

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL EQUIPO
CRÍTICO DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO DE LOS TALADROS DE
PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS DE LA GERENCIA EQUIPO
PESADO - MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD. (M.E.C.L. – G.E.P.)

NÉSTOR JAVIER ANGARITA PARRA
JUAN JOSÉ PORTILLA FUENTES

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

2013

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL EQUIPO
CRÍTICO DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO DE LOS TALADROS DE
PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS DE LA GERENCIA EQUIPO
PESADO - MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD. (M.E.C.L. – G.E.P.)

NÉSTOR JAVIER ANGARITA PARRA
JUAN JOSÉ PORTILLA FUENTES

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: Enrique Gómez Duarte
Ingeniero Mecánico
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

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

2013

AGRADECIMIENTOS

A la compañía MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD, que me ha permitido realizar este trabajo con su apoyo económico durante la especialización. Quien se ha convertido en facilitadora total de la información técnica y manuales de equipos, base de datos y registros operacionales.

Al departamento de recursos humanos, al director de la unidad el ing. Mauricio Patarroyo, al gerente de equipo pesado ing. Pedro Miguel Pérez, al coordinador de mantenimiento ing. Humberto Vargas y al planeador ing. Elkin Ávila.

Al ing. Enrique Gómez por su apoyo y dirección en el trabajo.

A mi familia por su comprensión y paciencia y...

Un agradecimiento total a DIOS.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	19
1. MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD. (M.E.C.L.).....	21
1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	21
1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	22
1.3 MISIÓN	22
1.4 VISIÓN.....	23
1.5 ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LA COMPAÑÍA.....	24
1.6 GERENCIA EQUIPO PESADO – G.E.P.....	25
1.7 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO – G.E.P.....	27
1.7.1 Estrategia Actual De Mantenimiento – G.E.P.....	28
1.7.2 Descripción Del Proceso De Mantenimiento – G.E.P.....	28
1.7.3 CMMS En El Departamento De Mantenimiento – G.E.P.....	29
1.7.4 Estado actual del proceso de implementación del CMMS.....	30
1.7.5 Índices De Mantenimiento – GEP.....	32
2. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO	34
2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	34
2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	35
2.2.1 Ventajas Del Mantenimiento Preventivo	35
2.2.2 Desventajas Del Mantenimiento Preventivo	36
2.2.3 Planeación Del Mantenimiento	36

2.3	MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN.....	37
3.	PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS.....	39
3.1	CONCEPTOS BÁSICOS	39
3.1.1	Geología Básica	39
3.1.2	Presión hidrostática	40
3.1.3	Presión de circulación.....	40
3.1.4	Presión de suaveo	40
3.1.5	Ley De Los Gases	40
3.1.6	Gravedad Específica y Gravedad API	40
3.2	EL PROCESO DE PERFORACIÓN.....	41
3.2.1	Proceso De Extracción Del Petróleo.....	41
3.2.2	Pozos Exploratorios.....	42
3.2.3	Tipos De Pozos	42
3.2.4	Etapas Del Proceso De Perforación	43
3.2.5	Sarta De Perforación	46
3.2.6	Revestimientos o Casing	47
3.2.7	Fluidos De Perforación	48
3.2.8	Personal De Perforación.....	50
3.2.9	Problemas Durante La Perforación.....	51
3.2.10	Estado Mecánico Del Pozo.....	51
3.3	TALADROS DE PERFORACION DE POZOS PETROLEROS.....	51
3.3.1	Sistemas De Un Taladro Convencional	53
3.3.2	Componentes De Un Taladro	55
3.4	CONTROL DE POZOS EN PERFORACIÓN.....	55

3.4.1	Surgencias.....	55
3.4.2	Reventón o Patada De Pozo	56
3.4.3	Papel Del Lodo De Perforación En El Control De Pozo.....	57
3.4.4	Proceso Básico Para Controlar Un Pozo.....	57
3.4.5	Sistemas De Control De Pozo	58
3.4.6	Equipos Del Sistema De Control De Pozo.....	59
4.	PROBLEMÁTICA ACTUAL EN LA GERENCIA EQUIPO PESADO - MECL...	63
4.1	PÉRDIDAS ECONÓMICAS	63
4.1.1	Tarifas De Facturación De Los Taladros De La G.E.P – M.E.C.L	64
4.1.2	Registro De Paradas Operacionales De Los Taladros Debidos Al Sistema De Control De Pozo	64
4.2	RIESGO DE ACCIDENTES	65
5.	EQUIPOS CRÍTICOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO DE LOS TALADRO DE LA M.E.C.L – G.E.P	68
5.1	MÉTODO PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD	69
5.2	CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DEL TALADRO.....	71
5.3	CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO	72
6.	PLAN OPERATIVO DE MANTENIMIENTO.....	75
6.1	EQUIPOS SELECCIONADOS	75
6.2	ESTRUCTURAS DE LAS TAREAS Y FRECUENCIAS	75
6.3	PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO.....	78
6.3.1	Plan De Mantenimiento Para Las BOP Anulares.....	78
6.3.2	Plan De Mantenimiento Para Las BOP De Ariete.....	80
6.3.3	Plan De Mantenimiento Para Los Acumuladores	81

6.4	INSTRUCCIONES PARA EJECUTAR LAS TAREAS PROPUESTAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO.....	83
6.4.1	Consideraciones HSE.....	84
6.4.2	Normatividad HSE en MECL	86
6.4.3	Registro De Los Trabajos A Realizar.....	86
6.4.4	Instrucciones Para Ejecutar Las Tareas Propuestas Del Plan De Mantenimiento Programado De Las BOP Anulares.....	87
6.4.5	Instrucciones Para Ejecutar Las Tareas Propuestas Del Plan De Mantenimiento Programado De Las BOP De Ariete	92
6.4.6	Instrucciones Para Ejecutar Las Tareas Propuestas Del Plan De Mantenimiento Programado De Los Acumuladores.....	100
6.5	LISTADO DE REPUESTOS NECESARIOS PARA EJECUTAR LAS TAREAS PROPUESTAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO	106
6.5.1	Repuestos Para BOP Anulares	106
6.5.2	Repuestos Para BOP De Arietes.....	106
6.5.3	Repuestos Para Acumuladores	106
7.	CONCLUSIONES	110
	BIBLIOGRAFIA.....	112

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Zona de Operación de MANSAROVAR.....	23
Figura 2. Organigrama de MANSAROVAR	24
Figura 3. Taladros Convencionales de MECL – GEP	25
Figura 4. Flota de Transportes.....	25
Figura 5. Organigrama de la GEP.....	26
Figura 6. Procesos de Mantenimiento en la GEP	29
Figura 7. Resultados de auditoría 2009	30
Figura 8. Resultados de Auditoría 2013.....	31
Figura 9. Resumen Disponibilidad Anual	32
Figura 10. Disponibilidad Flota Transportes 2013.....	33
Figura 11. Gravedad API	41
Figura 12. Desarrollo De Un Campo Petrolero	42
Figura 13. Muestras De Pozos Acorazonados.....	43
Figura 14. Tipos De Pozos	43
Figura 15. Proceso De Perforación.....	44
Figura 16. Árbol De Navidad.....	46
Figura 17. Tipos De Brocas	47
Figura 18. Tipos De Tubería	48
Figura 19. Tubería De Revestimiento	49
Figura 20. Ejemplo De Un Estado Mecánico	52

Figura 21. Sistemas De Un Taladro Convencional	53
Figura 22. Sistema De Lodos.....	54
Figura 23. Esquema General De Un Taladro.....	56
Figura 24. Procedimiento Para Controlar Un Pozo	58
Figura 25. Componentes Del Sistema De Control De Pozo	59
Figura 26. Equipos Del Sistema De Control De Pozos	61
Figura 28. Reventón	67

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tarifas 2013 Taladros MECL	64
Tabla 2. Costos Por Fallos Del Sistema De Control De Pozo.....	65
Tabla 3. Valoración De La Probabilidad De Ocurrencia De Evento	68
Tabla 4. Valoración De Las Consecuencias Del Evento.....	68
Tabla 5. Valoración De Consecuencia - GEP	69
Tabla 6. Valoración De Frecuencia - GEP	70
Tabla 7. Matriz De Criticidad - GEP	70
Tabla 8. Registro De Fallos Durante 2012.....	71
Tabla 9. Registro De Horas Perdidas Por Fallos De Equipos Durante 2012	71
Tabla 10. Análisis De Criticidad De Los Sistemas De Los Taladros De GEP	72
Tabla 11. Análisis De Criticidad De Los Equipos Del Sistema De Control De Pozo	73
Tabla 12. Listado De Equipos Críticos Del Sistema De Control De Pozo.....	76
Tabla 13. Plan De Mantenimiento Programado Para BOP Anulares	79
Tabla 14. Plan De Mantenimiento Programado Para BOP De Arietes	81
Tabla 15. Plan De Mantenimiento Programado Para Acumuladores Hidráulicos ..	83
Tabla 16. Listado De Repuestos Para BOP Anulares.....	107
Tabla 17. Listado De Repuestos Para BOP De Arietes	108
Tabla 18. Listado De Repuestos Para Acumuladores	109

GLOSARIO

Árbol de navidad: Es el conjunto de válvulas que se coloca en la cabeza del pozo una vez que este entra en su etapa de producción.

BOP anular: Es una gran válvula accionada hidráulicamente capaz de capturar la tubería de perforación y contener el flujo que viene por el anular del pozo.

BOP de ariete: Es una BOP con adaptada con un par de elementos metálicos que capturan, aplastan y/o cortan la tubería de perforación.

CBM: Es la sigla de las palabras en inglés “Condition Based Maintenance”.

Choke Manifold: Es un conjunto de válvulas de choque y de compuerta dispuestas de tal forma que se pueda estrangular y direccionar el fluido del pozo hacia el “Poor Boy”.

CMMS: Es la sigla de las palabras en inglés “Computerized Maintenance Management System”.

Company Man: Es el representante que la compañía operadora de un campo coloca a supervisar los trabajos de perforación.

Cuñero: Es la persona que realiza los trabajos en la mesa de perforación, entre ellos instalar y desinstalar la cuña que sostiene la sarta de perforación.

Drilling Steam Safety Valve: Es una válvula con la conexión exacta de la tubería de trabajo que se mantiene disponible en la mesa de perforación y se coloca manualmente en el caso que el lodo retorne por el centro de la tubería.

Encuellador: Es la persona que labora en la parte alta de la torre del taladro de perforación y se encarga de ajustar el tubo de perforación en el elevador que se encuentra sostenido del bloque viajero.

FW: Es la sigla de las palabras en inglés “Fluid Weight” – Peso del fluido.

G.E.P: Es la sigla de la GERENCIA EQUIPO PESADO.

HCR: Es la sigla de las palabras en inglés “High Control Rate” y es una válvula de compuerta accionada hidráulicamente.

Kelly: Es la herramienta de sección cuadrada o hexagonal que transmite la potencia y rotación a la sarta de perforación.

M.E.C.L: Es la sigla de la compañía MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.

MP2: Es el nombre del CMMS que utiliza MECL – GEP.

Mud Saver: Es una válvula acondicionada al cabezal hidráulico de rotación “Top Drive” que se encarga de contener el lodo que retorne por la tubería.

OT: Orden de Trabajo.

Packing Unit: Es el elemento de caucho que utiliza las BOP anulares.

Pipe RAM: Son los elementos metálicos que se instalan en las BOP de ariete.

Poor Boy: Es un separador de lodo – gas atmosférico vertical.

Pozos Acorazonados: Son aquellos pozos en donde se toman muestras de la formación.

PPG: Unidad de medida de peso específico de fluidos en sistema americano (libras por galón).

RCM: Es la sigla de las palabras en inglés “Reliability Centered Maintenance”.

RR HH: Profesional de recursos humanos.

Stack BOP: Es el conjunto de equipos de contención que se encarga de cerrar el pozo y parar su flujo.

Swabeo: Nombre tosco operativo conocido en la industria a la acción de sacar la sarta de perforación del pozo abierto generando una presión de succión – pistoneo.

Tool Pusher: Es el jefe encargado de un taladro de perforación.

Top Drive System: Es el sistema hidráulico rotativo que se instala en algunos taladros.

TPM: Es la sigla de las palabras en inglés “Total Productive Maintenance”.

TVD: Es la sigla de las palabras en inglés “Total Vertical Deep” – Profundidad total verdadera.

Upper Kelly valve y Lower Kelly Cock: son válvulas de accionamiento manual que se dejan siempre conectadas en la conexión superior e inferior de la Kelly.

Well Service: Se dice de la operación de mantenimiento que se le hace a un pozo petrolero.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL EQUIPO CRÍTICO DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO DE LOS TALADROS DE PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS DE LA GERENCIA EQUIPO PESADO - MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD. (M.E.C.L. – G.E.P.).*

AUTOR (ES): NESTOR JAVIER ANGARITA PARRA, JUAN JOSE PORTILLA FUENTES**

PALABRAS CLAVES: MANSAROVAR. TALADROS DE PERFORACIÓN PETROLERA. PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS. CONTROL DE POZO. MANTENIMIENTO PREVENTIVO. ESTUDIO DE CRITICIDAD DE EQUIPOS. SISTEMAS DE UN TALADRO. BOP. PREVENTORAS.

DESCRIPCION:

En este documento se hace una descripción de la empresa “Mansarovar Energy Colombia LTD – M.E.C.L”, la gerencia de equipo pesado y su departamento de mantenimiento, se explica brevemente como se está desarrollando la estrategia actual de mantenimiento, se plantean las problemáticas del área y de la gerencia.

Paralelamente se hace una descripción del proceso de perforación en MECL, se describen también los componentes más relevantes de un taladro de perforación, se resalta la importancia de los equipos del sistema de control de pozo que hacen parte de un taladro y se esboza el método más conocido para hacer control de un reventón.

Con base en datos reales recolectados y manuales de fabricante de los equipos se hace un análisis de criticidad con enfoque en riesgo a los sistemas del taladro y a los equipos del sistema de control de pozo, se plantea un programa de mantenimiento periódico a preventoras y acumuladores hidráulicos en donde se detallan todos los elementos (tareas, frecuencias, herramientas especiales, mano de obra, repuestos relevantes e instructivos) que se necesitan para integrar dicho plan al CMMS que actualmente se lleva en MECL – GEP.

El desarrollo de la monografía está soportado en las recomendaciones dadas por la teoría del mantenimiento preventivo y el marco técnico que da la norma API RP 53.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Enrique Gómez Duarte, Ingeniero Mecánico, Especialista en Gerencia de Mantenimiento

SUMMARY

TITLE: DESIGN A PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR CRITICAL EQUIPMENT OF DRILLING RIGS WELL CONTROL SYSTEM OF MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD. - HEAVY EQUIPMENT. (M.E.C.L. – G.E.P.).*

AUTHORS: NESTOR JAVIER ANGARITA PARRA, JUAN JOSE PORTILLA FUENTES**

KEYWORDS: MANSAROVAR. DRILLING RIGS. OIL WELL DRILLING. WELL CONTROL. PREVENTIVE MAINTENANCE. EQUIPMENT CRITICALITY ANALYSIS. DRILLING RIG SYSTEMS. BOP. BLOWOUT PREVENTOR.

SUBJECT:

This paper provides a description of the company "Mansarovar Energy Colombia LTD - MECL" heavy equipment management and maintenance department, it explains how it is building the current maintenance strategy, it raises issues of heavy equipment and maintenance area.

Parallel provides a description drilling sequence in MECL, it also describes the most important drilling rigs components, highlights the importance of the well control equipment and outlines the best known method to control a blowout.

Based on actual data collected and equipment manuals it make a criticality analysis focused on risk for drilling systems and well control equipment, it poses a periodic maintenance program for BOP and surface control system which details all the elements (task, frequency, special tools, labor, relevant parts and instructions) needed to integrate the plan to CMMS that currently used in MECL – GEP.

The development of this paper is supported on the recommendations given by the theory of preventive maintenance and technical framework that gives the standard API RP 53.

* Monograph

** School of mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Enrique Gómez Duarte, Mechanical Engineer, Maintenance Management Specialist

INTRODUCCIÓN

Conscientes de las tendencias actuales de globalización, de la competitividad empresarial, del avance exponencial de la tecnología, de la creciente dependencia de la internet, del dinamismo del mercado actual, del predominio capitalista del sistema bancario, de la sobre población mundial, de la sobre producción manufacturera mundial, de la futura escasez de los recursos naturales, de los crecientes problemas ambientales, de la degradación del planeta y de los problemas climáticos mundiales; las empresas Colombianas deben estar convencidas que mejorar la organización de un buen departamento de mantenimiento fortalecerá la gestión, disminuirá las pérdidas, aumentará su rentabilidad y ayudará en el sostenimiento de la misma a lo largo del tiempo.

En M.E.C.L – G.E.P se ha tratado de establecer una estrategia de C.B.M (Mantenimiento Basado en Condición) con actividades de mantenimiento preventivo, programa de inspecciones NDT, análisis de aceites, programas de limpiezas y pinturas, rutinas de lubricación, una metodología de reporte de anomalías, un sistema de información (MP2), documentación rigurosa en las OT's, capacitaciones con enfoque HSE, reuniones técnicas para analizar fallas, reuniones quincenales de seguimiento de compromisos, reuniones diarias pre operacionales y una matriz de mejoras de condiciones sub estándar.

Este trabajo trata de contribuir con la gestión que actualmente se lleva en la organización del departamento de mantenimiento de MECL – GEP, solo es una aplicación de conceptos y metodologías para establecer un plan operativo de mantenimiento programado que se pueda integrar inmediatamente a la organización. Consiste en presentar un diseño de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos que conforman el sistema de control de pozo que se tienen en los 5 taladros de perforación administrados por la Gerencia de Equipo Pesado.

No se debe quedar atrás el estudio de criticidad, las frecuencias de las tareas preventivas, las rutinas, los repuestos críticos, las herramientas críticas, la mano de obra calificada, tiempos de trabajo, los instructivos y demás información relevante de los equipos de tal forma que se pueda migrar toda esta información al software de mantenimiento utilizado por M.E.C.L – G.E.P.

1. MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD. (M.E.C.L.)

MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD. (M.E.C.L.) Es una compañía local colombiana conformada por capital extranjero (SINOPEC – Petrolera estatal China y ONGC Videsh Ltd. – Empresa petrolera Hindú) que se dedica a la exploración, explotación, transporte y comercialización de crudos pesados y que actualmente está ubicada en la zona del Magdalena Medio en el área de influencia de Puerto Boyacá.

