de cierre o apertura de los arietes en el preventor. El acumulador almacena fluido hidráulico bajo presión de nitrógeno comprimido para el cierre del BOP en casos de emergencia. Actualmente se cuenta con un sistema de acumuladores con dos botellones de nitrógeno de 20 litros.

2.4.5 Preventor anular. Dispositivo que se suele instalar por encima de los preventores de ariete y que se utiliza para controlar la presión de la cabeza del pozo. La compresión de un elemento empaquetador de caucho reforzado mediante presión hidráulica acciona el dispositivo, el cual actúa como sello. Un preventor anular estándar permitirá bloquear la presión anular, la presión de pozo abierto y la bajada/sacada de tubería o barras de sondeo, a la vez que contiene la presión del pozo. Actualmente en la Coordinación de Mantenimiento de subsuelo de la SMA se utiliza el Preventor anular Tubing Stripper tipo RS de Hydrill. Este preventor provee un medio eficaz para asegurar el pozo, en trabajos de entrada y salida de tubería bajo presión, posee una unidad de empaque de caucho reforzado con acero, lo cual evita su deformación al

trabajar bajo altas presiones. El empaque tiene la capacidad de amoldarse a diferentes diámetros de tubería y garantizar el sello aún sobre los acoples o juntas de la tubería.

2.4.6 Línea de vida. Equipo que evita caídas a personal que trabaja en alturas. Los equipos cuentan con sistemas auto retractiles apoyados con eslingas con amortiguadores de impactos y arneses de cuerpo entero.

2.5 SISTEMA DE ROTACIÓN.

Compuesto por equipos que transmiten potencia de rotación a la sarta de tubería para molienda y/o perforación.

2.5.1 Subestructura y mesa rotaria. La Mesa rotaria (Rotary Table) tiene como función recibir del equipo el movimiento rotatorio vertical y transmitirlo como movimiento rotatorio horizontal a la sarta de tubería en el pozo, para los trabajos en que se requiera rotación. La mesa rotaria posee una cavidad, en la cual se acopla el Master Bushing, el cual permite transferir la rotación de la mesa rotaria al Kelly Bushing. La forma y el diámetro interior del kelly Bushing coinciden con la forma y el diámetro exterior de la Kelly. El Kelly Bushing se conecta a la mesa rotaria por medio de los cuadrantes del Master Bushing. El movimiento de rotación es transmitido por medio de la rotaria al kelly Bushing y luego de este a la Kelly gracias al contacto entre sus superficies. Finalmente es la Kelly la encargada de transferir la rotación a la tubería. La Kelly es un vástago generalmente hexagonal o cuadrado, que se suspende del Swivel y se conecta a la tubería por medio de un sustituto "Top-Most Joint", posee un canal en su interior que permite circular fluido desde y hacia la tubería.

2.5.2 Swivel. El Swivel es una unión giratoria que permite el bombeo de fluido por el tubing al pozo, mientras permite la rotación de la tubería. Actualmente los equipos Franks cuentan con un swivel entro de sus herramientas y hay un adicional para trabajos livianos que se utiliza según las necesidades

2.5.3 Power Swivel. Sistema de swivel que utiliza una unidad portátil que le transmite potencia hidráulica para rotar la sarta de tubería colgada de él sin necesidad de utilizar otro sistema de rotación. En la actualidad su cuenta con dos de estos, pero solo uno se encuentra operativo.

2.6 SISTEMA DE CIRCULACIÓN.

Está integrado por numerosos componentes individuales que permiten la movilización de fluidos.

2.6.1 Bomba triplex. Actualmente en la Coordinación de Subsuelo de la SMA se utilizan las bombas “mata pozos” tipo Triplex marca Gardner Denver montadas sobre skid petrolero o unidad rodante, con protectores de techo y laterales contra la lluvia. Las bombas Triplex son, quizá, las bombas más frecuentemente utilizadas en la industria de la reparación de pozos. Una razón principal es su bombeo característicamente uniforme de flujos de bajo volumen. Estos equipos se utilizan para limpieza de arena, pruebas de inyección, para circular, “matar” y desplazar pozos, pruebas de tubería y Casing, etc.

2.6.2 Tanques de fluido. La función del sistema de tanques interconectados es mantener, preparar o mezclar fluidos para circulación. Cada tanque debe estar diseñado para aislarse de los demás y estar equipado con líneas de succión y llenado, debe tener sistema de agitación eléctrico y a prueba de explosiones.

2.6.3 Múltiple de circulación “manifold”. Está compuesto por una serie de válvulas que proveen la capacidad de seleccionar diferentes rutas para el flujo de fluidos a través del sistema de circulación del pozo. Todos los equipos cuentan con un “choke manifold” con válvulas y líneas de 2 1/16” para 5000 psi de presión de trabajo con dos estranguladores ajustables uno a cada lado, también cuenta con un sentido de circulación paralelo “full open” de 2” hacia el

separador, un indicador de presión, una línea de pánico directa de 2", un separador de gas "Poor Boy", una entrada y dos salidas, una salida hacia el tanque y otra hacia el quemadero.