M.E.C.L., en asociación con Ecopetrol S.A. opera y administra los campos de Jazmín, Under River, Nare Sur, Girasol, Moriche, Abarco (de la asociación NARE), y Campo Velásquez (único campo petrolero de inversión privada en Colombia).

Actualmente la sumatoria de la producción de los campos antes mencionados oscila entre los 36.000 BBLS/DIA.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

El origen de la compañía se remonta a la década de 1940, con el descubrimiento y desarrollo de Campo Velásquez (Texas Petroleum Company). Luego en 1994, la compañía petrolera Omimex Resources Inc. (de origen estadounidense) adquirió campo Velásquez por medio de una licitación internacional. Un año después Omimex de Colombia Ltd. adquirió la propiedad del Oleoducto Velásquez – Galán y los derechos de Texaco en los contratos de Asociación Cocorná y Nare, suscritos con Ecopetrol.

Una década después, en la ronda de negocios abierta por Omimex Resources Inc., a finales del 2005, las compañías socios de MECL deciden emprender sus negocios en Colombia adquiriendo los derechos y las propiedades de Omimex,

formalizándose así MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD. Que inicia operaciones en septiembre del 2006.¹

1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los campos administrados por M.E.C.L. están ubicados a lo largo de la troncal del Magdalena Medio (Ruta 45) entre los puntos del "Dos y Medio" y el municipio de Puerto Serviez (2 km antes de los límites de los departamentos de Santander y Boyacá). Ver *Figura 1. Zona de Operación de MANSAROVAR.*

1.3 MISIÓN

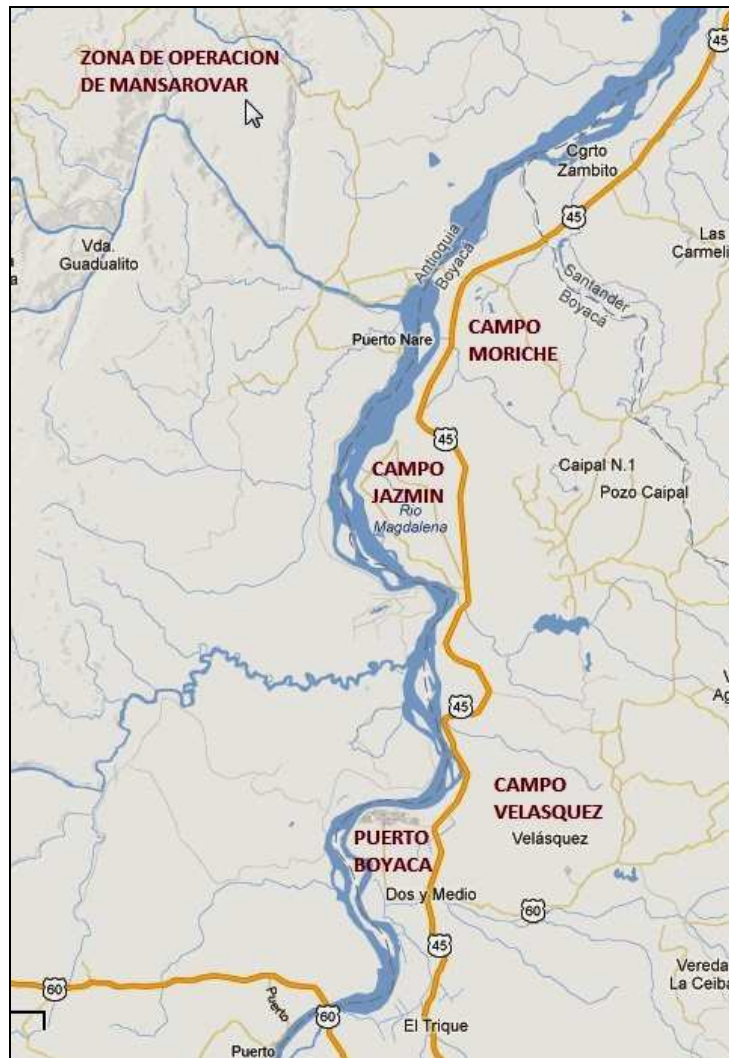
MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD., es una compañía petrolera, eficiente, viable, productiva y dinámica que opera por los intereses de sus asociados, dando a sus empleados un entorno estimulante.

MANSAROVAR explora, explota y transporta hidrocarburos, dentro de los estándares internacionales, manteniendo relaciones armónicas con el medio ambiente, sus colaboradores, la comunidad y el gobierno nacional, propendiendo por la generación de riqueza a las diferentes partes y preservando la ética en los negocios y los valores Organizacionales.²

¹ Tomado de la página WEB de MANSAROVAR.

² Tomado de la página WEB de MANSAROVAR.

Figura 1. Zona de Operación de MANSAROVAR



1.4 VISIÓN

Ser reconocida en Colombia como la compañía líder en la producción de crudos pesados teniendo en producción los yacimientos de hidrocarburos descubiertos, optimizando el recobro de los campos actualmente en producción, y siendo también reconocidos como un aliado estratégico mediante una operación eficiente, rentable y con control total en todos los procesos.¹

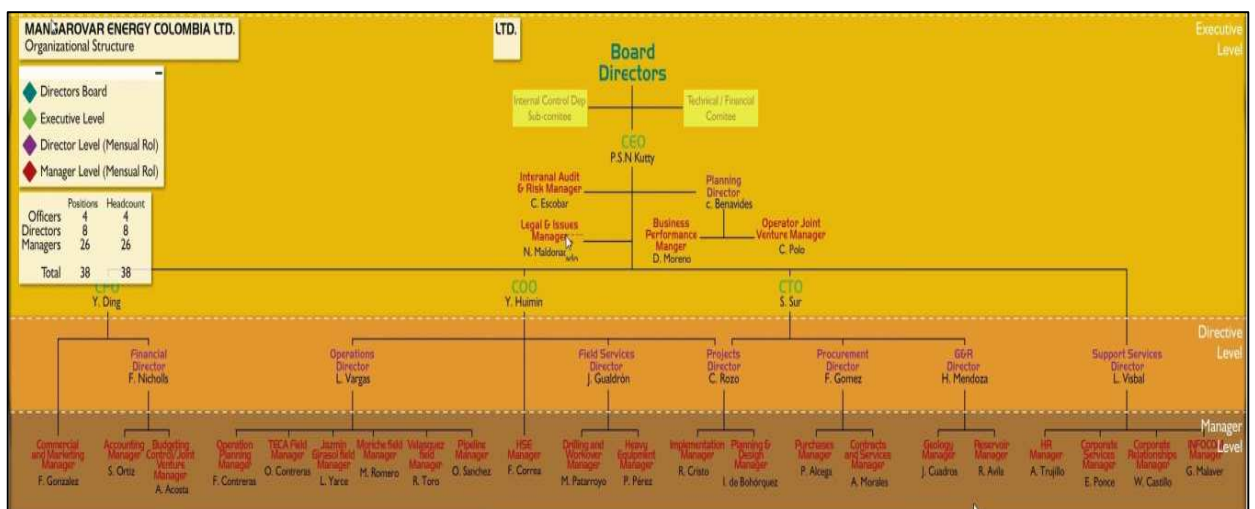
¹ Tomado de la página WEB de MANSAROVAR.

1.5 ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LA COMPAÑÍA

Más que el organigrama de la compañía, lo que se quiere resaltar es que MANSAROVAR funciona alrededor de dos frentes de operación:

- i. Operación de los campos asociados con Ecopetrol: Campo Jazmín, Girasol, Under River, Nare Sur, Moriche y Abarco.
- ii. Operación de actividades 100% en donde toda la inversión, propiedad y potestad es de MANSAROVAR. Conformado por Campo Velásquez, Oleoducto Velásquez – Galán y la Unidad de Servicios de Campo (USC) que se encarga de la exploración y perforación petrolera. Parte de esta última sección de la compañía encontramos a la gerencia de Equipo pesado.

Figura 2. Organigrama de MANSAROVAR¹



¹ Tomado de la página WEB de MANSAROVAR.

1.6 GERENCIA EQUIPO PESADO – G.E.P.

Figura 3. Taladros Convencionales de MECL – GEP¹



Figura 4. Flota de Transportes²



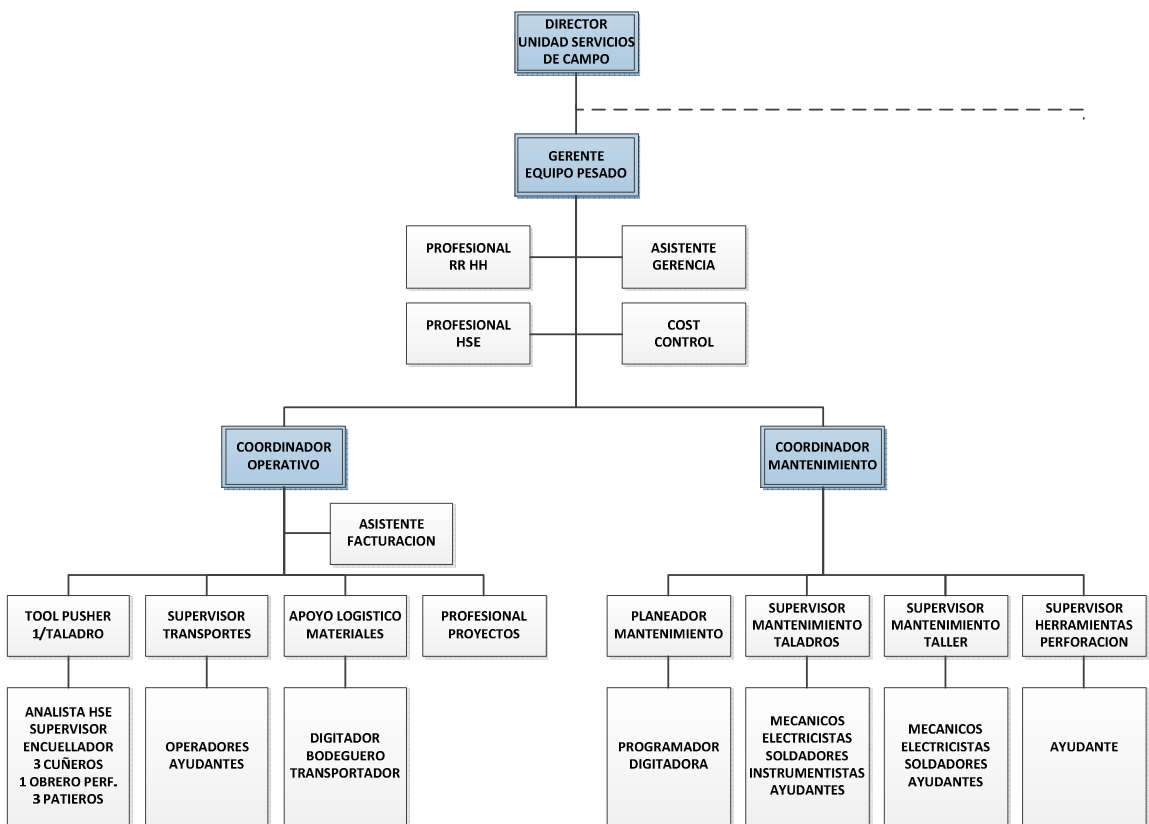
¹ Tomado de la base de datos del departamento de Mantenimiento de la GEP.

² Tomado de la base de datos del departamento de Mantenimiento de la GEP.

La Gerencia Equipo Pesado es el frente de operación encargado de administrar los taladros de perforación con apoyo de su propia flota de transportes. Ver *Figura 3. Taladros Convencionales de MECL – GEP, Figura 4. Flota de Transportes.*

El negocio de MECL – GEP consiste en alquilar y rentar sus taladros de perforación según las necesidades propias de los campos asociados y de empresas externas.

Figura 5. Organigrama de la GEP¹



La GEP está conformada por 5 taladros convencionales para perforación de pozos petroleros y 65 equipos de la flota de transporte que incluyen tracto camiones,

¹ Validado por la GEP en Febrero de 2013.

carro machos, montacargas, vibro compactadores, motoniveladoras, retroexcavadoras, volquetas, turbos, camionetas y una grúa de 50 Ton.

La GEP está estructurada en dos frentes de trabajo (ver *Figura 5. Organigrama de la GEP*):

- Una coordinación de operaciones que se encarga de toda la gestión y programación del personal operativo de los taladros y la flota de transportes; hacer la gestión de los procesos y proyectos de mejora; tramitar y conseguir materiales, repuestos e insumos que necesita el área operativa, administrativa y de mantenimiento de los taladros y la flota de transportes.
- Una coordinación de mantenimiento encargada de velar por todos los equipos de los taladros y la flota de transporte.

1.7 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO – G.E.P.

El departamento de mantenimiento de la gerencia de equipo pesado es un soporte para la operación propia de perforación de Mansarovar Energy Colombia LTD, que tiene como misión mantener en óptimas condiciones operacionales la totalidad de los equipos que hacen parte de los taladros y la flota de transporte.

Está en cabeza del coordinador de mantenimiento quien se encarga de direccionar, dirigir, y controlar todo el grupo de mantenimiento, refiriéndose a temas como: manejo de contratistas, selección del personal técnico y profesional del grupo, proyección de materiales y repuestos, manejo y control del presupuesto.

Existe también un grupo de personas encargadas de la planeación y programación de los trabajos, administrar la información consignada en el software de mantenimiento (MP2 V.6.1), controlar la información física canalizada en las ordenes de trabajo, proyectar las necesidades a corto plazo de materiales, etc.

Por otro lado se cuenta con el personal de ejecución y supervisión de los trabajos de mantenimiento administrados directamente por el coordinador de mantenimiento.

1.7.1 Estrategia Actual De Mantenimiento – G.E.P.

El propósito de buscar el mejoramiento de la gestión del grupo de mantenimiento, es realizar un proceso sistemático que permita aumentar la rentabilidad sobre los activos de la compañía.

Así mismo las buenas prácticas dentro del grupo de mantenimiento y dentro del grupo de operaciones disminuye los riesgos a los cuales está expuesto cada uno de los miembros de la dependencia y permiten generar un clima laboral favorable que facilita la gestión y el mejoramiento continuo de la organización.

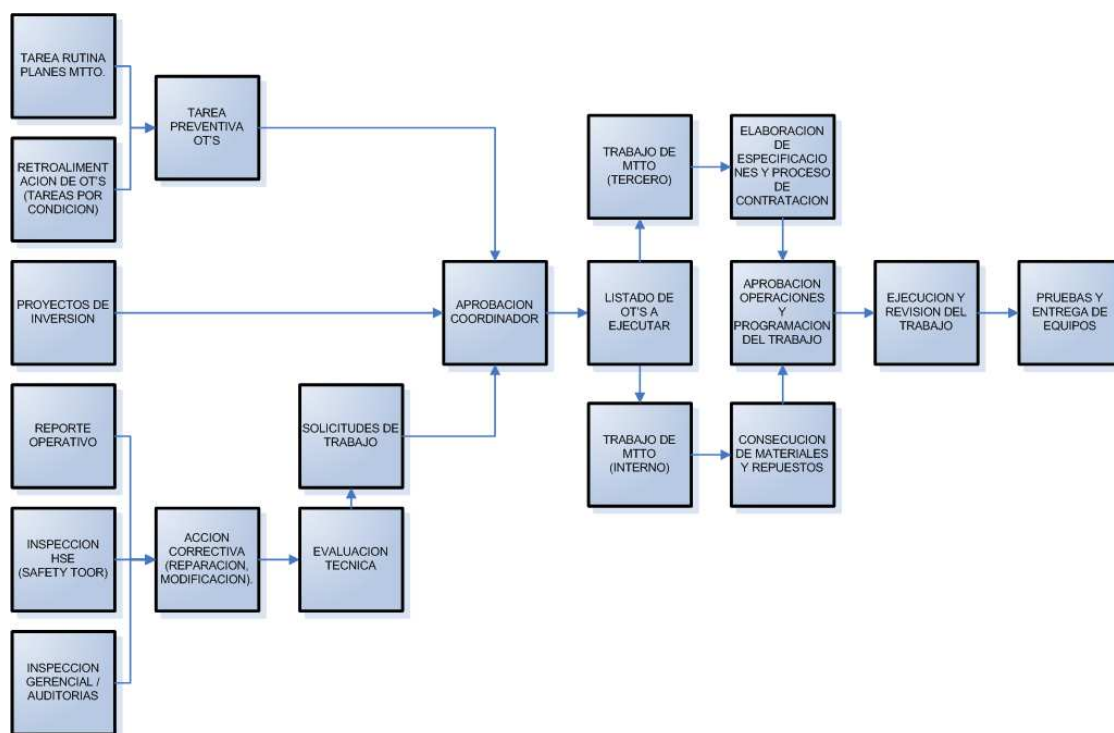
Al visualizar la unidad de servicios de campo como unidad de negocios se debe establecer estándares de calidad que permitan ser competitivos en la prestación de servicios y se conviertan como referentes para los clientes y para la realización de los trabajos de perforación.

Se quiere que la función mantenimiento llegue a estándares de clase mundial y que se vea como un negocio rentable que hace parte del proceso de producción siendo a su vez relevante para el mismo.

1.7.2 Descripción Del Proceso De Mantenimiento – G.E.P.

En la *Figura 6. Procesos de Mantenimiento en la GEP*, de izquierda a derecha se puede visualizar el flujo lógico de los trabajos. Comenzando con todas las actividades o fuentes de información que se utilizan para planear y programar los trabajos necesarios de mantenimiento, previa aprobación del coordinador. Este último direcciona el proceso a ejecutar con recurso propio o contratar una empresa prestadora de servicio.

Figura 6. Procesos de Mantenimiento en la GEP



1.7.3 CMMS En El Departamento De Mantenimiento – G.E.P.

En algunos de los frentes de operación de MECL y en la GEP se usa el MP2 Professional 6.1 SQL, que es un EAM americano desarrollado por DATASTREAM - INFOR disponible en Microsoft SQL 2005 y Microsoft SQL Express.

El MP2 es un software bastante completo que cuenta con diferentes módulos para manejo de información. Entre otros tenemos: gestión de activos, equipos, presupuesto, inventario, registros de proveedores, registros de fabricantes, almacenes, registros de empleados, órdenes de trabajo, centros de costos o localizaciones, mano de obra (número de horas hombre y costo de esta), compras (cotizaciones, requisiciones, órdenes de compras), programación de órdenes de trabajos, predicción estadística de mantenimiento basada en las lecturas operacionales, tareas preventivas, solicitudes de trabajo, historial de solicitudes, historial de órdenes de trabajo, etc.

El valor del costo del software esta alrededor de los U\$D 6.500.⁰⁰ y cada licencia anual adicional esta por U\$D 1,000.⁰⁰.

1.7.4 Estado actual del proceso de implementación del CMMS.

El departamento de mantenimiento de la GEP inició desarrollando una estrategia de mantenimiento basada en un programa preventivo. En Julio de 2010 se toma como un nuevo comienzo debido a que en este punto se decide implementar un proceso acompañado con un sistema de información.

Anterior a este momento solo se reaccionaba ante cualquier falla y la única estrategia se encaminaba a tener identificados y a la mano los posibles repuestos que resolvieran los problemas presentados.

Figura 7. Resultados de auditoría 2009¹



¹ Tomado del informe de auditoría externa realizada en Mayo de 2009 por la empresa RMS (RELIABILITY MAINTENANCE SERVICES S.A.).

En Mayo de 2009 se contrató una auditoria externa para evaluar el estado del mantenimiento en ese momento, mostrando grandes falencias dentro del proceso. En la *Figura 7. Resultados de auditoría 2009* se aprecia lo incipiente del proceso.

Fruto de un sencillo análisis de criticidad, se decide comenzar la estrategia preventiva por los equipos pertenecientes a los sistemas de levante, rotación, bombas de inyección, generación eléctrica y generación de aire comprimido; dejando a un lado los demás equipos.

Actualmente se cuenta con una estrategia sencilla y definida (Mantenimiento Preventivo), se avanza en algunos de los diez ejes de la matriz de la excelencia y se realiza nuevamente auditoria externa para identificar más oportunidades de mejora. En la *Figura 8. Resultados de Auditoría 2013* se aprecia el avance que ha mostrado el proceso y se identifica que en el eje que está relacionado con la confiabilidad no se alcanzó ningún desarrollo.

Figura 8. Resultados de Auditoría 2013¹

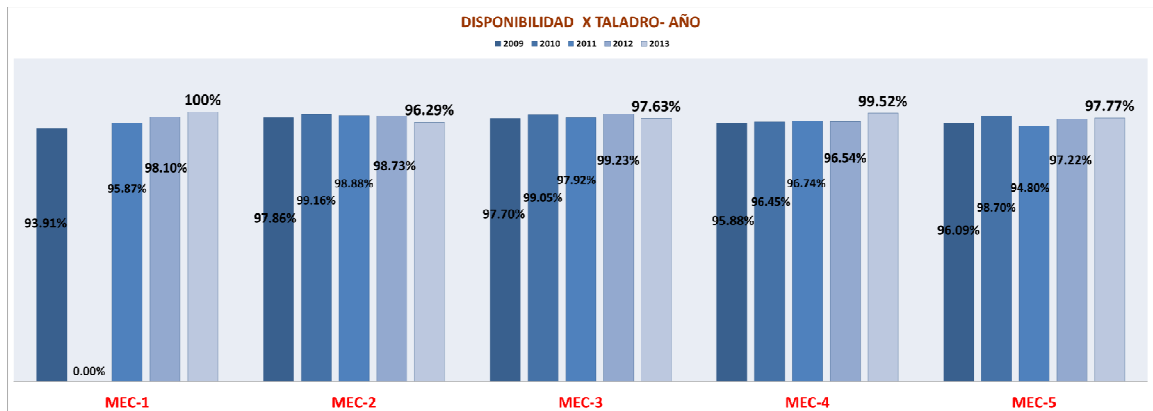


¹ Tomado del informe de auditoría externa realizada en Mayo de 2009 por la empresa RMS

1.7.5 Índices De Mantenimiento – GEP.

El único índice de mantenimiento que actualmente se registra, hace referencia directa con la disponibilidad operativa de cada taladro, en donde se comparan las horas operacionales (desde el inicio hasta el fin de la perforación del pozo) Vs las horas pérdidas por fallas. En la *Figura 9. Resumen Disponibilidad Anual*, se muestran los resultados de este índice durante los años 2009 en adelante.

Figura 9. Resumen Disponibilidad Anual¹

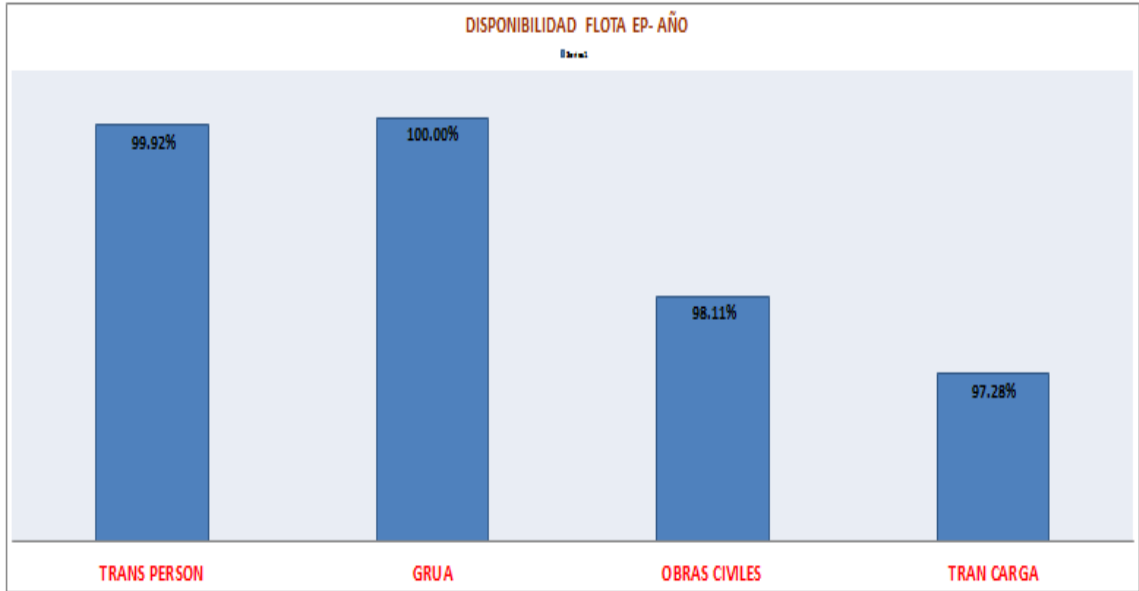


La fuente oficial de la información es tomada de los reportes diarios de operaciones que genera cada ingeniero de perforación llamado “Company Man” quien es el encargado de dirigir la operación durante la perforación del pozo.

Por otro lado, solo hasta el presente año se comienza a llevar los índices de disponibilidad para la flota de transportes. En la *Figura 10. Disponibilidad Flota Transportes 2013* se ve el resumen de este índice.

¹ Tomado de la base de datos del departamento de Mantenimiento de la GEP.

Figura 10. Disponibilidad Flota Transportes 2013¹



¹ Tomado de la base de datos del departamento de Mantenimiento de la GEP.

2. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO

“Mantenimiento se define como el conjunto de acciones, operaciones y actitudes encaminadas a poner o restablecer un bien, equipo o un sistema a un estado específico definido, que le permita asegurar un servicio determinado”.¹

“El mantenimiento es algo inherente a la industria, se encuentra desde el mismo nacimiento de las maquinas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa”.²

Mantener es realizar operaciones tales como: limpieza, lubricación, chequeo, revisión, inspección, conservación, pruebas, tomas de muestras o lecturas, reparaciones y mejoras que permitan conservar el potencial de un equipo para asegurar su continuidad y garantizar la calidad de la producción.

MECL - GEP ha querido dar a sus actividades de mantenimiento un enfoque de CBM partiendo del mantenimiento preventivo básico de manuales y la experiencia misma del personal.

Aunque en la teoría se habla de estrategias de mantenimiento (tales como mantenimiento predictivo, RCM, RCM2, TPM, entre otras) el alcance de este trabajo no va más allá de un plan de mantenimiento programado preventivo y con algunas actividades de análisis predictivo e inspección de condiciones.

2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es el conjunto de actividades que se realizan sobre un bien o sistema después que ocurre una falla o avería.

Esta opción de mantenimiento reactivo trae consigo graves consecuencias, tales como:

¹ Tomado del libro Ingeniería de Mantenimiento.

² Tomado del libro Principios de Mantenimiento.

- Paradas no planificadas
- Demoras y atrasos en los procesos de producción.
- Altos costos

2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo está basado en la programación de actividades resultado de las inspecciones de equipos, ayudándose de la experiencia y conocimiento de los manuales de los fabricantes; este mantenimiento deben llevarse en forma periódica con un plan de aseguramiento y control de calidad. Su propósito es prevenir las fallas, manteniendo los equipos en óptima operación.

El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es detectar con anterioridad las fallas o las anomalías del equipo, mediante revisiones e inspecciones programadas para así poder corregirlas en el momento más oportuno y poder garantizar el buen funcionamiento y disponibilidad de los equipos y sistemas de producción.

2.2.1 Ventajas Del Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo ofrece las siguientes ventajas:

- Disminución del tiempo ocioso por menos paros imprevistos.
- Menor número de reparaciones en gran escala.
- Menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento.
- Menor cantidad de reparaciones repetitivas.
- Disminución de los costos de reparaciones antes de la falla.
- Menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor control de calidad.
- Mayor disponibilidad del equipo en operación.
- Reducción de costos de mantenimiento en mano de obra y materiales.

- Mejor control de trabajo por la utilización de programas y procedimientos adecuados.
- Mejor control de los niveles de inventario de repuestos.

2.2.2 Desventajas Del Mantenimiento Preventivo

Por otro lado, debe quedar claro que el mantenimiento preventivo lleva consigo las siguientes ventajas:

- Cambios innecesarios de repuestos.
- Problemas iniciales de operación.
- Costo en inventarios.

2.2.3 Planeación Del Mantenimiento

Para realizar una planeación adecuada de las operaciones que se involucran en un mantenimiento preventivo se debe:

- Definir las partes o elementos que serán objeto de este tipo de mantenimiento.
- Establecer los periodos de tiempo y los trabajos a realizar.
- Agrupar los trabajos en los periodos de tiempo establecidos por el cronograma de mantenimiento.
- Determinar los costos que representa la implementación de este plan de mantenimiento.
- Dentro del plan de mantenimiento preventivo, se debe incluir las inspecciones periódicas, donde se adelantan acciones de lubricación, limpieza, arranque y parada de equipos, chequeo de protecciones y salvaguardas, y la sustitución sistemática en donde hacemos los recambios de partes cada cierto periodo de tiempo.
- Se deben incorporar todos los registros documentados de las actividades de rutina, de las calibraciones e inspecciones, así como de las acciones de

mantenimiento correctivo realizadas debido a fallas o a eventos no programados.

- Listas de partes y refacciones por equipo, incluyendo datos de los proveedores.
- Programas de calibración.
- Programas de sustitución de equipos.
- Lugares y responsables de reparación de equipos.
- Contratos de servicios.
- Registros mensuales de las actividades de prueba, inspección y mantenimiento
- Formatos de verificación y recepción de consumibles, refacciones y equipos.

2.3 MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN

Conocido como CBM y recibe su nombre por sus siglas en inglés “Condition Based Maintenance”, tiene como base la monitorización de las condiciones o estado de los diferentes elementos de una máquina o equipo para decidir el momento óptimo (más adecuado) para realizar las tareas de mantenimiento.¹

El objetivo del CBM es disponer de la máxima cantidad de datos objetivos sobre la máquina, para poder identificar los posibles fallos que generen incidentes o paradas no deseadas antes de que aparezcan. Las actividades que recomienda el CBM son:

- Control de Temperatura, bien mediante termómetros de contacto, infrarrojos, termografía.
- Monitorización Dinámica, control de la energía emitida por equipamientos mecánicos, como el Análisis de Vibraciones, Medida de ultrasonidos, etc.

¹ Tomado de <http://solomantenimiento.blogspot.com/2012/01/cbm-mantenimiento-basado-en-la.html>.

- Análisis de Aceites, para comprobar las cualidades de cualquier tipo de aceite, sea cual sea su función: Aceites Lubricantes, Aceites Hidráulicos, Aceites Aislantes.
- Control de Corrosión.
- Comprobaciones no destructivas (Rayos X, Partículas Magnéticas).
- Comprobaciones Eléctricas.
- Supervisión del rendimiento operacional, comparando datos nominales con los reales en cuando a Caudales, Presiones, tiempos, temperaturas, voltaje, etc.

3. PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS

3.1 CONCEPTOS BÁSICOS

3.1.1 Geología Básica

Es bueno repasar los siguientes conceptos:

- Existen tres requerimientos para la formación de hidrocarburos: el primero es un ambiente rico en contenido orgánico, el segundo es que existan rocas apropiadas que acumulen el contenido orgánico (formación porosa y permeable) y tercero una irregularidad o roca sello por encima y por debajo de esa formación para que se acumulen los fluidos “trampa”.
- Porosidad de la formación: son los espacios que se dan dentro de la matriz de la roca.
- Permeabilidad de la formación: es una propiedad que tiene la formación y hace referencia a la conexión existente entre los poros y que permite que un fluido fluya a través de la roca.
- Toda formación está sometida a un efecto de sobre carga, que corresponde al peso total de la roca y de los fluidos que existen por encima de ella.
- Presión de poro: es la presión natural a que están sometidos los fluidos que se encuentran bajo la tierra.
- Presión de poro normal: es la presión de la formación igual a la columna hidrostática de agua salada desde la superficie hasta la profundidad de la formación en mención. Se considera como presión de poro normal a las presiones comprendidas entre la presión hidrostática del agua dulce 8.33 PPG (libras por galón) y la presión hidrostática del agua salina 8.94 PPG.
- Presión de poro subnormal: es cualquier presión de formación menor que la presión de poro normal, por debajo de 8.33 PPG.
- Presión de poro anormal: es cualquier presión de formación mayor que la presión de poro normal, por encima de 8.94 PPG.

3.1.2 Presión hidrostática

Presión hidrostática (PH en psi): es el peso de la columna del lodo de perforación, es el producto que se da entre el peso del fluido (FW en PPG) por la profundidad vertical (TVD en pies).

$$PH = 0.052 \times FW \times TVD$$

3.1.3 Presión de circulación

La presión de circulación es la presión mínima requerida para circular el lodo de perforación es una medida de las pérdidas por fricción en el sistema de circulación del taladro. Las pérdidas de presión ocurren en los equipos de superficie, la sarta de perforación, la broca y las herramientas de fondo, el espacio anular que se da entre la sarta y el hueco.

3.1.4 Presión de suaveo

Se conoce como presión de suaveo al efecto de succión (pistón) que se genera en el pozo debido al movimiento hacia arriba de la sarta de perforación.

3.1.5 Ley De Los Gases

Considerando la ley de los gases ideales, tenemos:

$$(P_1 \times V_1) / T_1 = (P_2 \times V_2) / T_2$$

Este concepto se aplica más adelante en el cálculo de los acumuladores hidráulicos y en el fenómeno que ocurre con las burbujas de gas.

3.1.6 Gravedad Específica y Gravedad API

Gravedad Específica: Es la comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia.

Gravedad API: Es la medida utilizada por el American Petroleum Institute para describir si el petróleo es pesado o liviano comparándolo con el agua.

El agua tiene API = 10

$$API = (141.5 / SG_{oil}) - 131.5$$

Donde SG_{oil} es la gravedad específica del crudo a 60 °F comparada con la gravedad del agua a 60 °F.

Figura 11. Gravedad API

CRUDO	DENSIDAD (g/ cm ³)	GRAVEDAD grados API
Extrapesado	>1.0	10.0
Pesado	1.0 - 0.92	10.0 - 22.3
Mediano	0.92 - 0.87	22.3 - 31.1
Ligero	0.87 - 0.83	31.1 - 39
Superligero	< 0.83	> 39

3.2 EL PROCESO DE PERFORACIÓN

La perforación tiene como fin principal alcanzar las formaciones que contienen hidrocarburos de una manera económica, efectiva y que permita el recobro de estos en superficie.

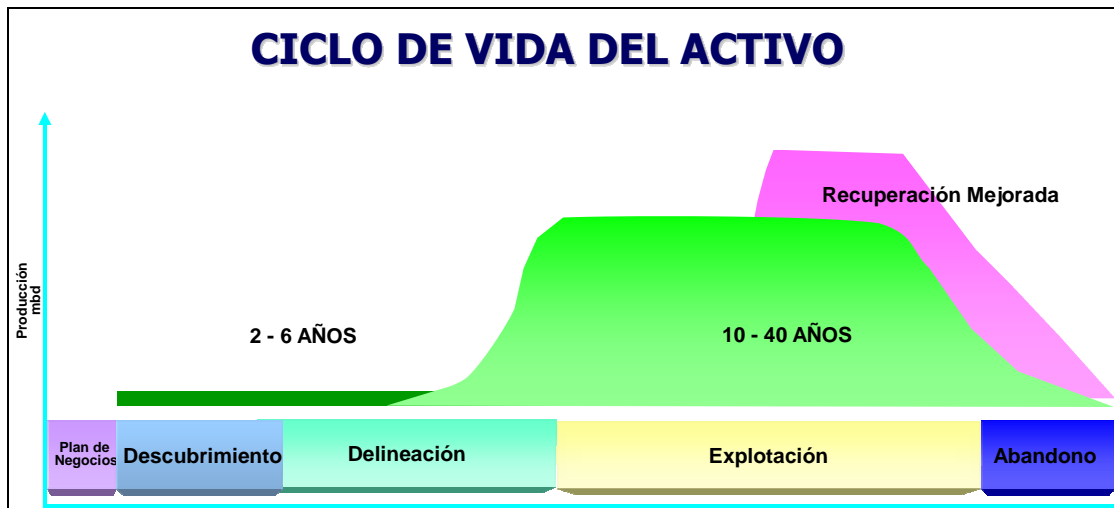
3.2.1 Proceso De Extracción Del Petróleo

El proceso de extracción de un campo petrolero comienza con el descubrimiento de este, declaración comercial y delimitación de las zonas productoras, explotación, recuperación mejorada y abandono.

El proceso de perforación acompaña al campo petrolero desde la etapa de descubrimiento y delimitación de las zonas ya que solo con la confirmación de los pozos exploratorios se pueden trazar los futuros planes de explotación.