2.6.4 Separador de petróleo y gas. Aparato utilizado para separar los componentes líquidos de los gaseosos de la corriente del pozo. Los separadores pueden ser verticales u horizontales, con forma cilíndrica o esférica. La separación se cumple principalmente por gravedad: los líquidos más pesados caen al fondo del recipiente mientras que los gases suben hacia la parte superior. Actualmente los equipos cuentan con separadores verticales con capacidad de 50 barriles y línea de succión y descarga de 4" que se conecta en el mismo skip con el manifold.

3. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.

3.1 MATRIZ DE IMPACTO.

Teniendo en cuenta los múltiples componentes que intervienen en un equipo de reacondicionamiento, es necesario analizar el impacto que generaría tanto en el ámbito operacional como en el de seguridad (física, de las personas y el ambiente) a la hora de presentarse una falla en su funcionamiento, para ello se creó una *MATRIZ DE IMPACTO* en la cual se puede identificar la probabilidad de falla de cada uno de los componentes y el efecto que dicha falla generaría tanto en la operación como en la seguridad general.

Para generar esta matriz se tuvo en cuenta la experiencia obtenida en 8 años de labor en equipos de perforación y reacondicionamiento de pozos, especialmente la obtenida en los equipos de la Superintendencia de Operaciones de Mares de Ecopetrol S.A.

La valoración dada en el riesgo de seguridad se determinó teniendo en cuenta que la mayor calificación (ALTO) fuese dada a las consecuencias que involucraran afectación grave en los equipos o media a grave en las personas y la calificación (MEDIO) a las consecuencias que involucraran la afectación leve a media en los equipos o baja a las personas.

Tabla 7. Matriz de impacto.

MATRIZ DE IMPACTO		PROBABILIDAD DE FALLA			RIESGO OPERACIONAL			RIESGO EN SEGURIDAD		
SISTEMA	COMPONENTE	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJO	MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO
MOBILIDAD	Motor y transmisión		X				X		X	
	Chasis	X				X		X		
	Cabina	X			X			X		
	Panel de instrumentos		X			X			X	
	Accesorios		X		X				X	
	tanque de combustible	X			X				X	
LEVANTE	Gatos laterales.	X				X			X	
	Malacate principal		X				X			X
	Malacate de suabeo.		X			X				X
	Hidrotratador.	X			X				X	
	Freno mecánico.	X					X			X
	Panel de válvulas hidráulicas.	X				X			X	
	Bomba hidráulica.	X				X			X	
	Torre.	X						X		X
	Gato de 1ª sección.	X				X			X	
	Gato de 2ª sección.	X				X				X
	Seguros de anclaje.	X						X		X
	Bloque viajero.	X						X	X	
MANEJO Y TORQUEO	Trabajadero de tubería.	X			X					X
	Plataforma de trabajo.		X			X				X
	plataforma de operador.	X				X			X	
	Indicador de peso.		X				X			X
	Winche de maniobra.	X				X				X
	Consola de controles.		X					X	X	
	Mesa neumática para tubería.			X				X	X	
	Llave hidráulica de tubería.		X					X	X	
	Llave hidráulica de varillas.		X					X	X	
Elevadores.	X						X	X		
SEGURIDAD	Vientos.	X					X			X
	Limitador de carrera.	X					X			X
	Preventor de arietes.	X					X			X
	Acumulador.	X					X			X
	Preventor anular.	X					X			X
	Línea de vida.	X						X		X
ROTACIÓN	Mesa rotaria.	X					X	X		
	Swivel.	X					X	X		
	Power Swivel.		X				X		X	
CIRCULACIÓN	Bomba triplex.		X				X			X
	Tanques.	X				X		X		
	Manifold.	X				X		X		
	Sepador de petróleo y gas.	X				X			X	

FUENTE: EL AUTOR

3.2 TABLA DE CRITICIDAD.

Realizando un análisis a la *MATRIZ DE IMPACTO*, se puede ordenar por nivel de criticidad las herramientas a las cuales debe atenderse de manera prioritaria y continua.

Tabla 8. Tabla de criticidad.

TABLA DE CRITICIDAD					
COMPONENTE ESTANDAR	CUMPLIMIENTO EQUIPO SOM	SISTEMA O EQUIPO	PROBABILIDAD DE FALLA	RIESGO OPERACIONAL	RIESGO EN SEGURIDAD
MALACATE PRINCIPAL	✓	LEVANTE	MEDIO	ALTO	ALTO
BOMBA TRIPLEX	✓	CIRCULACION	MEDIO	ALTO	ALTO
INDICADOR DE PESO	✓	MANEJO Y TORQUEO	MEDIO	ALTO	ALTO
MOTOR Y TRANSMISION	✓	MOBILIDAD	MEDIO	ALTO	MEDIO
FRENO MECANICO	✓	LEVANTE	BAJO	ALTO	ALTO
TORRE	X	LEVANTE	BAJO	ALTO	ALTO
SEGUROS DE ANCLAJE	✓	LEVANTE	BAJO	ALTO	ALTO
VIENTOS	✓	SEGURIDAD	BAJO	ALTO	ALTO
LIMITADOR DE CARRERA	✓	SEGURIDAD	BAJO	ALTO	ALTO
PREVENTOR ANULAR	X	SEGURIDAD	BAJO	ALTO	ALTO
PREVENTOR DE ARIETES	✓	SEGURIDAD	BAJO	ALTO	ALTO
ACUMULADOR	X	SEGURIDAD	BAJO	ALTO	ALTO
LINEA DE VIDA	✓	SEGURIDAD	BAJO	ALTO	ALTO
MALACATE DE SUABEO	✓	LEVANTE	MEDIO	MEDIO	ALTO
PLATAFORMA DE TRABAJO	✓	MANEJO Y TORQUEO	MEDIO	MEDIO	ALTO
MESA NEUMATICA DE TUBERÍA	✓	MANEJO Y TORQUEO	ALTO	ALTO	MEDIO
CONSOLA DE CONTROLES	✓	MANEJO Y TORQUEO	MEDIO	ALTO	MEDIO
LLAVE HIDRAULICA DE TUBERÍA	✓	MANEJO Y TORQUEO	MEDIO	ALTO	MEDIO
LLAVE HIDRAULICA DE VARILLA	✓	MANEJO Y TORQUEO	MEDIO	ALTO	MEDIO
POWER SWIVEL	X	ROTACION	MEDIO	ALTO	MEDIO
BLOQUE VIAJERO	✓	LEVANTE	BAJO	ALTO	MEDIO
WINCHE DE MANIOBRA	✓	MANEJO Y TORQUEO	BAJO	MEDIO	ALTO
GATO DE 2ª SECCION	✓	LEVANTE	BAJO	MEDIO	ALTO
SEPARADOR DE CRUDO Y GAS.	✓	CIRCULACION	BAJO	MEDIO	MEDIO
PANEL DE INSTRUMENTOS	✓	MOBILIDAD	MEDIO	MEDIO	MEDIO
ELEVADORES	✓	MANEJO Y TORQUEO	BAJO	ALTO	MEDIO
MESA ROTARIA	X	ROTACION	BAJO	ALTO	BAJO
SWIVEL	✓	ROTACION	BAJO	ALTO	BAJO
TRABAJADERO DE TUBERÍA	X	MANEJO Y TORQUEO	BAJO	BAJO	ALTO
GATOS LATERALES	✓	LEVANTE	BAJO	MEDIO	MEDIO
PANEL DE VÁLVULAS HIDRAULICAS	✓	LEVANTE	BAJO	MEDIO	MEDIO
BOMBA HIDRAULICA	✓	LEVANTE	BAJO	MEDIO	MEDIO
GATO DE 1ª SECCION	✓	LEVANTE	BAJO	MEDIO	MEDIO
PLATAFORMA DEL OPERADOR	✓	MANEJO Y TORQUEO	BAJO	MEDIO	MEDIO
ACCESORIOS	✓	MOBILIDAD	MEDIO	BAJO	MEDIO
TANQUES	✓	CIRCULACION	BAJO	MEDIO	BAJO
MANIFOLD	✓	CIRCULACION	BAJO	MEDIO	BAJO
CHASIS	✓	MOBILIDAD	BAJO	MEDIO	BAJO
TANQUE DE COMBUSTIBLE	✓	MOBILIDAD	BAJO	BAJO	MEDIO
HIDROTRATADOR	✓	LEVANTE	BAJO	BAJO	MEDIO
CABINA	✓	MOBILIDAD	BAJO	BAJO	BAJO

FUENTE. EL AUTOR

De acuerdo a la valoración dada se puede determinar cuáles herramientas deben ser tenidas en cuenta para su óptimo desempeño en

el equipo y programar el debido seguimiento y control con base en el mantenimiento preventivo y correctivo.

3.3 ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DEL ESTANDAR.

Como se puede observar en la tabla de criticidad, en la columna de CUMPLIMIENTO EQUIPO SOM se identifica los componentes que necesitan ser cambiados u optimizados para lograr el estándar y así mejorar su desempeño dentro del equipo y minimizar los riesgos de daño al personal, al equipo y al ambiente.

En la siguiente tabla se describen las no conformidades presentadas por el incumplimiento de los componentes estándar y se establece un tiempo máximo para la atención de las mismas.