Ver *Figura 12. Desarrollo De Un Campo Petrolero.*

Figura 12. Desarrollo De Un Campo Petrolero



3.2.2 Pozos Exploratorios

Se realizan pozos exploratorios con proceso de corte y recuperación de muestras de rocas para obtener información que lleve a conocer las propiedades petrofísicas de la roca (tipo y descripción litológica, orientación de fractura dentro de la formación, permeabilidad, presión capilar, porosidad, saturación de fluidos, tamaño del grano, etc.) y mejorar la producción de petróleo.

Los pozos exploratorios se pueden perforar en las siguientes situaciones:

- En una zona totalmente desconocida.
- Con el objeto de determinar la profundidad a las arenas productoras del yacimiento descubierto.
- Para determinar la extensión horizontal del yacimiento.

3.2.3 Tipos De Pozos

Los tipos de pozos más comúnmente usados son:

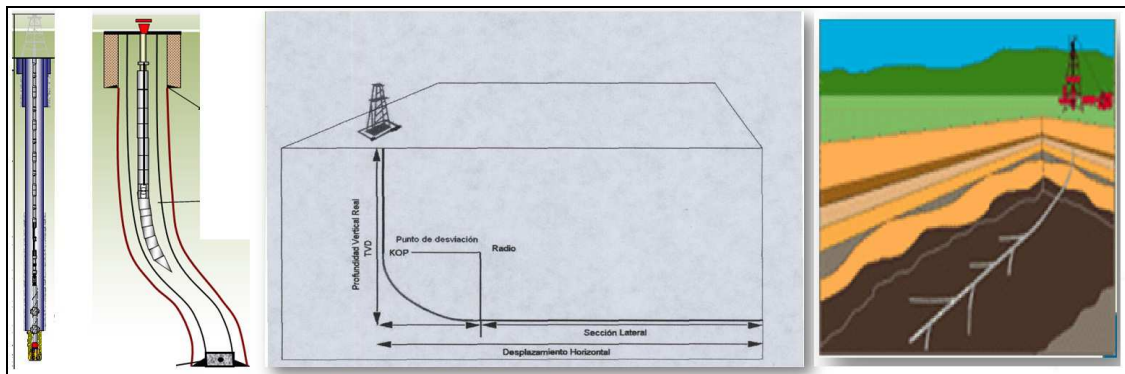
- Pozos verticales.
- Pozos desviados.
- Pozos Horizontales.

- Pozos Multilaterales.

Figura 13. Muestras De Pozos Acorazonados



Figura 14. Tipos De Pozos



3.2.4 Etapas Del Proceso De Perforación

El proceso de perforación de pozos petroleros comprende (entre otras) las siguientes etapas:

- Definición de la localización del pozo y diseño de este: Es una función del área de yacimientos y se determina mediante estudios geológicos y/o geofísicos (sísmica, gravimetría, magnetometría, etc.). El diseño del pozo

debe estar justificado con un estudio económico y debe tener definido los siguientes programas: diseño de casing, programa de fluidos de perforación, programa de brocas y sartas, programa de Cementación, programa de control de sólidos, programa de registros eléctricos, listado de materiales y equipos, análisis de Riesgos y un plan de contingencia.

Figura 15. Proceso De Perforación

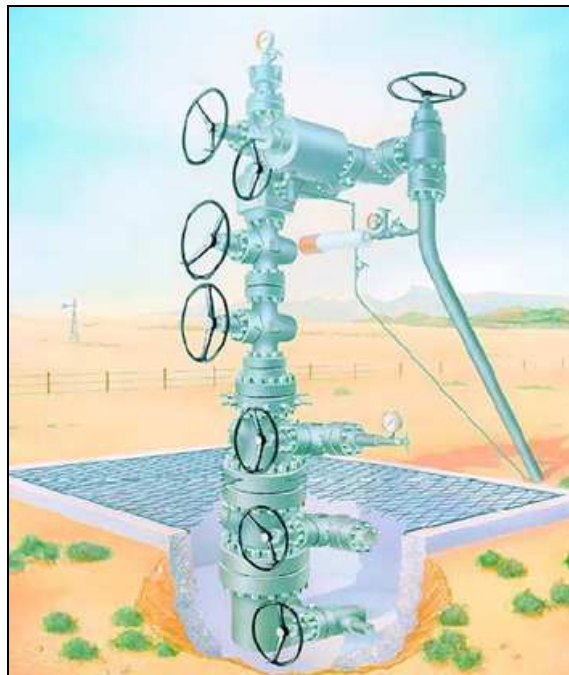


- Aprobación oficial por parte de Ecopetrol y el Ministerio.
- Construcción de la locación: Es una función del área de obra civil y consiste en el diseño y adecuación de las vías de acceso, la locación, sistema de drenaje y control de derrames, plataforma del taladro, piscinas, contrapozos, etc. En esta etapa ya se debe considerar la dimensión del taladro que ejecutara la perforación.

- Selección y contratación del taladro: Se deben tener en cuenta los alcances definidos en el diseño del pozo, tales como tipo de pozo (direccionales, horizontales, multilaterales), profundidad, dirección, diámetros y tipos de revestimiento. En esta etapa también se deben definir el fluido de perforación, la sarta de perforación y sus herramientas, las brocas y el equipo de control de pozo.
- Movilización y arme del taladro: Instalación del taladro y todos sus componentes en la locación definida. Prueba y entrega del equipo a la empresa operadora del campo.
- Reunión preliminar: Aquí se define la estrategia de ejecución de la perforación, se dan a conocer las políticas de la empresa (HSE), el programa de perforación, conocimiento de las partes involucradas y operaciones integradas, gestión social y manejo de la información.
- Perforación del Hueco: Comienza con la preparación del lodo, y luego continúan una serie de etapas cíclicas en donde se perfora, repasa, instala revestimiento y se cementa (incluye registro y prueba) cada una de las fases del pozo según el diseño de este. En muchas ocasiones y dependiendo de los registros se decide modificar el diseño original del pozo.
- Cementación: Es el proceso de mezclar y bombear al pozo una lechada compuesta de cemento, agua y aditivos especiales. Entre las funciones de la cementación se tienen: adherir el casing a las paredes del pozo, sostener la tubería de revestimiento, aislar hidráulicamente las formaciones que contienen fluidos, sellar las zonas de pérdida de circulación, prevenir la contaminación de acuíferos superficiales.
- Prueba de fluidos: Se hacen con el objeto de verificar el tipo de fluidos contenidos en el yacimiento, sus características, cantidades estimadas, condiciones de flujo, etc.

- Completamiento: Consiste en bajar el revestimiento de producción (incluida la cementación, cañoneo, bajar la tubería de producción e instalar el árbol de navidad. Ver *Figura 16. Árbol De Navidad*.
- Recuperación del área: Consiste en actividades orientadas a hacer el menor daño al medio ambiente, remoción de construcciones y placas de cemento, tapado de piscinas, reforestación de la locación, recoger escombros y basuras.
- Entrega a Producción.

Figura 16. Árbol De Navidad

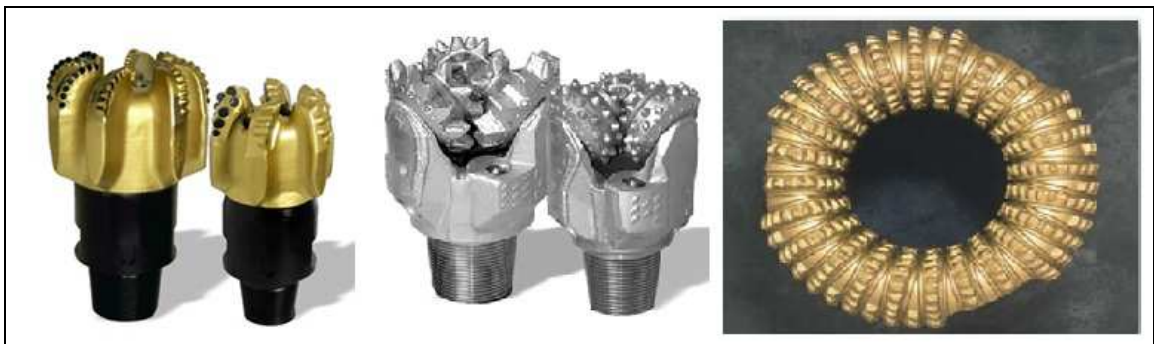


3.2.5 Sarta De Perforación

Es el conjunto de herramientas y tubulares que se utilizan para lograr la rotación en la broca y servir de conducto al lodo de perforación. A continuación se enumeran algunas de las herramientas o tipos de tubería que conforman la sarta de perforación:

- Brocas: Es el elemento cortante que se coloca en la punta inferior de la sarta. Entre ellas se tienen brocas con partes fijas, tricónicas, brocas con insertos duros (carburo de tungsteno, diamantes), brocas para corazonar, etc. Ver *Figura 17. Tipos De Brocas*.
- Martillos: Es una herramienta que se baja con la sarta de perforación y está diseñada para desarrollar un impacto tanto en las subidas como en las bajadas del BHA.

Figura 17. Tipos De Brocas



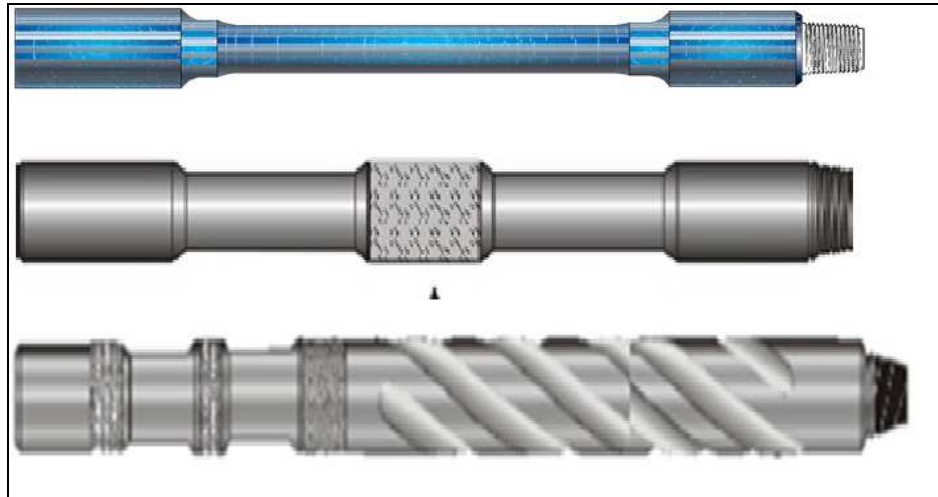
- Drill Collar: Esta tubería va en la parte inferior de la sarta, son tubos pesados con paredes gruesas. Ellos colocan peso sobre la broca. Los espirales en el exterior de los “DC” previenen que estos se peguen con las paredes del pozo, al reducir el área de contacto.
- Heavy Weight: Es una tubería pesada con pared gruesa que sirve de transición entre el “Drill Pipe” y el “Drill Collar”, se caracteriza por tener un protector o cinturón de pared (recalcado) en medio del tubo.
- Drill Pipe: Es la tubería colocada en la parte superior de la sarta de perforación. La selección del diámetro, peso, rango y grado de tubería dependerá de la profundidad del pozo que se va a perforar.

3.2.6 Revestimientos o Casing

La tubería de revestimiento es una tubería de acero que corre desde la superficie hasta una profundidad determinada en el pozo. Está colgada de la superficie,

cementada en su lugar y se queda hasta que se abandona el pozo. Ver *Figura 19. Tubería De Revestimiento.*

Figura 18. Tipos De Tubería



Esta es la primera línea de defensa que tiene un pozo contra: derrumbamientos, reventones, pérdidas de circulación, flujo de los fluidos del pozo de una formación a otra. Es la base para la instalación del cabezal del pozo.

3.2.7 Fluidos De Perforación

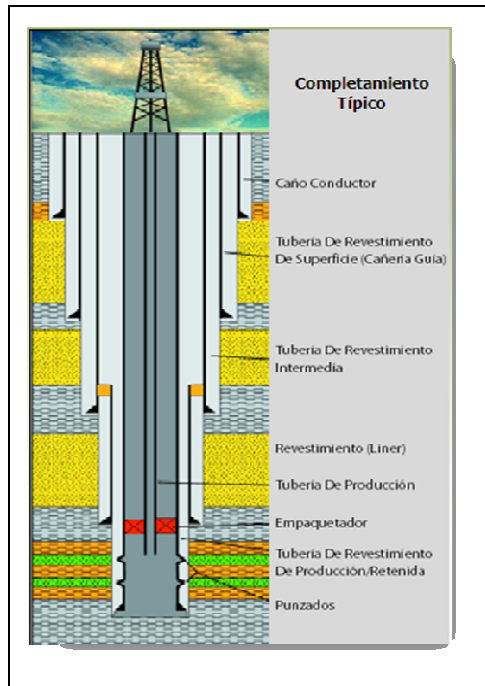
Acompañando la sarta y la broca de perforación se debe bombear un fluido al pozo con el objeto de complementar y facilitar el proceso.

Como fluidos de perforación se tienen: aire comprimido, espuma, nitrógeno gaseoso, lodos base agua fresca, lodos base agua salada, lodos base aceite, lodos base diesel y lodos base aceites sintéticos.

Posteriormente en este documento se hablará de lodos de perforación base agua, que son el resultado de una mezcla entre una fase líquida primaria (agua) y una serie de productos químicos tales como bentonita, barita, soda caústica, polímeros, almidones, lignitos, lignosulfonatos, asfaltos, glicoles, preservantes, lubricantes, emulsificantes, fibras y cascarillas. Todos ellos modifican algunas de

las propiedades físico químicas que se quieren controlar en los lodos de perforación.

Figura 19. Tubería De Revestimiento



Algunas de las principales propiedades de los lodos de perforación tenemos:

- Densidad (lb/gal).
- Viscosidad (cps).
- Punto de cedencia (YP): es una medida de la tensión superficial dinámica del lodo (lbs/100 ft²).
- Resistencia al gel: mide la propiedad que tiene el lodo de mantener sólidos en suspensión para el caso de pérdida de circulación.
- PH
- Porcentaje de sólidos: prueba que se hace al lodo de retorno se mide en % en volumen.

Las principales funciones de los lodos de perforación son:

- Transportar los cortes desde el fondo del pozo a la superficie.
- Proveer presión hidrostática y compensar las presiones de la formación.
- Lubricar y enfriar la broca y la tubería.
- Transmitir potencia hidráulica a la broca.
- Suspensión de los cortes cuando se para la circulación.
- Llenar el hueco – sostener la pared del Pozo.
- Sostener parte del peso de la sarta de perforación (flotación).
- Servir como medio de transporte de la información.
- Proveer información sobre el pozo.

3.2.8 Personal De Perforación

El proceso de perforación necesita el siguiente personal:

- Representante de la compañía (Company Man), es el encargado de velar por el cumplimiento del plan de perforación trazadas por yacimientos.
- Líder del taladro (Tool Pusher), es la cabeza de la cuadrilla de ejecución conformada por el perforador o maquinista (Driller), el encuellador (Derrickman), los cuñeros (Roughnecks), los obreros de patio (Roustabouts) y el personal de mantenimiento.
- Líder HSE, es el encargado de hacer cumplir las políticas HSE de la compañía.
- Ingeniero de Lodos (Mud Engineer), encargado de mantener las condiciones y propiedades del lodo necesario durante las diferentes operaciones de la perforación.
- Además participan empresas prestadoras de servicio encargadas de funciones especializadas tales como hacer la cementación, tomar los registros, tratar los cortes, preparar los lodos, hacer las desviaciones, hacer los cañoneos, etc.

3.2.9 Problemas Durante La Perforación

Los problemas más graves que se pueden presentar son:

- Pérdida de Circulación: Que se puede presentar por que en la formación se tienen zonas de grava y arena no consolidadas, formaciones fracturadas, y/o bajar tubería a alta velocidad.
- Pega de la sarta de perforación: consiste en el atascamiento de la sarta de perforación en las paredes del hueco abierto, que se puede presentar por una pobre limpieza del pozo, propiedades deficientes del lodo, poca rotación y desplazamiento de la sarta.
- Reventón/Disparo: Se presenta cuando la presión de la formación es mayor que la presión hidrostática de la columna de lodo. Este problema se explicara más detalladamente en el capítulo siguiente.
- Pobre calidad de cementación.
- Asentamiento prematuro de empaque.

3.2.10 Estado Mecánico Del Pozo

Al final de la perforación del pozo y como un documento entregable importante es el estado mecánico del pozo, en donde se registran las profundidades y dimensiones generales de los revestimientos y las mallas.