Tabla 9. Descripción de fallas en cumplimiento del estándar.

COMPONENTES ESTANDAR	NO CONFORMIDAD	TIEMPO ESTIMADO PARA LA ATENCIÓN
TORRE Y TRABAJADERO DE TUBERÍA	Es necesario realizar las modificaciones estructurales para la adecuación del dispositivo de escape de emergencia.	6 MESES POR EQUIPO
PREVENTOR ANULAR	Se debe adquirir por lo menos 3 preventores 7 1/16" 3000 psi con su respectivo set de empaques, mangueras metálicas y repuestos.	1 AÑO
ACUMULADOR	Debido al cambio en el diseño del conjunto de preventores, es necesario rediseñar el acumulador de presión con los nuevos volúmenes de fluido a manejar.	1 AÑO
POWER SWIVEL	Dadas las condiciones de profundidad de los pozos en los campos Tisquirama y Nutria, es necesario adquirir power swivel adecuados para la operación bajo esas condiciones.	1 AÑO
MESA ROTARIA	Al igual que el acumulador, es necesario rediseñar la mesa rotaria para dar cabida al nuevo conjunto de preventores, es necesario levantar las estructuras por lo menos 20" sobre el nivel del suelo.	6 MESES POR EQUIPO

FUENTE. EL AUTOR

4. CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL EQUIPO.

De acuerdo al orden en que fueron clasificados todos los componentes, se desarrollaran las siguientes actividades para realizar el debido control y seguimiento en su operación

- **Malacate principal.** Este componente incluye el cable que lo rodea y es el principal factor a controlar, para ello se debe tener en cuenta que el desgaste por trabajo se determina llevando el conteo de las toneladas-milla recorridas y realizando oportunamente las corridas y cortes de cable de acuerdo al diámetro del mismo, igualmente se debe inspeccionar la totalidad del cable en operación todos los días y llevar el control de los daños y desgastes encontrados en él.

Así mismo debe tenerse en cuenta que el malacate cuenta con un tambor, engranajes embragues, frenos, cadenas, poleas, ejes y una consola que deben ser inspeccionados periódicamente.

- **Bomba triplex.** Este es el elemento clave en el sistema circulatorio del equipo y debido a su gran cantidad de partes móviles y motrices, es necesario realizar revisión diaria de los niveles de fluido en el motor y el sistema de lubricación de los pistones, adicionalmente se debe programar periódicamente teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante la revisión exhaustiva que incluye cambio de aceites, filtros, mangueras, etc.
- **Indicador de peso.** Para poder llevar un buen control del peso de la sarta en la polea es necesario realizar purga del sistema hidráulico del indicador de peso por lo menos una vez al día y llevarlo al banco de pruebas cada que sea desinstalado para movilizar el equipo. Vale la pena mencionar que la mejor forma de verificar si el indicador de peso está correctamente graduado es la de revisar el peso indicado cuando las cuñas estén puestas en la mesa puesto que la aguja del indicador debe marcar el peso del

bloque mas las extensiones o brazos y el elevador, por lo tanto este peso del conjunto se debe conocer.

- **Motor y Transmisión.** Debido al reciente cambio de los motores y las servotransmisiones de los equipos Franks, se tienen en cuenta las recomendaciones del fabricante para el debido mantenimiento preventivo. Para las instalaciones de los nuevos motores fueron tenidas en cuenta las recomendaciones dadas por el por el Instituto Americano del Petróleo en el “*API Recommended Practices 7C-11F for Installation, Maintenance and Operation of Internal Combustion Engines*”
- **Freno Mecánico.** Este sistema debe ser revisado diariamente, tanto el sistema mecánico de palancas que acciona la bomba hidráulica, hasta el estado de las bandas en el malacate, adicionalmente se recomienda realizar pruebas de frenado sin peso sobre la polea viajera.
- **Torre.** La estructura de la torre debe ser revisada siempre que la torre se encuentre acostada sobre el equipo para evidenciar daños posibles en la uniones soldadas y cuando esta haya recibido una sobrecarga en las operaciones de reacondicionamiento, adicionalmente cada año debe ser desmontada, debe retirarse toda la capa de pintura y se le debe hacer inspección de partículas magnéticas.
- **Seguros de anclaje.** Los sistemas de “*cascos de mula*” se deben revisar siempre que la segunda sección sea levantada para izar la torre y así asegurar que el anclaje se hizo de manera adecuada. Igualmente, cuando la torre se encuentra acostada se debe inspeccionar el sistema mecánico y la integridad del resorte de acción y lubricar las partes móviles.
- **Vientos.** Siempre que la torre se encuentre acostada sobre el equipo se debe tomar el tiempo suficiente para revisar la integridad de los cables del viento al igual que los puntos de anclaje tanto en la torre como en el plano

del pozo “*muertos*”. Cuando la torre sea sometida a fuertes impactos repetitivos, por ejemplo pescas, antes de continuar la operación se debe reajustar la tensión del viento y se deben revisar los puntos de anclaje.

- **Limitador de carrera.** Este sistema de seguridad debe ser revisado siempre antes del inicio de un turno de operación de equipo y debe ser recalibrado siempre que cambie la altura del punto de corte de la tubería o varilla para prevenir accidentes por la caída de la polea en la plataforma de trabajo o por golpe de la misma contra la corona.
- **Preventor de arietes.** En el momento del montaje del conjunto, deberá inspeccionarse el estado de cada pieza del equipo para determinar la condición de las ranuras de los anillos, las superficies de los sellos, los pernos y demás piezas que requieren atención. Una inspección posterior que incluye pruebas de presión y de funcionamiento, deberá verificar que todas las piezas móviles estén libres, que todas las unidades se hallen lubricadas adecuadamente y que todas las piezas estén en buen estado de funcionamiento. Para una buena operación de este equipo se debe realizar una completa inspección visual siempre que se termine su uso en un pozo.
- **Preventor anular.** Basado en lo recomendado en la norma API RP 53 “*Recommended Practices for Blowout Prevention Equipment Systems for Drilling Wells*” Debido a que el stripper que actualmente se utiliza en los equipos de reacondicionamiento no brindan la suficiente seguridad en caso de un reventón por no tener una fuerza hidráulica de energizado del empaque para lograr el sello total contra la tubería, es necesario reemplazarlos por un preventor anular con la capacidad de proveer sello de cierre alrededor de cualquier tubular que lo esté atravesando o como un cabezal de lubricación para mover o deslizar la tubería bajo presión.
- **Acumulador.** El boletín API RP 53 estipula que el sistema de cierre deberá ser capaz de cerrar cada preventor de arietes en 30 segundos, y cada

preventor anular menos de 20 pulgadas en 30 segundos y aquellos mayores de 20 pulgadas en 45 segundos. En aras de mejorar el equipo de control de pozo adicionando un preventor anular con fuerza de sellado hidráulico es necesario rediseñar el acumulador de presión actualmente utilizado en los equipos de Ecopetrol.

- **Línea de vida.** Todo el personal que ejerza funciones de encuellador debe encontrarse debidamente certificado por un ente competente en operaciones de trabajo en alturas, debe contar con un arnés para cuerpo entero personal y a la medida y la torre debe contar con las modificaciones certificadas para portar un equipo de protección contra caídas certificado de acuerdo a la norma OSHA 1926 500 a 503.

Se recomienda también el uso de un dispositivo de escape de emergencia que ofrezca un método de descenso rápido y controlado desde el trabajador de tubería, esto requiere de modificaciones certificadas tanto en la torre como en el trabajador de tubería según las recomendaciones dadas en la norma *“API RP 54, Recommended Practices for Occupational Safety and Health for Oil and Gas Well Drilling and Servicing Operations”* y en la norma API *“Recommended Practice 4G for Maintenance and Use of Drilling and Well Servicing Structures”*

- **Malacate de suabeo.** Al igual que el malacate principal se debe tener principal cuidado con el cable que lo enrolla, para este cable es necesario contar con un pozo profundo o con un sistema motriz auxiliar para enrollar el cable en el cual se desenrolla el cable del malacate y se inspecciona visualmente su estado general para determinar si se corta una sección o si es necesario su cambio total.
- **Plataforma de trabajo.** Esta debe ser muy resistente, contar con mínimo 2 accesos desde el piso y uno desde la plataforma del operador, debe estar

provista de zonas específicas para la ubicación de las herramientas menores (llaves de tubería, varilla, ganchos, etc.) y una para la ubicación de la preventora de arremetidas interna para tubería (Inside BOP), la cual debe estar disponible y lista para su uso en todo momento mientras se esté maniobrando con tubería.

- **Mesa neumática de tubería.** Actualmente se cuenta con muy buenas mesas de trabajo, es necesario resaltar la importancia de realizar limpieza a la mesa y a sus cuñas constantemente, ya que esto ayuda a observar el desgaste de las cuñas o de sus insertos (cuando así aplique) y a mantener en buen estado las conexiones de las mangueras neumáticas. También se deben tener en cuenta las recomendaciones del fabricante y realizar inspecciones de luz negra por lo menos una vez cada año.
- **Consola de controles.** Actualmente las consolas de los equipos Franks cuentan con las modificaciones pertinentes al cambio de motores y servo-transmisiones electrónicas a que fueron sometidos, mientras tanto los equipos marca Ideco cuentan con sus consolas originales de fábrica. Los elementos más importantes en estas consolas son sus relojes o medidores, los cuales tienen diferentes presentaciones respecto a su funcionamiento y las conexiones que llegan a la consola donde su integridad es muy importante ya que de esto depende la buena lectura de los indicadores, hay que ser extremadamente cuidadosos al realizar la instalación y desinstalación de los equipos ya que las partes móviles pueden ocasionar daños a la integridad de las mangueras que llegan a la consola.
- **Llave hidráulica de tubería.** Para su debido uso y mantenimiento se deben tener en cuenta las recomendaciones del fabricante, sin embargo se tienen reglas básicas que se deben constatar para el mantenimiento operacional de las llaves como es la limpieza y posterior engrase de las partes móviles por lo menos una vez a la semana, revisar la transmisión después de cada viaje para inspeccionar que no haya agua o sedimentos