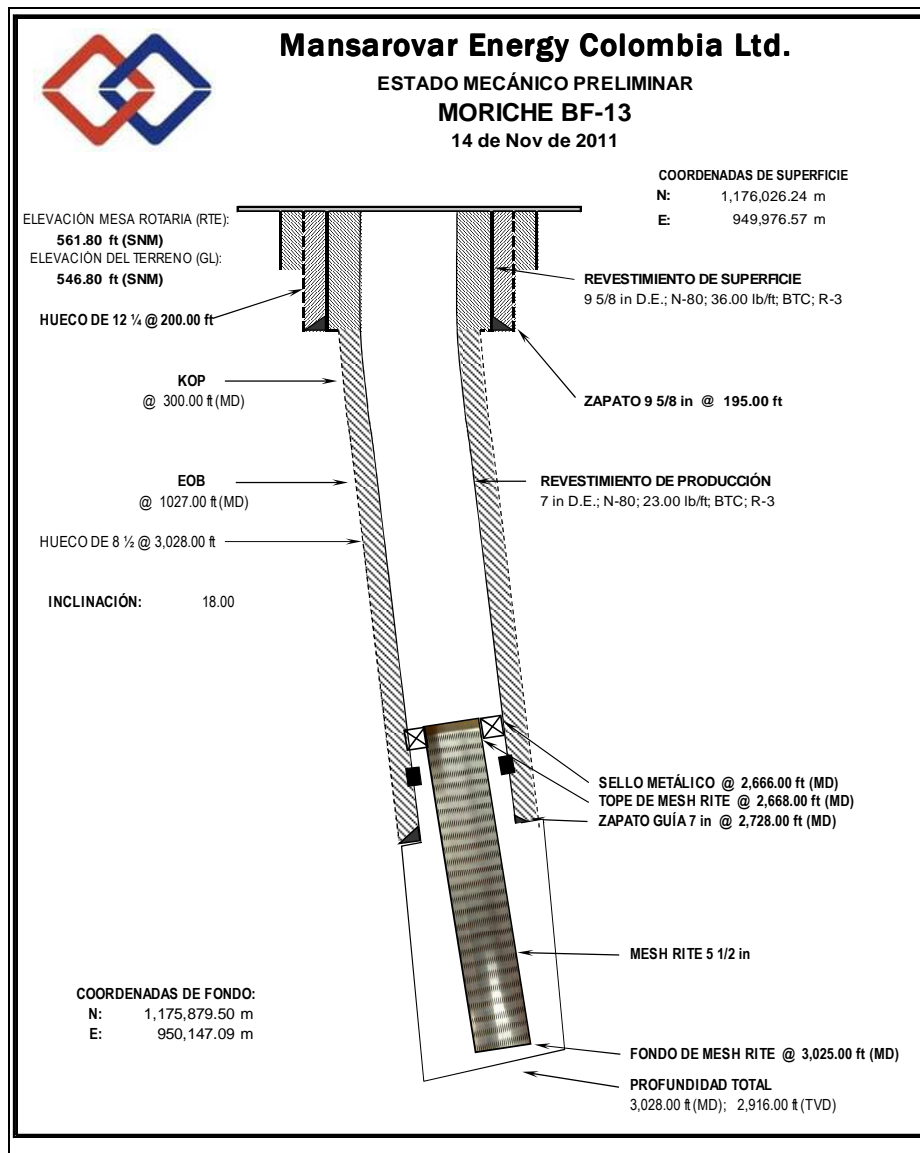
A lo largo de la historia de producción del pozo se decide hacer trabajos adicionales de mejora o recuperación mecánica de este. Cada modificación que se haga en el pozo debe registrarse en el estado mecánico del pozo. Ver *Figura 20. Ejemplo De Un Estado Mecánico.*

3.3 TALADROS DE PERFORACION DE POZOS PETROLEROS

Un taladro de perforación de pozos petroleros es una herramienta o conjunto de equipos acoplados de forma sistemática y que permite perforar un agujero en la tierra de diferentes diámetros y a diferentes profundidades, direcciones y

orientaciones en busca de las capas estratigráficas terrestres que puedan almacenar petróleo.

Figura 20. Ejemplo De Un Estado Mecánico¹



¹ Tomado de la base de datos de perforación de MECL.

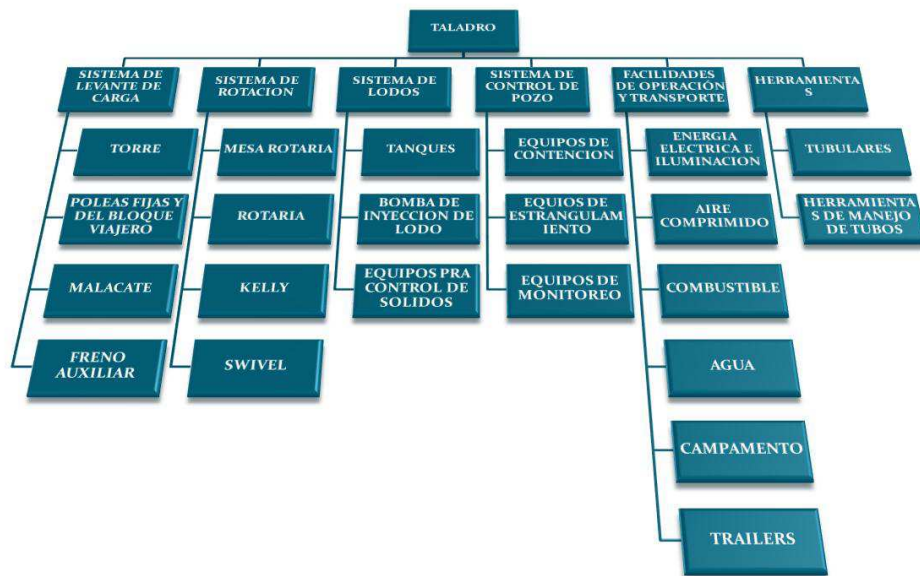
Los taladros de perforación de pozos petroleros se han venido perfeccionando según los sitios en donde se desean hacer los agujeros, por ejemplo: plataformas marítimas, taladros costa afuera, taladros terrestres (auto transportables o no).

3.3.1 Sistemas De Un Taladro Convencional

Se le llama un taladro convencional a un equipo netamente mecánico, compuesto por una torre o estructura metálica que soporta un aparejo diferencial capaz de subir y bajar las tuberías o sargas de perforación.

En términos generales, se puede resumir que en un taladro convencional se identifican los siguientes sistemas:

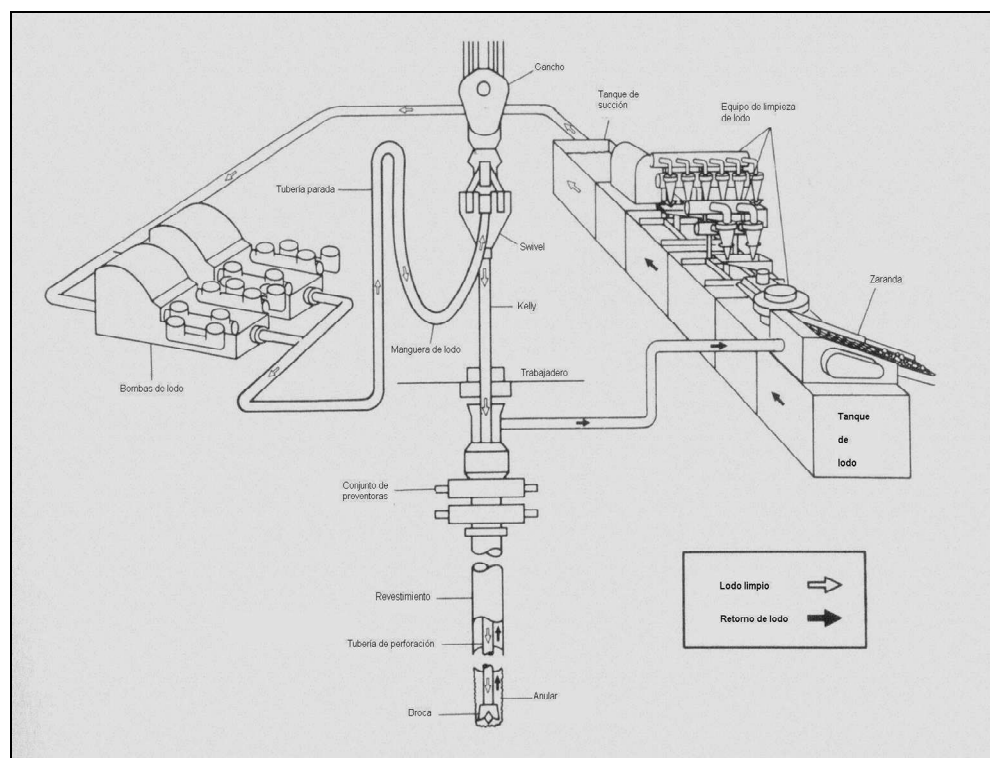
Figura 21. Sistemas De Un Taladro Convencional



- La unidad básica: que es el conjunto compuesto por la torre y el aparejo para levante de carga que pueden estar montados en un tráiler de enganchar o en un tracto camión. La mayoría de las veces la potencia que se necesita va instalada directamente en el mismo tráiler (motores de combustión interna diésel).

- Sistema de rotación: que corresponde a los equipos y o mecanismos que permiten hacer la rotación a la sarta de tubería. La potencia que necesitan estos equipos es tomada de la unidad básica (por medio de transmisiones de cadenas y cardanes) o de un sistema externo (corriente eléctrica o unidad hidráulica).
- El sistema de lodos y tratamiento de sólidos: que es el conjunto de equipos que permite inyectar (a través de la misma tubería de perforación) al hueco, el lodo necesario para extraer los cortes generados en el fondo del agujero (Ver *Figura 22. Sistema De Lodos*). Los lodos se almacenan en tanques metálicos y circulan a través de una serie de equipos que permiten filtrar y descontaminar el fluido que retorna del hueco.

Figura 22. Sistema De Lodos



- El sistema de control de pozo: que es el grupo de equipos que permite cerrar, contener y controlar el pozo en caso de una surgencia debida

líquidos o gases acumulados a alta presión en lo profundo de la formación del pozo. Entre los principales equipos parte del sistema de control de pozo se pueden listar a: preventores, acumuladores hidráulicos, válvulas de cierre pilotadas y manuales, válvulas de estrangulamiento, separadores de gas, válvulas de seguridad, etc.

- Facilidades de operación y transporte: hace referencia a los equipos que facilitan la operación del taladro (suministro de energía eléctrica e iluminación, suministro de aire comprimido, suministro de combustible, suministro de agua industrial y de uso doméstico, las facilidades habitacionales, las bodegas, los talleres y los tráiler de movilización).
- Herramientas de perforación: que incluye todos los tubulares (diferentes clases y diámetros), accesorios de conexión, herramientas de enroscar y torquear, herramientas direccionales, martillos, motores de fondo, etc.

3.3.2 Componentes De Un Taladro

En la *Figura 23. Esquema General De Un Taladro*, se pueden apreciar los siguientes componentes: (1) corona, (2) vientos, (3) cable de perforación, (4) trabajadero tubería, (5) bloque viajero, (6) top drive, (7) mástil o torre, (8) tubería de perforación, (9) casa del perro, (10) preventoras, (11) tanque de viaje, (12) tubería de inyección, (13) generadores, (14) tanque de ACPM, (15) cuarto de control eléctrico, (16) bombas de lodo, (17) tanque de agua, (18) tanques de lodo, (19) tanque de reserva, (20) separador de gas, (21) equipos de control de sólidos, (22) choke manifold, (23) rampa de tubería, (24) tubulares, (25) acumulador.

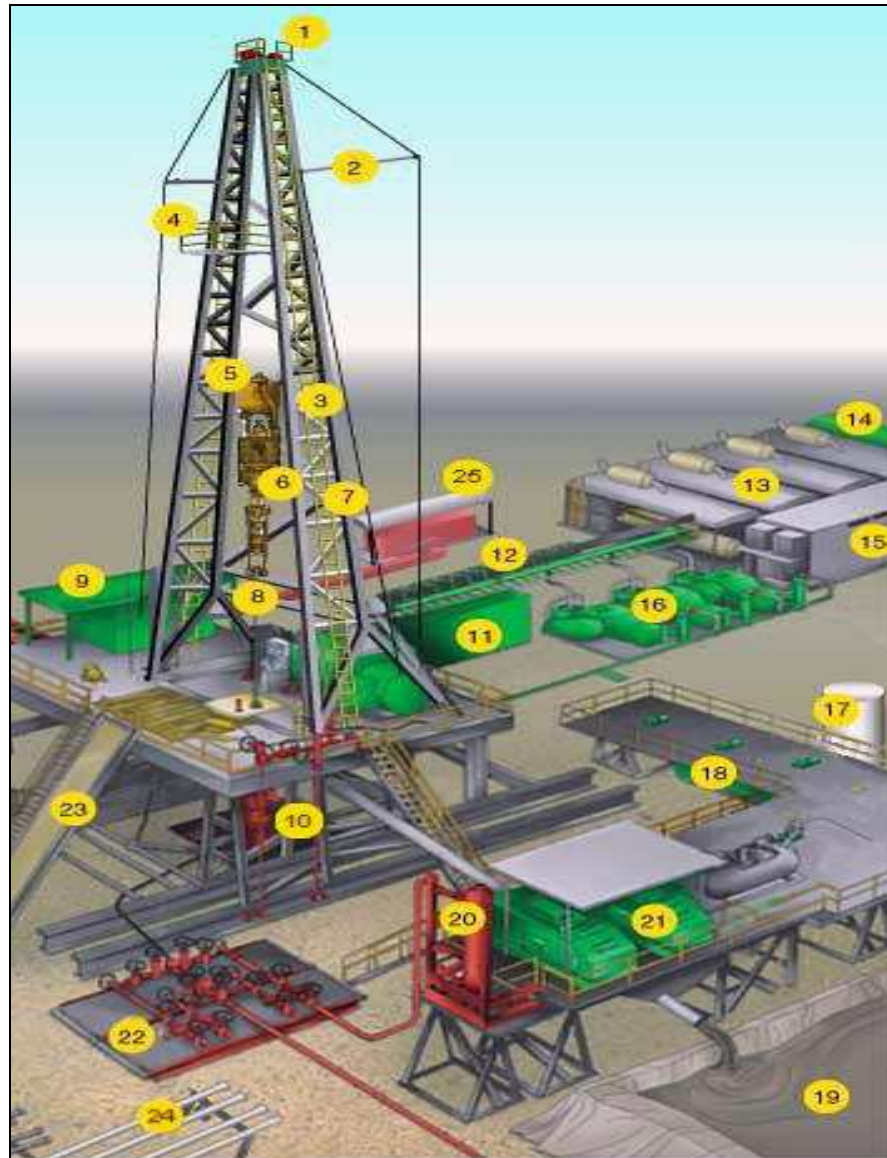
3.4 CONTROL DE POZOS EN PERFORACIÓN

3.4.1 Surgencias

Se define como surgencia al evento que puede ocurrir durante la perforación de un pozo en una formación con presión de poro anormal en donde existen fluidos

(líquidos o gases) que tratan de salir a la superficie a través del agujero en proceso de construcción.

Figura 23. Esquema General De Un Taladro



3.4.2 Reventón o Patada De Pozo

Es una surgencia de un fluido que brota desde la profundidad del pozo y que trata de ascender súbitamente buscando la superficie a través del espacio anular que queda entre la sarta de perforación y el hueco abierto o el revestimiento.

3.4.3 Papel Del Lodo De Perforación En El Control De Pozo

El objetivo primordial del control de pozo es mantener un peso de lodo suficiente para sobre balancear la presión de poro de la formación. A medida que aumente la presión de poro de la formación se debe aumentar el peso de lodo. El ingeniero encargado puede jugar con las propiedades físicas del lodo y asegurarse que el peso de la columna del lodo dentro del pozo sea ligeramente superior a la presión de la formación.

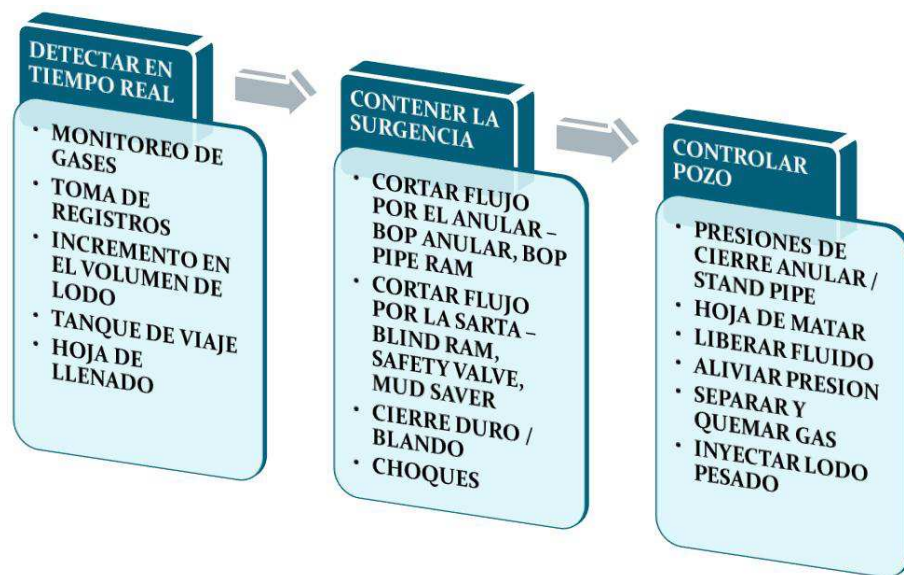
3.4.4 Proceso Básico Para Controlar Un Pozo

La estrategia para hacer control de un pozo se puede plasmar en tres etapas (ver *Figura 24. Procedimiento Para Controlar Un Pozo*):

- Detectar y determinar tempranamente que la formación está aportando alguna sustancia: mediante monitoreo permanente de gases en el tanque del lodo de retorno, tomando registros en línea acerca de la resistividad de la formación (la resistividad y la densidad de la formación aumentan con la profundidad), tomando registro sónicos, controlando el volumen activo del circuito del lodo (para ello se utiliza la hoja de llenado y el tanque de viaje).
- Una vez que se confirme que el pozo está aportando alguna sustancia al circuito del lodo se debe iniciar la etapa de cierre del pozo que consiste en cortar la inyección de lodo seguida del cierre de las Preventoras que se encargan de contener el flujo hacia el exterior del lodo que regresa del fondo del pozo (este flujo puede tomar la ruta del espacio anular y/o la misma sarta de perforación). Este paso se puede hacer de dos formas, con cierre duro (cuando se hace un bloqueo total del lodo) o con cierre blando (cuando se permite que el lodo fluya hacia las válvulas de estrangulamiento). Cerrar el pozo debe hacerse en el menor tiempo posible y así evitar que las cantidades de fluidos aportados por el pozo no sean catastróficas.

- Después que el pozo está totalmente contenido y con base en las presiones de cierre se procede a trazar un plan de control del pozo que se plasma en la hoja de matar y el cual consiste en liberar fluido – aliviar presión – inyectar lodo en pequeñas fracciones.

Figura 24. Procedimiento Para Controlar Un Pozo



3.4.5 Sistemas De Control De Pozo

Un buen sistema de control de pozo está orientado a tener las condiciones que permitan contener y controlar el pozo en caso de un reventón. Ver [Figura 25. Componentes Del Sistema De Control De Pozo.](#)

El personal encargado de contener y controlar el pozo es el mismo personal que opera el taladro. Cada uno de ellos debe estar capacitado, entrenado y tener certificación “Well Cap”, deben conocer sus roles y funciones de acuerdo al plan de contingencia establecido desde el inicio de la perforación del pozo.

Como cada pozo es un nuevo reto en donde se enfrentan nuevas posibilidades y se juega con la probabilidad que ocurra un reventón o patada de pozo, desde el inicio se debe establecer un plan de contingencia acorde con el diseño y las expectativas de la formación. El API RP 53 recomienda dos prácticas inevitables:

realizar pruebas de funcionamiento de los equipos al iniciar el pozo y realizar simulacros periódicos que refuercen los conceptos del personal y que garantice la correcta respuesta de estos durante un plan de contingencia.