en el aceite, no es recomendable limpiar las llaves con vapor, pues esto puede forzar el agua a través de los sellos de la transmisión y se deben utilizar las herramientas adecuadas para el mantenimiento de la llave, ya que el no uso de estas puede ocasionar daños sobre las conexiones, roscas, empaques o sellos.

- **Llave hidráulica de varilla.** Al igual que la llave hidráulica de tubería, se debe tener en cuenta las recomendaciones del fabricante para su operación y mantenimiento, de todas maneras la revisión después de cada viaje es necesaria para remover suciedad de las partes móviles e inspeccionar el debido funcionamiento.
- **Power swivel.** Es necesario reemplazar los equipos con los que cuenta actualmente la superintendencia debido a su alto costo de mantenimiento y bajo rendimiento operativo en pozos con más de 5000 pies de profundidad. Así mismo para su debido mantenimiento se deben tener en cuenta las recomendaciones dadas por la norma API *“Recommended Practice 8B for Procedures for Inspections, Maintenance, Repair, and Remanufacture of Hoisting Equipment”*.
- **Bloque viajero.** Es importante tener en cuenta las recomendaciones dadas por la norma API *“Recommended Practice 8B for Procedures for Inspections, Maintenance, Repair, and Remanufacture of Hoisting Equipment”*. Así como la inspección periódica de los cojinetes de las poleas engrasándolas y lubricando semanalmente los pasadores de las asas, se recomienda invertir el orden de las líneas del bloque de vez en cuando (se sugiere cuando se haga el cambio de cable) para emparejar el desgaste de las poleas, se debe inspeccionar el nivel de aceite del gancho y del bloque para ser mantenido tal como lo recomienda el fabricante.
- **Winche de maniobra.** Al igual que en los malacates, la pieza más importante del Winche es el cable que lo enrolla, y por esto es necesario

realizar periódicamente (se sugiere a diario, o después de un trabajo repetitivo y/o pesado) la inspección visual del cable para su corte o cambio. El sistema hidromecánico que genera el movimiento también debe ser inspeccionado periódicamente y llevado al banco de pruebas por lo menos una vez al año.

- **Gato de 2ª sección de la torre.** Previo al izamiento de la primera sección de la torre se debió revisar los niveles de aceite de motor, agua de motor, aceite hidráulico, combustible, aceite para la servo-transmisión y agua de enfriamiento de las bandas. Antes de iniciar con el procedimiento de izamiento de la segunda sección es necesario drenar el cilindro telescópico para verificar que no haya aire en el sistema y evitar una caída intempestiva de la torre.
- **Panel de instrumentos.** Este conjunto de relojes y medidores es de vital importancia para los equipos auto-montados ya que de estos depende la seguridad a la hora de movilizar el equipo en la ruta, es necesario realizar cuidadosa revisión y mantenimiento previo a poner en viaje el equipo y realizar una lista de chequeo del funcionamiento de los controles en la cabina.
- **Elevadores.** Los problemas que más comúnmente se encuentran en los elevadores son el desgaste de los pasadores, cuñas, cerrojo y agujeros, rotura en los resortes y rajaduras en el cuerpo. Los pasos más importantes para el mantenimiento son mantenerlos limpios, aplicar una capa de grasa en la superficie de desgaste del brazo del eslabón y perno del cerrojo, lubricar el pasador de la bisagra, quitar toda señal de herrumbre y protegerla de la intemperie y apretar todo tornillo suelto. Adicional a esto es necesario tener en cuenta las recomendaciones dadas en la norma API *“Recommended Practice 8B for Procedures for Inspections, Maintenance, Repair, and Remanufacture of Hoisting Equipment”*.

- **Mesa rotaria.** Debido al cambio sugerido en el conjunto de BOP, la altura de este conjunto se aumenta y es necesario realizar una modificación en la altura de la mesa para poder contenerlo, por esto se esta estableciendo la forma con la cual se pueda aumentar en dos pies (2') la altura de la mesa o la viabilidad de cambiar por completo las estructuras en base a su longevidad y a lo recomendado en la norma API *“Recommended Practice 4G for Maintenance and Use of Drilling and Well Servicing Structures”*
- **Swivel.** Para el debido mantenimiento de este accesorio del equipo de reacondicionamiento se debe realizar la lubricación según las recomendaciones del fabricante con respect a la cantidad de aceite a usar; diariamente se debe engrasar los sellos de aceite y los pasadores de las asas, se debe mantener el nivel de aceite recomendado y engrasar el tubo de lavado por lo menos una vez cada turno si se está operando, es importante también tener en cuenta las recomendaciones dadas en la norma API *“Recommended Practice 8B for Procedures for Inspections, Maintenance, Repair, and Remanufacture of Hoisting Equipment”*.
- **Trabajadero de tubería.** Como se mencionó anteriormente, es necesario realizar modificaciones pertinentes para la ubicación de los sistemas de seguridad contra caídas y el sistema de escape de emergencia de acuerdo a lo establecido en las normas API RP 4G *“Recommended Practice for Maintenance and Use of Drilling and Well Servicing Structures”* y en la norma API RP 54 *“Recommended Practices for Occupational Safety and Health for Oil and Gas Well Drilling and Servicing Operations”*, al igual es necesario tener en cuenta las disposiciones de diseño dadas por los fabricantes de los equipos de seguridad.
- **Gatos laterales.** Para el debido funcionamiento de estos dispositivos, es necesario realizar semanalmente la inspección de las mangueras y acoples hidráulicos, y debe realizarse inspección de partículas magnéticas a la integridad del gato por lo menos una vez al año.

- **Panel de válvulas hidráulicas.** Debe monitorearse en cada turno que la válvula del by-pass se encuentre cerrada a la hora de realizar las operaciones en boca de pozo al igual que la integridad de los conectores de las mangueras hidráulicas para identificar posibles fugas de aceite. A la hora de operar el equipo desde este panel para la instalación o desinstalación del equipo es necesario verificar antes de la operación que las palancas correspondan a las mangueras correctas, esto se hace abriendo la válvula del by-pass y tocando suavemente cada una de las palancas para verificar el movimiento en la manguera correspondiente. En los casos en que sea posible se debe mantener aislado el panel de válvulas mientras el equipo se encuentra en operaciones de pozo para evitar accidentes por a la a apertura de la válvula del by-pass.
- **Bomba hidráulica.** Para evitar daños en este equipo, es necesario verificar en cada turno el nivel de aceite hidráulico en el tanque, verificar que no contenga agua ni sedimentos y programar según las recomendaciones del fabricante el cambio de filtros y mangueras.
- **Gato de la 1ª sección de la torre.** Antes de realizar la operación de izamiento de la torre se debe revisar los niveles de aceite de motor, agua de motor, aceite hidráulico, combustible, aceite para la servo-transmisión y agua de enfriamiento de las bandas, se debe verificar la nivelación del chasis por medio de los gatos laterales y de los niveles de gota ubicados en las esquinas traseras del equipos. Antes de iniciar con el procedimiento de izamiento de la segunda sección es necesario drenar el pistón hidráulico principal para verificar que no haya aire en el sistema y evitar una caída intempestiva de la torre sobre el equipo.
- **Plataforma del operador.** Es importante resaltar en este punto que la optima visibilidad del operador frente a las operaciones que se llevan a cabo es vital, y por esto es necesario que la plataforma del operador sea lo

suficientemente amplia para que sea fácil la movilidad en ella y el acceso a la plataforma de trabajo, debido a que las diferencias de estatura entre los operadores de los distintos turnos, es necesario que el diseño tanto de la palanca del freno y de la consola de controles se pueda adecuar fácilmente en altura, estos sistemas de movimiento deben ser revisados en cada turno para evitar fallas durante la ejecución de las operaciones diarias.

- **Accesorios.** Antes de iniciar la movilización de la unidad básica se debe verificar la lista de chequeo de los accesorios de viaje, y mientras el equipo se encuentre instalado se deben mantener los documentos del equipo y el kit de carretera en un lugar seguro y conocido por todo el personal para evitar su pérdida. En lo posible se debe tener una caja impermeable en la cual bajo llave se puedan mantener seguros todos los elementos de seguridad en caso de un incidente en carretera.
- **Tanques de almacenamiento.** Es importante resaltar la importancia de los tanques de almacenamiento dentro del equipo de reacondicionamiento por su útil desempeño en las operaciones diarias, por ello los materiales de fabricación de estos tanques deben soportar ambientes hostiles por la constante presencia de salmueras en las operaciones y sus elementos complementarios como agitadores y válvulas deben igualmente soportar fluidos con altos grados de salinidad, para evitar el pronto deterioro de los elementos del tanque deben ser lavados inmediatamente después de su uso y evitar el almacenamiento prolongado de salmueras en ellos.
- **Manifold.** Este conjunto de válvulas, líneas y colector, deben estar en constante mantenimiento debido a su cotidiano uso y en mayor medida si se están manejando fluidos con alto grado de sedimentos, se deben mantener engrasadas las válvulas y limpios el colector y las líneas.
- **Chasis.** Aunque ese un elemento que pasa desapercibido ante las revisiones diarias, es necesario verificar cuidadosamente la integridad de

este componente periódicamente, pues se pueden producir daños debido a corrosión o torceduras por grandes esfuerzos generados sobre él en las operaciones de gran carga como lo son las pescas.