Figura 25. Componentes Del Sistema De Control De Pozo



3.4.6 Equipos Del Sistema De Control De Pozo

La Función del equipo para control de pozo es cerrar el pozo y parar su flujo en el caso de pérdida del control primario y ser capaz de mantener la presión de fondo igual a la presión de formación mientras se restaura el control del pozo con la columna de lodo.

Los equipos de control de pozo se deben seleccionar según su presión de trabajo. Las presiones de trabajo estandarizadas en la industria y con la cual se consiguen los diferentes equipos son de 2.000 PSI (2M), 3.000 PSI (3M), 5.000 PSI (5M), 10.000 PSI (10M) y 15.000 PSI (15M).

A continuación enumeramos los equipos que conforman el sistema de control de pozo (Ver *Figura 26. Equipos Del Sistema De Control De Pozos*):

- Set de Preventoras: Es el conjunto de equipos de contención que se encarga de cerrar el pozo y parar su flujo. Mínimo debe estar conformado por una BOP “Blow Out Preventor” anular más una BOP tipo Ariete doble.
- BOP anular: Es una gran válvula accionada hidráulicamente capaz de capturar la tubería de perforación y contener el flujo que viene por el anular del pozo.
- BOP tipo Pipe RAM: es una BOP de ariete y es también otra gran válvula hidráulica de doble función. El primer RAM se instala de acuerdo con la tubería de trabajo y es capaz de capturar la tubería de perforación mientras que el segundo RAM es capaz de aplastar y/o cortar la tubería de perforación y cerrar el pozo.
- Válvula HCR “High Control Rate”: Es una válvula de compuerta accionada hidráulicamente desde la mesa de perforación y es quien posibilita la opción de liberar el flujo contenido en el pozo y direccionarlo hasta el “Choke Manifold”. La HCR siempre debe ir acompañada de una válvula manual de compuerta que permita abrir o cerrar esta línea de descarga en caso que el HCR falle.
- Sistema de control y operación del set de BOP’s (Acumulador): Es un equipo ensamblado con válvulas, botellas y líneas hidráulicas capaz de mantener energía hidráulica acumulada disponible y suficiente para accionar (cerrar y/o abrir) el conjunto de BOP’s y la válvula HCR. Este equipo tiene una consola de operación remota ubicada también en la mesa de perforación.
- “Choke Manifold”: Es un conjunto de válvulas de choque y de compuerta dispuestas de tal forma que se pueda estrangular y direccionar el fluido del pozo hacia el “Poor Boy”, hacia la línea del quemadero o directamente hacia el tanque de retorno. Este conjunto debe incluir por lo menos una válvula choque con accionamiento hidráulico desde la mesa de perforación.
- Desgasificador “Poor Boy”: Es un separador de lodo – gas atmosférico que se ubica después del “Choke Manifold” y permite orientar hacia los

perímetros de la locación todo el gas que se pueda encontrar en el lodo de retorno. Debe incluir una línea de conducción de gas y debe termina en una tea o quemadero.

Figura 26. Equipos Del Sistema De Control De Pozos

<p>Conjunto de BOP</p> 	<p>BOP anular</p> 	<p>BOP de ariete sencillo</p> 
<p>BOP de ariete doble</p> 	<p>Válvula Hidráulica (HCR), Manual Compuerta</p> 	<p>Poor Boy (Separador Lodo - Gas)</p> 
<p>Acumulador Hidráulico</p> 	<p>Choke Manifold</p> 	<p>Kill Manifold</p> 
<p>Válvula Seguridad De La Sarta</p> 	<p>Lower / Upper Kelly Valve</p> 	<p>Rotary Hydraulic Actuator - Top Drive</p> 
<p>Choke Hidráulico / Manual</p> 	<p>Control Remoto Choke Hidráulico</p> 	<p>Línea Venteo Gas (Quemadero)</p> 

- Válvula de seguridad “Drilling Steam Safety Valve”: Es una válvula con la conexión exacta de la tubería de trabajo que se mantiene disponible en la mesa de perforación y se coloca manualmente en el caso que el lodo retorne por el centro de la tubería.
- “Upper Kelly valve” y “Lower Kelly Cock”: son válvulas de accionamiento manual que se dejan siempre conectadas en la conexión e inferior de la Kelly. También se encargan de contener el flujo que regreso por el centro de la tubería.
- “Mud Saver”: Es una válvula acondicionada al cabezal hidráulico de rotación “Top Drive” controlada desde la consola del perforador y también se encarga de contener el lodo que retorne por la tubería.
- Línea de Matar “Kill Line”: Es una conexión que se deja disponible para inyectar lodos pesados por el anular del pozo.

4. PROBLEMÁTICA ACTUAL EN LA GERENCIA EQUIPO PESADO - MECL

Tal y como se mencionó en el numeral 1.7.4, el departamento de mantenimiento de M.E.C.L – G.E.P comenzó desarrollando una estrategia de mantenimiento basado en un programa preventivo. En Julio de 2010 se toma como un nuevo comienzo debido a que en este punto se decide implementar un proceso acompañado con un sistema de información. MP2 Versión 6.0.

En la actualidad se presentan fallas imprevistas que generan emergencias críticas de atención inmediata que acarrear paradas operacionales y lucros cesantes por estas, se baja la disponibilidad del taladro y en algunas ocasiones se generan sobrecostos operativos por alquiler de equipos externos. Adicionalmente se pierde dinero por la vejez prematura de los equipos mencionados.

El problema más relevante se podría presentar en una situación de arremetida de pozo en donde debe actuar correctamente todo el sistema de control de pozo, y si por alguna razón (mecánica, eléctrica, hidráulica, neumática, humana, etc.), se presenta una falla que evite el correcto funcionamiento de estos, se puede generar un accidente catastrófico con graves consecuencias humanas, ambientales y económicas.

4.1 PÉRDIDAS ECONÓMICAS

La Gerencia factura por cada taladro o equipo varillero que renta, pero parte de los contratos que se establecen estipulan que se deben descontar aquellos tiempos en los cuales se para la operación de perforación a causas de fallos en los equipos mismos. El servicio de alquiler incluye los taladros, los equipos de transporte, combustibles, mantenimiento y toda la mano de obra operativa y de mantenimiento.

Para cuantificar una pérdida por paro del taladro se deben contemplar los siguientes aspectos:

- Costo de lo que se deja de facturar: Tarifa de alquiler por el tiempo de paro.
- Costo del daño de reparación del equipo afectado (repuestos, mano de obra, logística, transporte, etc.).
- Costo de las empresas contratistas secundarias. Que corresponde al costo de las empresas prestadoras de servicios especiales de perforación (empresas encargadas del manejo de lodos, cortes, registros, desviadores, cementación, casing, etc.).
- Producción diferida debida a los retrasos que se puedan presentar en la entrega del pozo al área de producción.

4.1.1 Tarifas De Facturación De Los Taladros De La G.E.P – M.E.C.L

Las tarifas 2013 negociadas por alquiler de taladros entre G.E.P – M.E.C.L y ECOPETROL se pueden apreciar en la [Tabla 1. Tarifas 2013 Taladros MECL](#).

Tabla 1. Tarifas 2013 Taladros MECL

RESUMEN TARIFAS EQUIPOS		
SERVICIO	TALADRO	VALOR (USD/DIA)
WELL SERVICE	MEC-1 (Taladro 300)	USD 7.300,00
DRILLING	MEC-2 (Taladro 400)	USD 18.644,00
	MEC-3 (Taladro 300)	USD 18.644,00
	MEC-4 (Taladro 550)	USD 18.644,00
	MEC-5 (Taladro 750 + Top Drive)	USD 22.537,00

4.1.2 Registro De Paradas Operacionales De Los Taladros Debidos Al Sistema De Control De Pozo

En la [Tabla 2. Costos Por Fallos Del Sistema De Control De Pozo](#) se muestran cuantificados los costos por paradas debidas a los equipos del sistema de control de pozo en las vigencias de 2011 y 2012.

Tabla 2. Costos Por Fallos Del Sistema De Control De Pozo

RESUMEN DE HORAS PERDIDAS POR FALLOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO					
TALADRO	2011		2012		COSTO TOTAL PERDIDO *
	No. FALLOS	TIEMPO TOTAL (HRS)	No. FALLOS	TIEMPO TOTAL (HRS)	
MEC-1	3	27,5	1	9,5	USD 11.254,17
MEC-2	0	0,0	3	11,0	USD 8.545,17
MEC-3	1	1,0	3	22,0	USD 17.867,17
MEC-4	3	5,0	2	2,5	USD 5.826,25
MEC-5	2	3,0	4	55,0	USD 54.464,42
				GRAN TOTAL	USD 97.957,17

* UTILIZANDO LAS TARIFAS 2013

4.2 RIESGO DE ACCIDENTES

La razón más importante que se debe tener en cuenta para justificar cualquier acción preventiva o de mejora sobre los taladros y encaminada a garantizar la disponibilidad total del sistema de control de pozo es que siempre existe el riesgo latente que ocurra una catástrofe, en cualquier momento un pozo puede presentar una surgencia o reventón y ocasionar grandes pérdidas económicas y hasta pérdidas humanas. Se debe estar preparado para reaccionar adecuadamente y controlar esta impase.

En MANSAROVAR se vivió esta experiencia y trajo consigo un cambio de mentalidad desde todo nivel, el operativo y el directivo. Se han venido haciendo las inversiones del caso en esta materia (compra de equipos, capacitación al personal, entrenamiento, simulacros, etc).

En Marzo de 2010 se presentó una surgencia en un equipo hidráulico de perforación minera adaptado para perforación de pozos petroleros, el equipo se denomina JD-2 (toma su nombre de "Joint Drilling - 2") perteneciente a la asociación NARE – JAZMIN que MANSAROVAR tiene con ECOPETROL.

La unidad totalmente hidráulica (ver *Figura 27. Accidente JD-2*) una SCHRAMM TX 130 estaba laborando normalmente, se presentó influjo en la formación con

presencia de gas, por algún motivo se da una chispa que desencadena el incendio. Después del análisis (no oficial) se plantean las siguientes causas:

- No se contaba con el set mínimo de Preventoras recomendado por el API RP 53. Debido a las limitaciones de altura de la mesa de trabajo solo se instalaba una BOP anular 11" x 3M.

Figura 27. Accidente JD-2



- El acumulador tenía insuficientes botellas de almacenamiento de energía hidráulica. Además solo contaba con una opción eléctrica de servicio y ese día hubo fallos eléctricos.
- La operación de sacada de tubería tal vez estaba un poco acelerada ocasionando “swabeo” en el agujero.
- No todo el personal tenía entrenamiento en control de pozos, y ese día la reacción masiva fue correr fuera de la locación.
- No se contaba con equipo contraincendios cercano.

Algunas imágenes acerca de lo que puede suceder con una patada de pozo. Ver [Figura 278. Reventón.](#)

Figura 278. Reventón



5. EQUIPOS CRÍTICOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO DE LOS TALADRO DE LA M.E.C.L – G.E.P

Solamente el área HSE de MECL tiene establecida una metodología oficial para valoración del riesgo y en ella solo se da enfoque de seguridad y se plantean límites bastante elevados (ver *Tabla 3. Valoración De La Probabilidad De Ocurrencia De Evento* y *Tabla 4. Valoración De Las Consecuencias Del Evento*).

Tabla 3. Valoración De La Probabilidad De Ocurrencia De Evento¹

12.3 Frecuencia – Evaluación de la frecuencia de ocurrencia del Riesgo			
PROBABILIDAD / FRECUENCIA			
Descriptor	Descripción	Frecuencia	Calificación
CASI SEGURO	Se sabe que el suceso ocurrirá en la mayoría de las circunstancias	Se produce más de una vez al año	10
PROBABLE	Suceso que se presenta con cierta regularidad	Se produce una vez al año	8
IMPROBABLE	El suceso no es habitual pero podría producirse en algún momento	Se produce una vez cada 10 años	6
RARÓ	El suceso sólo puede ocurrir en circunstancias excepcionales	Se produce una vez cada 25 o más años	2

Tabla 4. Valoración De Las Consecuencias Del Evento²

12.2 Impacto/Consecuencia del riesgo sobre principales objetivos de MECL					
IMPACTO DEL RIESGO SOBRE PRINCIPALES OBJETIVOS DE MECL					
DESCRIPTOR	PERSONAS:	ECONÓMICO	IMAGEN	AMBIENTAL	CALIFICACIÓN
CATASTRÓFICO	No disponibilidad de más del 50% de cargos clave y/o de más del 50% de personal no clave El evento puede causar una fatality o una incapacidad total permanente	Impacto financiero negativo de mas de US\$ 110 millones	Cubrimiento adverso amplio en medios masivos de comunicación nacionales y/o internacionales Pérdida severa de credibilidad por parte de todos los grupos de interés Intervención del Gobierno para el cierre parcial o total de la operación	Daño medioambiental grave no recuperable o a muy largo plazo en áreas sensibles o en las comunidades	10
MAYOR	No disponibilidad entre el 20% y el 50% de cargos clave y/o entre el 50% y el 80% de personal no clave El evento puede causar una incapacidad parcial permanente o pérdida de tiempo por lesiones	Impacto financiero negativo entre US\$ 20 millones - US\$ 109 millones	Cubrimiento adverso amplio en medios masivos de comunicación regionales Pérdida severa o reducción notable en el apoyo o credibilidad de algunos de los grupos de interés Sanciones por parte de la entidad reguladora por incumplimiento serio de los estándares	Daños medioambientales significativos con recuperación a largo plazo o impacto indirecto en las actividades económicas de terceros o en los recursos hídricos	8
MODERADO	No disponibilidad de menos del 20% de cargos clave y/o entre el 20% y el 50% de personal no clave El evento puede causar un FWG (Restricted Work Case) o un MTC (Medical Treatment Case)	Impacto financiero negativo entre US\$ 1 millón - US\$ 19 millones	Cubrimiento adverso amplio en medios masivos de comunicación local Preocupación por parte de algunos grupos de interés Sanciones menores por parte de la entidad reguladora por incumplimiento de los estándares	Daño medioambiental moderado recuperable en el mediano plazo o impacto directo sobre la tierra e la vegetación	6
MENOR	No disponibilidad de menos del 20% de personal no clave El evento puede causar casos de primeros auxilios	Impacto financiero negativo menor que US\$ 1 millón	Cubrimiento adverso momentáneo por parte de medios de comunicación nacionales, regionales, nacionales Preocupación por parte de asociados, empleados Comentarios por parte del regulador por un incumplimiento potencial de los estándares	Daño medioambiental menor y transitorio en áreas industriales	2

¹ Tomado del PC-IAR-05, Procedimiento de Gestión de Riesgos en MECL

² Tomado del PC-IAR-05, Procedimiento de Gestión de Riesgos en MECL

5.1 MÉTODO PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Actualmente la GEP está en proceso de validación y formalización de una guía de criticidad con sus respectivos límites y criterios de valoración. Esta guía quiere enfocarse desde la perspectiva del riesgo, pero utilizar datos más representativos para el área de mantenimiento.

Partiendo con la definición que riesgo es el producto de la probabilidad que ocurra un evento y las consecuencias que este mismo impacten en el área de la seguridad de las personas, el medio ambiente y la operación, se plantean los siguientes valores y criterios a considerar durante el análisis de la criticidad de sistemas y equipos (Ver *Tabla 5. Valoración De Consecuencia - GEP*, *Tabla 6. Valoración De Frecuencia - GEP* y *Tabla 7. Matriz De Criticidad - GEP*).

Tabla 5. Valoración De Consecuencia - GEP¹

VALORACION CONSECUENCIA						
NIVEL DE CONSECUENCIA		CONSECUENCIA				
		MEDIO AMBIENTE 20%	SEGURIDAD INDUSTRIAL, SALUD OCUPACIONAL 30%	OPERATIVA		NO OPERATIVA 15%
ESCALA DE AFECTACION	CALIFICACION			PERDIDAS DE OPERACION (HRS/MES) 30%	SATISFACCION AL CLIENTE 5%	
CATASTROFICO	10	Genera quejas de comunidad. Genera Auto ambientales ante las corporaciones. Daños irreversibles.	Fatalidad y Genera Capacidad total y permanente	Tiempo mas de 9 horas de paro. Afecta meta de Disponibilidad del 98%. Mayor a US\$250.000.	Devolucion del Equipo por insatisfaccion por parte del cliente	Cuenta con Equipo de Respaldo. Costos de reparacion Mayores a US\$100.000 dolares
CRITICO	8	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de políticas internas, origina no conformidad dentro del sistema de Gestion MECL	Incapacidad parcial o permanente o perdida de tiempos por lesiones, afecta LTIF	Parada de sistemas del taladro de perforacion. Puede parar otros sistemas. Tiempo de 4.1 a 9 horas de paro. Mayor a US\$100.000 menor a US\$250.000	Genera Perdida economica al cliente	Cuenta con Equipo de Respaldo. Costos de reparacion mayores a US\$50.000 y menores a US\$100.000
GRAVE	6	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la locacion no origina no conformidad	Tratamiento Medico y/o Trabajo Restringido	Impacta en la parada de sub sistemas del taladro de perforacion. Tiempo de 2.1 a 4 horas de paro. Mayor a US\$ 10.000 y menor a US\$ 100.000	Genera reprogramacion de trabajos al cliente	Cuenta con Equipo de Respaldo. Costos de reparacion Mayores a US\$10.0000 y menores a US\$50.000
MODERADO	4	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio muy reducido dentro de los límites del equipo	Origina Primeros Auxilios sin Incapacidad	Impacta la diponibilidad del taladro de perforacion. Tiempo de 1.1 a 2 horas de paro. Costo mayor a US\$2500 y menor a US\$10000	Genera una Queja moderada en el cliente a traves de una observacion o una no conformidad	Cuenta con Equipo de Respaldo. Costos de reparacion mayores a US\$2500 y menores a US\$10.000
LEVE	2	No origina ningún impacto ambiental	No origina heridas ni lesiones	No genera ningun impacto a nivel operacional del taladro de perforacion. Tiempo 0 a 1 hora de paro. Costo reparacion y lucro cesante menor a US\$2.500	No genera impacto en el cliente	Cuenta con Equipo de Respaldo. Costo reparacion menor a US\$2.500

La forma en la cual se va a cuantificar la criticidad del sistema o equipo en consideración se puede entender con la siguiente formula:

¹ Tomado de la guía de criticidad de equipos de G.E.P (En trámites de aprobación).

$$CR = [0.2 \times (CA) + 0.3 \times (CS) + 0.3 \times (CO_{HR}) + 0.05 \times (CO_{SC}) + 0.15 \times (CNO)] \times F$$

Donde CR es el valor o puntaje calculado para un sistema o un equipo, CA es el nivel de consecuencia o impacto ambiental, CS es el nivel de consecuencia o impacto a la seguridad de las personas, CO_{HR} es el impacto operacional calculado con base en las horas pérdidas, CO_{SC} es el nivel de consecuencia que se ve reflejado en los clientes, CNO es el impacto no operacional y F es la frecuencia con la que han ocurrido los eventos.

Tabla 6. Valoración De Frecuencia - GEP¹

VALORACION DE FRECUENCIA	
CALIFICACION	FRECUENCIA
10	Ocorre mas de 10 fallas al año.
8	Ocorre entre 6,1 a 10 fallas al año.
6	Ocorre entre 3,1 y 6 fallas al año.
4	Ocorre entre 1,1 y 3 fallas al año.
2	Ocorre entre 0 y 1 fallas al año.

Tabla 7. Matriz De Criticidad - GEP²

MATRIZ DE CRITICIDAD						
C O N S E C U E N C I A	10	20	40	60	80	100
	8	16	32	48	64	80
	6	12	24	36	48	60
	4	8	16	24	32	40
	2	4	8	12	16	20
	2	4	6	8	10	
	FRECUENCIA					

CRITICIDAD ALTA	48-100
CRITICIDAD MEDIA	16,1-47,9
CRITICIDAD BAJA	0-16

¹ Tomado de la guía de criticidad de equipos de G.E.P (En trámites de aprobación).

² Tomado de la guía de criticidad de equipos de G.E.P (En trámites de aprobación).

5.2 CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DEL TALADRO

En la *Tabla 8. Registro De Fallos Durante 2012* se plasman todos los paros operacionales de los taladros causados por fallos de equipos.

Tabla 8. Registro De Fallos Durante 2012¹

REGISTRO DE FALLOS POR SISTEMA DURANTE 2012						
SISTEMA	MEC-1	MEC-2	MEC-3	MEC-4	MEC-5	PROMEDIO FALLOS / SISTEMA / AÑO
LEVANTE	15	2	7	15	6	9,0
ROTACION	0	2	2	2	15	4,2
LODOS	1	9	5	6	4	5,0
CONTROL DE POZO	1	3	3	2	4	2,6
FACILIDADES - ENERGIA ELECTRICA	0	0	1	1	0	0,4
FACILIDADES - AIRE COMPRIMIDO	1	0	0	0	0	0,2
HERRAMIENTAS - TUBULARES	4	1	1	4	5	3,0
TOTAL FALLOS / TALADRO / AÑO	22	17	19	30	34	
PROMEDIO DE FALLOS / TALADRO EN 2012						24,4

Tabla 9. Registro De Horas Perdidas Por Fallos De Equipos Durante 2012²








REGISTRO DE HORAS PERDIDAS POR FALLOS POR SISTEMA DURANTE 2012						
SISTEMA	MEC-1	MEC-2	MEC-3	MEC-4	MEC-5	PROMEDIO HORAS / SISTEMA / AÑO
LEVANTE	75	3,5	9,5	55,5	42,5	37,2
ROTACION	0	8	41,5	3	46,5	19,8
LODOS	1	15	11	17,5	8	10,5
CONTROL DE POZO	9,5	19	22	2,5	55	21,6
FACILIDADES - ENERGIA ELECTRICA	0	0	4,5	2	0	1,3
FACILIDADES - AIRE COMPRIMIDO	0,5	0	0	0	0	0,1
HERRAMIENTAS - TUBULARES	9,5	1	1	12,5	6,5	6,1
TOTAL HORAS PERDIDAS / TALADRO / AÑO	95,5	46,5	89,5	93	158,5	
PROMEDIO DE HORAS PERDIDAS / TALADRO EN 2012						96,6

¹ Datos tomados de la base de datos del área de mantenimiento de GEP.

² Datos tomados de la base de datos del área de mantenimiento de GEP.

Con la metodología descrita anteriormente y con el registro de los fallos que se tiene de 2012 se establece la tabla de criticidad siguiente. (Ver *Tabla 10. Análisis De Criticidad De Los Sistemas De Los Taladros De GEP*).

Tabla 10. Análisis De Criticidad De Los Sistemas De Los Taladros De GEP

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DE LOS TALADROS GEP - MECL													
SISTEMA	FUNCION PRINCIPAL	DATOS PROMEDIO POR SISTEMA - 2012				CONSECUENCIA						CRITICIDAD	
		No. FALLOS	HORAS PERDIDAS	TPPR	F	CA 20%	CS 30%	CO _{HR} 30%	CO _{SC} 5%	CNO 15%	CONSECUENCIA TOTAL (100%)		
LEVANTE	LEVANTAR Y BAJAR LA SARTA DE PERFORACION Y SUS HERRAMIENTAS	9	37,2	4,13	8	2	10	8	8	8	7,4	 59,2	
ROTACION	APLICAR TORQUE A LA SARTA DE ROTACION	4,2	19,8	4,71	8	2	2	10	6	6	5,2	 41,6	
LODOS	MANTENER LA CIRCULACION DE LODO EN UNAS PROPIEDADES ADECUADAS	5	10,5	2,10	6	8	4	10	8	6	7,1	 42,6	
CONTROL DE POZO	CONTENER LA SURGENCIA EN CASO QUE SE PRESENTE	2,6	21,6	8,31	8	8	10	8	10	6	8,4	 67,2	
FACILIDADES - ENERGIA ELECTRICA	MANTENER DISPONIBLE ENERGIA ELECTRICA A 460 VAC PARA LOS EQUIPOS QUE LO REQUIERAN	0,4	1,3	3,25	6	2	4	6	6	6	4,6	 27,6	
FACILIDADES - AIRE COMPRIMIDO	MANTENER DISPONIBLE AIRE COMPRIMIDO A 120 PSI PARA LOS EQUIPOS QUE LO REQUIERAN	0,2	0,1	0,50	2	2	2	2	4	4	2,4	 4,8	
HERRAMIENTAS - TUBULARES	TRANSMITIR HASTA LA BROCA EN EL FONDO DEL POZO, EL LODO, EL TORQUE Y LA POTENCIA DE LEVANTE Y EMPUJE QUE SE NECESITE	3	6,1	2,03	4	2	6	6	6	4	4,9	 19,6	

Según la valoración hecha, se observa que los sistemas más críticos dentro de los componentes de un taladro son: el sistema de levante (del cual ya se está ejecutando un plan de mantenimiento) y el sistema del control de pozo (del cual solo se hace mantenimiento correctivo).

5.3 CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO

Con la misma metodología descrita en el numeral 5.1 y con el registro de los fallos que se tiene de 2012 se construye la tabla de criticidad de equipos que hacen

parte del sistema de control de pozo (Ver *Tabla 11. Análisis De Criticidad De Los Equipos Del Sistema De Control De Pozo*).

Tabla 11. Análisis De Criticidad De Los Equipos Del Sistema De Control De Pozo

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZOS DE LOS TALADROS GEP - MECL													
EQUIPO	FUNCION PRINCIPAL	DATOS PROMEDIO POR SISTEMA - 2012				CONSECUENCIA						CRITICIDAD	
		No. FALLOS	HORAS PERDIDAS	TPPR	F	CA 20%	CS 30%	CO _{HR} 30%	CO _{SC} 5%	CNO 15%	CONSECUENCIA TOTAL (100%)		
BOP ANULAR	CONTENER EL FLUIDO POR EL ANULAR	2,6	21,6	8,31	8	8	10	8	10	6	8,4	67,2	
BOP TIPO PIPE	CONTENER EL FLUIDO POR ANULAR Y POR TUBERIA	2,6	21,6	8,31	8	8	10	8	10	6	8,4	67,2	
VÁLVULA HCR	PERMITIR EL PASO (CONTROL REMOTO) DEL FLUIDO PRESURIZADO	2,6	21,6	8,31	8	6	6	6	6	4	5,7	45,6	
VÁLVULA MANUAL DE COMPUERTA	PERMITIR EL PASO (CONTROL MANUAL) DEL FLUIDO PRESURIZADO	2,6	21,6	8,31	8	6	6	6	6	2	5,4	43,2	
ACUMULADOR	ACCIONAR MANUAL Y REMOTAMENTE EL CONJUNTO DE PREVENTORAS	2,6	21,6	8,31	8	8	10	8	10	6	8,4	67,2	
CHOKE MANIFOLD	EXTRANGULAR EL FLUIDO PRESURIZADO Y DIRECCIONAR ESTE	2,6	21,6	8,31	8	4	6	6	6	6	5,6	44,8	
DESGASIFICADOR "POOR BOY"	SEPARAR LODO GAS	2,6	21,6	8,31	8	8	6	6	4	4	6	48	
VÁLVULA DE SEGURIDAD "DRILLING STEAM SAFETY VALVE"	CONTENER EL FLUIDO POR LA TUBERIA	2,6	21,6	8,31	8	8	10	4	4	2	6,3	50,4	
UPPER KELLY VALVE	CONTENER EL FLUIDO POR LA TUBERIA	2,6	21,6	8,31	8	6	6	6	6	2	5,4	43,2	
LOWER KELLY COCK	CONTENER EL FLUIDO POR LA TUBERIA	2,6	21,6	8,31	8	6	6	4	4	2	4,7	37,6	
MUD SAVER	CONTENER EL FLUIDO POR LA TUBERIA	2,6	21,6	8,31	8	6	6	6	6	2	5,4	43,2	
LÍNEA DE MATAR "KILL LINE"	PERMITIR EL INGRESO DEL FLUIDO DE CONTROL	2,6	21,6	8,31	8	6	8	6	4	2	5,9	47,2	

Debido a que no se cuenta con datos individuales de fallos de cada equipo se utilizan los datos promedios del sistema de control de pozo así:

- El No. De Fallos del sistema de control de pozo en promedio para los 5 taladros es 2,6 fallos por año.
- El tiempo perdido del sistema de control de pozo en promedio para los 5 taladros es 21,6 horas.

Según la valoración hecha, se observa que los equipos más críticos dentro del sistema de control de pozo son:

- Los BOP anulares
- Los BOP de ariete
- Los acumuladores
- Y las válvulas de seguridad que se instala en la sarta de perforación. A estas válvulas no se les plantea programa de mantenimiento, ya que por su costo y su baja utilización es mejor cambiarlas una vez fallen.

6. PLAN OPERATIVO DE MANTENIMIENTO

El plan operativo de mantenimiento propuesto se fundamenta en la filosofía de mantenimiento preventivo pero lleva ya actividades encaminadas a detectar el estado actual de los equipos y componentes, muchas rutinas de limpieza, chequeo, inspección, pruebas funcionales, pruebas de capacidad y mantenimientos mayores.

6.1 EQUIPOS SELECCIONADOS

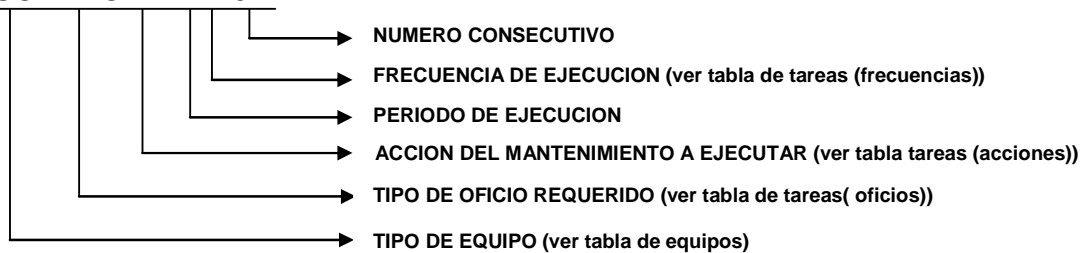
Tomando como resultado el estudio de criticidad desarrollado en el capítulo 4, el plan operativo de mantenimiento solo se llevará a los siguientes equipos (Ver *Tabla 12. Listado De Equipos Críticos Del Sistema De Control De Pozo*):

- BOP Anulares
- BOP De Ariete
- Acumuladores

6.2 ESTRUCTURAS DE LAS TAREAS Y FRECUENCIAS

Las tareas y frecuencias propuestas deben estar de acuerdo con la estructura que actualmente se lleva con el CMMS – MP2.

PUCE-M-CALI-1M-01



TIPO DE EQUIPO - OFICIO REQUERIDO PARA LA EJECUCION DEL TRABAJO
- ACCION DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR - FRECUENCIA DE EJECUCION
- NUMERO PROGRESIVO

Tabla 12. Listado De Equipos Críticos Del Sistema De Control De Pozo

LISTADO DE PREVENTORES ANULAR, PIPE RAM Y ACUMULADORES							
CODIGO MP2	TIPO	MODELO	SERIE	DESCRIPCION	FABRICANTE	TAMAÑO	PRESION DE TRABAJO
CPPV-0388-11720	BOP RAM SENCILLA	QRC SER 1500	0388-11720	PREVENTOR TIPO RAM SER 1500 QRC	CAMERON	DIAMETRO 11"	5.000 PSI
CPPV-TYPE K	BOP ANULAR	TYPE K	-	PREVENTOR ANULAR TIPO K	REGAN	DIAMETRO 11"	3.000 PSI
CPPV-2013-01-101	BOP RAM DOBLE	2FZ18-35DLWS	2013-01-101	PREVENTOR TIPO DOBLE RAM 7-1/16 X 5M SHENKAI NUEVA	SHENKAI	DIAMETRO 7-1/16"	5.000 PSI
CPPV-2012-12-133	BOP ANULAR	FH18-35NL	2012-12-133	PREVENTOR ANULAR 7-1/16 X 5M FH SHENKAI NUEVA	SHENKAI	DIAMETRO 7-1/16"	5.000 PSI
CPPV-7-1/16 5M	BOP RAM DOBLE	7-1/16" 5M	-	PREVENTOR TIPO RAM 7-1/16 5M SHAFEER	SHAFFER	DIAMETRO 7-1/16"	5.000 PSI
CPPV-30663	BOP ANULAR	GK-6-1500	30663	PREVENTOR ANULAR TIPO GK-6-1500 HYDRILL	HYDRIL	DIAMETRO 7-1/16"	5.000 PSI
CPPV-31400L	BOP ANULAR	GK-10-1500	31400L	PREVENTOR ANULAR TIPO GK-10-1500 HYDRILL	HYDRIL	DIAMETRO 11"	5.000 PSI
CPPV-2007-07-70	BOP RAM SENCILLA	FZ28-35	2007-07-70	PREVENTOR TIPO RAM 11 X 5M SHENKAI	SHENKAI	DIAMETRO 11"	5.000 PSI
CPPV-31815L	BOP ANULAR	GK-10-900	31815L	PREVENTOR ANULAR TIPO GK-10-900 HYDRILL	HYDRIL	DIAMETRO 11"	3.000 PSI
CPPV-2007-08-119	BOP RAM DOBLE	2FZ28-35	2007-08-119	PREVENTOR TIPO DOBLE RAM 11 X 5M - LWS	SHENKAI	DIAMETRO 11"	5.000 PSI
CPPV-2007-04-105	BOP ANULAR	FH28-35	2007-04-105	PREVENTOR ANULAR 11 X 5M FH 28-35	SHENKAI	DIAMETRO 11"	5.000 PSI
CPPV-1042	BOP ANULAR	GK 11X3000	1042	PREVENTOR ANULAR CONTROL FLOW	CONTROL FLOW	DIAMETRO 11"	3.000 PSI
CPPV-13871	BOP RAM SENCILLA	FZ28-21	13871	PREVENTOR TIPO RAM 11 X 3M SHENKAI	SHENKAI	DIAMETRO 11"	3.000 PSI
CPPV-2007-06-101	BOP RAM DOBLE	2FZ28-35B	2007-06-101	PREVENTOR TIPO DOBLE RAM 11 X 5M SHENKAI	SHENKAI	DIAMETRO 11"	5.000 PSI
CPPV-2007-08-120	BOP ANULAR	FH28-35	2007-08-120	PREVENTOR ANULAR 11 X 5M FH 28-35	SHENKAI	DIAMETRO 11"	5.000 PSI
CPPV-2010-09-447	BOP RAM DOBLE	2FZ35-35B	2010-09-447	PREVENTOR TIPO DOBLE RAM 13-5/8" X 5M TFI	TFI	DIAMETRO 13-5/8"	5.000 PSI
CPPV-N31305-044	BOP ANULAR	FH35-35	N31305-044	PREVENTOR ANULAR 13-5/8" X 5M / FH 35-35	XINDE	DIAMETRO 13-5/8"	5.000 PSI
EPCP-0760	ACUMULADOR	FKQ480-5	ASSY: 07-60	ACUMULADOR HIDRAULICO MEC-5	SHENKAI	8 BOTELLAS	3.000 PSI
EPCP-0772	ACUMULADOR	FKQ480-6	ASSY:07-72	ACUMULADOR HIDRAULICO MEC-4	SHENKAI	8 BOTELLAS	3.000 PSI
EPCP-08154	ACUMULADOR	FKQ320-4	8154	ACUMULADOR HIDRAULICO MEC-3	GUAN ZHOU DO	6 BOTELLAS	3.000 PSI
EPCP-10168	ACUMULADOR	FKQ320-4	10168	ACUMULADOR HIDRAULICO MEC-2	GUAN ZHOU DO	6 BOTELLAS	3.000 PSI
EPCP-10237	ACUMULADOR	FKQ320-4	10237	ACUMULADOR HIDRAULICO MEC-1	GUAN ZHOU DO	6 BOTELLAS	3.000 PSI
EPCP-5249-2	ACUMULADOR	5249-2	MAO80-11SB	ACUMULADOR HIDRAULICO DE KOOMEY TIPO 80	KOOMEY	6 BOTELLAS	3.000 PSI
EPCP-00760	CONTROL ACUMULAD	FKQ480-5	760	CONTROL DEL ACUMULADOR (DRILLER's PANEL) MEC-5	SHENKAI	4 FUNCIONES	N/A
EPCP-00772	CONTROL ACUMULAD	FKQ480-6	772	CONTROL DEL ACUMULADOR (DRILLER's PANEL) MEC-4	SHENKAI	4 FUNCIONES	N/A
EPCP-010168	CONTROL ACUMULAD	SZQ1-1-4	10168	CONTROL DEL ACUMULADOR (DRILLER's PANEL) MEC-3	GUAN ZHOU DO	4 FUNCIONES	N/A
EPCP-010237	CONTROL ACUMULAD	SZQ1-1-4	10237	CONTROL DEL ACUMULADOR (DRILLER's PANEL) MEC-2	GUAN ZHOU DO	4 FUNCIONES	N/A
EPCP-100403	CONTROL ACUMULAD	SZQ1-1-4	100403	CONTROL DEL ACUMULADOR (DRILLER's PANEL) MEC-1	GUAN ZHOU DO	4 FUNCIONES	N/A
EPCP-5249	CONTROL ACUMULAD	AOGPRB05-FC	5249 TYPE 80	CONTROL DEL ACUMULADOR (DRILLER's PANEL) KOOMEY	KOOMEY	4 FUNCIONES	N/A

Los códigos para identificar el OIFICIO para la ejecución de las tareas son:

- M: Mecánico
- U: Mecánico Automotriz
- I: Instrumentista
- E: Electricista
- C: Cuadrilla
- O: Operario
- P: Especialista

Los códigos para identificar las ACCIONES a ejecutar en las tareas son:

- CALI: Calibración
- INAU: Inspección Auditiva
- INVI: Inspección Visual
- INTE: Inspección Termografía
- ENGR: Engrasar
- LUBR: Lubricar
- LIMP: Limpieza
- REVI: Revisión
- OVHA: Overhaul
- PRSD: Pruebas Shutdown
- PRFU: Pruebas Funcionales
- ANAC: Análisis De Aceite
- ANAG: Análisis De Agua
- MOAN: Monitoreo Y Análisis
- CAAC: Cambio De Aceite
- DREN: Drenaje
- VERI: Verificar
- MTTO: Mantenimiento General
- CAMB: Cambio

Los códigos para identificar las FRECUENCIAS con las cuales se programaran las tareas son:

- D: Diaria
- S: Semanal
- M: Mensual

- A: Anual
- H: Horas
- K: Kilómetros
- SF: Sin Frecuencia

6.3 PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

Se establecen actividades a realizar en las diferentes rutinas planeadas según las frecuencias propuestas, cobijado por las recomendaciones API 53, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante y a su vez cumpliendo con los requisitos mínimos exigidos y establecidos en la normatividad Colombiana.