- **Tanque de combustible.** Se deben mantener en buen estado los visores de combustible ubicados en cada tanque y diariamente deben purgarse los tanques para evitar la entrada de agua y sedimentos al motor, se debe verificar igualmente que la conexión existente entre los tanques no se bloquee, puesto que las lecturas de nivel pueden ser erróneas.
- **Hidrotratador.** Este equipo debe ser intervenido de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, sin embargo, para que funcione se debe inspeccionar en cada turno el nivel de agua en el tanque del hidromático y utilizar únicamente agua dulce; el sistema lo que se debe hacer es abrir o cerrar las válvulas que controlan el nivel de agua dentro del freno, la escases en el flujo de agua puede ocasionar un elevación de la temperatura en el freno, la máxima permisible es 180°F (82°C).

5. CONCLUSIONES

En relación a un equipo estándar nos encontramos en muy buena posición, dado que nos encontramos en un 86% de cumplimiento.

Gracias al proceso conjunto de estandarización de operaciones y equipos, los índices de efectividad operacional han subido 22% con respecto a los obtenidos en años anteriores.

El proceso de estandarización de los equipos de reacondicionamiento ha reducido el volumen de reportes de incidentes y fallas de control de manera significativa.

Entre el 2009 y el 2011 se han conseguido los dineros necesarios para la consecución de las herramientas idóneas para las operaciones realizadas en los equipos.

Sin el apoyo del Departamento de Mantenimiento los objetivos alcanzados no habrían sido posibles.

Dentro del proceso de estandarización también se vinculó los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, el cual se estima quedar listo a finales del año en curso.

6. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la edad de los equipos con los que cuenta la Coordinación de Subsuelo de la SOM y las características de los últimos pozos intervenidos en campos como Tisquirama y Nutria, se recomienda la inversión para la compra de un equipo con características superiores a los actuales (recomendable un equipo de la serie 500 o más).

Verificar la integridad total de las torres o mástiles con que contamos antes de realizar las modificaciones sugeridas, esto debido a que por su edad y trabajo continuo sugieran un cambio total.

Estructurar un contrato de soldadura óptimo para realizar las modificaciones sugeridas tanto a las torres como a las subestructuras ó mesas rotarias.

7. BIBLIOGRAFIA

- Catálogo de Productos para la industria de Gas y Petróleo. DBI SALA.
- Catálogo Shaffer Pressure Control. “Installation, Operation and Maintenance Manual” NL Rig Equipment / NL Industries, Inc
- Curso de Operaciones de Workover –Octava versión- Instructor. Ing. Edelberto Hernandez Trejos. New Gas and Oil LTDA. Bucaramanga, Colombia 2005
- Manual de Operaciones de Reacondicionamiento de Pozos. Primera edición. Gerencia Regional Magdalena Medio. Ecopetrol S.A. 2005
- Manual de usuario de la unidad Gerónimo para escape de emergencias. Gerónimo Manufacturing Inc. Oklahoma City. OK.
- Manual de operación y mantenimiento de llaves hidráulicas Foster. “Technical Manual power tubing tong”. Cavins Oil Well Tools. Long Beach, CA 1990
- Manual de operación, mantenimiento y reemplazo de partes de llaves hidráulicas de varilla. “Cavins/BJ power sucker rod tong. Operating, Service and replacement parts manual”. Cavins Oil Well Tools. Signal Hill, CA 2006
- Manual de usuario. “manual elevators”. National Oilwell Varco. Document Number 50000815-MAN-001. 2009
- Manual de Control de Pozos. Well Control School.

- Normas Principales de Operación y Mantenimiento de Equipos de perforación y Workover. Erick Oswaldo Campos. Guatemala 2006.
- Norma API RP 4G *“Recommended Practice for Maintenance and Use of Drilling and Well Servicing Structures”*
- Norma API RP 54 *“Recommended Practices for Occupational Safety and Health for Oil and Gas Well Drilling and Servicing Operations”*,
- Norma API RP 8B *“Recommended Practice for Procedures for Inspections, Maintenance, Repair, and Remanufacture of Hoisting Equipment”*
- Norma API 7C-11F *“Recommended Practices for Installation, Maintenance and Operation of Internal Combustion Engines”*