6.3.1 Plan De Mantenimiento Para Las BOP Anulares

Aplica para toda la población de BOP anulares existentes en la GEP. A continuación se listan los equipos (según código MP2):

- CPPV-N31305-044
- CPPV-TYPE K
- CPPV-31400L
- CPPV-31815L
- CPPV-2007-04-105
- CPPV-1042
- CPPV-2007-08-120
- CPPV-2012-12-133
- CPPV-30663

El plan de mantenimiento programado se plantea con 5 tareas (Ver *Tabla 13. Plan De Mantenimiento Programado Para BOP Anulares*):

- Una tarea diaria que se integrará a la rutina diaria de inspección que el mecánico y su ayudante realizan al taladro. Esta actividad busca encontrar fugas y espárragos flojos.
- Una tarea quincenal planeada para ejecutarse al inicio de cada pozo y cuya principal función es asegurarse del correcto funcionamiento del preventor. Se puede realizar en banco de prueba y/o montada junto con los demás equipos en el taladro.

Tabla 13. Plan De Mantenimiento Programado Para BOP Anulares

PLAN DE MTTTO PARA BOP ANULAR							
TAREA CODIGO MP2	FRECUENCIA	INSTRUCTIVO CODIGO MP2	TIEMPO ESTIMADO DE EJECUCION	RECURSO MANO OBRA	RECURSO MATERIALES	RECURSO REPUESTOS	RECURSO HERRAMIENTAS
CPPV-M-INV1-D-001	DIARIA	IT-EP-101	1H	AYUDANTE MECANICO	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS GRUESAS	N/A	HIDROLAVADORA
CPPV-M-PRFU-15D-001	QUINCENAL	IT-EP-101	4H	TOOL PUSHER INSTRUMENTISTA MECANICO AYUDANTES	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS GRUESAS CEPILLO DE CERDAS GRUESAS ESPARRAGOS ASTM B2 GRASA	RING GASKET	HIDROLAVADORA BOMBA DE PRUEBA REGISTRADOR CUP TESTER BANCO DE PRUEBA ACUMULADOR CON LINEAS HIDRAULICAS SUMINISTRO DE AIRE 120 PSI TUBO DE PRUEBA SUMINISTRO DE AGUA LLAVES DE GOLPE MONTACARGA
CPPV-M-MTTO-6M-001	SEMESTRAL	IT-EP-101	2D	TOOL PUSHER ING. MTTTO. INSTRUMENTISTA MECANICO AYUDANTES	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS GRUESAS CEPILLO DE CERDAS GRUESAS ESPARRAGOS ASTM B2 GRASA LUA 120 Y 220 AFLOJA ROSCAS	RING GASKET SELLOS SUPERIORES SELLOS INFERIORES PACKING UNIT SELLOS DE PISTON	HIDROLAVADORA BOMBA DE PRUEBA REGISTRADOR CUP TESTER BANCO DE PRUEBA ACUMULADOR CON LINEAS HIDRAULICAS SUMINISTRO DE AIRE 120 PSI TUBO DE PRUEBA SUMINISTRO DE AGUA LLAVES DE GOLPE MONTACARGA LLAVES DE ALTO TORQUE
CPPV-M-OVHA-3A-001	TRES AÑOS	IT-EP-101	7D	TOOL PUSHER ING. MTTTO. INSTRUMENTISTA MECANICO AYUDANTES INSPECTOR	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS GRUESAS CEPILLO DE CERDAS GRUESAS ESPARRAGOS ASTM B2 GRASA LUA 120 Y 220 AFLOJA ROSCAS	RING GASKET SELLOS SUPERIORES SELLOS INFERIORES PACKING UNIT SELLOS DE PISTON PISTON LAMINA DE DESGASTE DE LA TAPA	HIDROLAVADORA BOMBA DE PRUEBA REGISTRADOR CUP TESTER BANCO DE PRUEBA ACUMULADOR CON LINEAS HIDRAULICAS SUMINISTRO DE AIRE 120 PSI TUBO DE PRUEBA SUMINISTRO DE AGUA LLAVES DE GOLPE MONTACARGA LLAVES DE ALTO TORQUE EQUIPO INSPECCION RX Y TINTAS PENETRANTES
CPPV-M-OVHA-6A-001	SEIS AÑOS	IT-EP-101	1M	CONTRATISTA	N/A	N/A	N/A

- Una tarea semestral planeada para ejecutarse en pozo o en taller (según disponibilidad y aprobación) y cuya principal función es desarmar y verificar que todos los componentes internos estén en buenas condiciones (si se hace necesario, estos se reemplazan).
- Una tarea a realizar cada 3 años planeada para ejecutarse en taller (Propio o Contratista) y cuyo objetivo es realizar un mantenimiento mayor.

- Una tarea a realizar cada 6 años, planeada con el objetivo de lograr una Re-certificación del fabricante.

Los instructivos de cada tarea se pueden ver en el numeral 6.4.4 de este documento.

6.3.2 Plan De Mantenimiento Para Las BOP De Ariete

Aplica para toda la población de BOP de Ariete existentes en la GEP. A continuación se listan los equipos (según código MP2):

- CPPV-0388-11720
- CPPV-2013-01-101
- CPPV-7-1/16 5M
- CPPV-2007-07-70
- CPPV-2007-08-119
- CPPV-13871
- CPPV-2007-06-101
- CPPV-2010-09-447

Muy similar al plan que se trazó para las BOP anulares, el plan de mantenimiento programado para las BOP de Ariete se plantea también con 5 tareas (Ver [Tabla 14. Plan De Mantenimiento Programado Para BOP De Arietes](#)).

- Una tarea diaria que se integrará a la rutina diaria de inspección del mecánico.
- Una tarea quincenal para asegurarse del correcto funcionamiento del preventor.
- Una tarea semestral para verificar los componentes.
- Una tarea cada 3 años como un mantenimiento mayor.
- Una tarea cada 6 años para Re-certificar la BOP.

Los instructivos de cada tarea se pueden ver en el numeral 6.4.2 de este documento.

Tabla 14. Plan De Mantenimiento Programado Para BOP De Arietes

PLAN DE MTTO PARA BOP DE ARIETE							
TAREA CODIGO MP2	FRECUENCIA	INSTRUCTIVO CODIGO MP2	TIEMPO ESTIMADO DE EJECUCION	RECURSO MANO OBRA	RECURSO MATERIALES	RECURSO REPUESTOS	RECURSO HERRAMIENTAS
CPPV-M-INV1D-002	DIARIA	IT-EP-102	1H	AYUDANTE MECANICO	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS GRUESAS	N/A	HIDROLAVADORA
CPPV-M-PRFU-15D-002	QUINCENAL	IT-EP-102	4H	TOOL PUSHER ING. MTTO. INSTRUMENTISTA MECANICO AYUDANTES	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS GRUESAS CEPILLO DE CERDAS GRUESAS ESPARRAGOS ASTM B2 GRASA	RING GASKET	HIDROLAVADORA BOMBA DE PRUEBA REGISTRADOR CUP TESTER BANCO DE PRUEBA ACUMULADOR CON LINEAS HIDRAULICAS SUMINISTRO DE AIRE 120 PSI TUBO DE PRUEBA SUMINISTRO DE AGUA LLAVES DE GOLPE MONTACARGA
CPPV-M-MTTO-6M-002	SEMESTRAL	IT-EP-102	2D	TOOL PUSHER ING. MTTO. INSTRUMENTISTA MECANICO AYUDANTES	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS GRUESAS CEPILLO DE CERDAS GRUESAS ESPARRAGOS ASTM B2 GRASA LUA 120 Y 220 AFLOJA ROSCAS	RING GASKET SELLOS DE COMPUERTAS SELLOS DE LOS VASTAGOS CAUCHOS DE LOS RAM SET DE RAM SELLOS DE LOS RAM CABEZAS DE LOS PISTONES	HIDROLAVADORA BOMBA DE PRUEBA REGISTRADOR CUP TESTER BANCO DE PRUEBA ACUMULADOR CON LINEAS HIDRAULICAS SUMINISTRO DE AIRE 120 PSI TUBO DE PRUEBA SUMINISTRO DE AGUA LLAVES DE GOLPE MONTACARGA LLAVES DE ALTO TORQUE
CPPV-M-OVHA-3A-002	TRES AÑOS	IT-EP-102	7D	TOOL PUSHER ING. MTTO. INSTRUMENTISTA MECANICO AYUDANTES INSPECTOR	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS GRUESAS CEPILLO DE CERDAS GRUESAS ESPARRAGOS ASTM B2 GRASA LUA 120 Y 220 AFLOJA ROSCAS	RING GASKET SELLOS DE COMPUERTAS SELLOS DE LOS VASTAGOS CAUCHOS DE LOS RAM SET DE RAM SELLOS DE LOS RAM CABEZAS DE LOS PISTONES VASTAGOS	HIDROLAVADORA BOMBA DE PRUEBA REGISTRADOR CUP TESTER BANCO DE PRUEBA ACUMULADOR CON LINEAS HIDRAULICAS SUMINISTRO DE AIRE 120 PSI TUBO DE PRUEBA SUMINISTRO DE AGUA LLAVES DE GOLPE MONTACARGA LLAVES DE ALTO TORQUE EQUIPO INSPECCION RX Y TINTAS PENETRANTES
CPPV-M-OVHA-6A-002	SEIS AÑOS	IT-EP-102	1M	CONTRATISTA	N/A	N/A	N/A

6.3.3 Plan De Mantenimiento Para Los Acumuladores

Aplica para toda la población de acumuladores hidráulicos existentes en la GEP. A continuación se listan los equipos (según código MP2):

- EPCP-0760
- EPCP-0772
- EPCP-08154
- EPCP-10168
- EPCP-10237
- EPCP-5249-2

El plan de mantenimiento programado se plantea con 5 tareas (Ver *Tabla 15. Plan De Mantenimiento Programado Para Acumuladores Hidráulicos*).

- Una tarea diaria que se integrará a la rutina diaria de inspección que el mecánico, su ayudante y el electricista realizan al taladro. Esta actividad busca encontrar fugas de aceite, fugas de aire, mangueras de aire rotas o desconectadas, verificar el nivel de aceite en el tanque del hidráulico, válvulas con paso directo, válvulas mal posicionadas, comparar las lecturas de los manómetros del acumulador y su control remoto, problemas eléctricos, cables eléctricos sueltos o en mal estado, funcionamiento del motor eléctrico y la bomba hidráulica, pernos flojos, ruidos extraños, etc.
- Una tarea quincenal planeada para ejecutarse al inicio de cada pozo y cuya principal función es asegurarse del correcto funcionamiento del acumulador hidráulico. Se deben verificar las precargas de las botellas, el control electrohidráulico del motor, el control hidroneumático de la bomba neumática, tiempos de carga y límites máximos de presión.
- Una tarea trimestral cuyo principal objetivo es verificar el estado del motor eléctrico, su control y protecciones, además verificar estado de la transmisión por cadena que conecta este con la bomba hidráulica triples.
- Una tarea semestral planeada para verificar y cambiar el fluido hidráulico, sus elementos filtrantes y accionamientos.
- Una tarea anual planeada con el objetivo de recuperar el estado de las válvulas hidráulicas y hacer mantenimiento general al motor eléctrico.

Los instructivos de cada tarea se pueden ver en el numeral 6.4.6 de este documento.

Tabla 15. Plan De Mantenimiento Programado Para Acumuladores Hidráulicos

PLAN DE MTTTO PARA ACUMULADORES HIDRAULICOS							
TAREA CODIGO MP2	FRECUENCIA	INSTRUCTIVO CODIGO MP2	TIEMPO ESTIMADO DE EJECUCION	RECURSO MANO OBRA	RECURSO MATERIALES	RECURSO REPUESTOS	RECURSO HERRAMIENTAS
EPCP-M-INV-1D-001	DIARIA	IT-EP-103	1H	MECANICO ELECTRICISTA PERFORADOR	ACEITE HIDRAULICO TRAPO	N/A	PINZA VOLTAMPERMETRICA LLAVE EXPANSIVA PEQUENA
EPCP-M-PRFU-15D-001	QUINCENAL	IT-EP-103	4H	TOOL PUSHER INSTRUMENTISTA MECANICO ELECTRICISTA PERFORADOR AYUDANTES	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS BLANDAS ACEITE HIDRAULICO TRAPO BOTELLA DE N2 ETIQUETAS DE PRECARGA GUSANILLOS PARA BOTELLAS LIQUIDO PARA MANOMETROS	N/A	HIDROLAVADORA KIT PARA PRECARGAR BOTELLAS LLAVES DE 1/2 Y 9/16" ALICATE JUEGO DE LLAVES ALLEN CRONOMETRO SONOSCOPIO PINZA VOLTAMPERMETRICA LLAVE EXPANSIVA PEQUENA
EPCP-M-MOAN-3M-001	TRIMESTRAL	IT-EP-103	8H	TOOL PUSHER INSTRUMENTISTA MECANICO ELECTRICISTA PERFORADOR AYUDANTES	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS BLANDAS ACEITE HIDRAULICO TRAPO BOTELLA DE N2 ETIQUETAS DE PRECARGA GUSANILLOS PARA BOTELLAS LIQUIDO PARA MANOMETROS LIMPIADOR MULTIPROPOSITO LIMPIADOR ELECTRONICO LIMPIADOR GRADO ELECTRICO	N/A	HIDROLAVADORA KIT PARA PRECARGAR BOTELLAS LLAVES DE 1/2 Y 9/16" ALICATE JUEGO DE LLAVES ALLEN CRONOMETRO SONOSCOPIO PINZA VOLTAMPERMETRICA LLAVE EXPANSIVA PEQUENA MEGUER MULTIMETRO MANOMETROS PATRON KIT DE CALIBRACION DE MANOMETROS
EPCP-M-CAAC-6M-001	SEIS MESES	IT-EP-103	8H	TOOL PUSHER INSTRUMENTISTA MECANICO ELECTRICISTA PERFORADOR LUBRICADOR AYUDANTES	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS BLANDAS ACEITE HIDRAULICO TRAPO BOTELLA DE N2 ETIQUETAS DE PRECARGA GUSANILLOS PARA BOTELLAS LIQUIDO PARA MANOMETROS LIMPIADOR MULTIPROPOSITO LIMPIADOR ELECTRONICO LIMPIADOR GRADO ELECTRICO RECIPIENTE PARA RECOGER ACEITE LUA 120, 220 POMADA ESMERIL	FILTROS HIDRAULICOS VEJIGAS DE LOS TRANSDUCTORES	HIDROLAVADORA KIT PARA PRECARGAR BOTELLAS LLAVES DE 1/2 Y 9/16" ALICATE JUEGO DE LLAVES ALLEN CRONOMETRO SONOSCOPIO PINZA VOLTAMPERMETRICA LLAVE EXPANSIVA PEQUENA MEGUER MULTIMETRO MANOMETROS PATRON KIT DE CALIBRACION DE MANOMETROS CARRO LUBRICADOR
EPCP-M-OVHA-1A-001	UN AÑO	IT-EP-103	15D	TOOL PUSHER INSTRUMENTISTA MECANICO ELECTRICISTA PERFORADOR LUBRICADOR AYUDANTES CONTRATISTA	JABON DESENGRASANTE ESCOBA DE CERDAS BLANDAS ACEITE HIDRAULICO TRAPO BOTELLA DE N2 ETIQUETAS DE PRECARGA GUSANILLOS PARA BOTELLAS LIQUIDO PARA MANOMETROS LIMPIADOR MULTIPROPOSITO LIMPIADOR ELECTRONICO LIMPIADOR GRADO ELECTRICO RECIPIENTE PARA RECOGER ACEITE LUA 120, 220 POMADA ESMERIL PINTURA	FILTROS HIDRAULICOS VEJIGAS DE LOS TRANSDUCTORES KIT DE SELLOS PARA VALVULAS DE ACCIONAMIENTO CADENA MOTOR-BOMBA KIT DE MANOMETROS KIT DE SELLOS DE LA BOMBA	HIDROLAVADORA KIT PARA PRECARGAR BOTELLAS LLAVES DE 1/2 Y 9/16" ALICATE JUEGO DE LLAVES ALLEN CRONOMETRO SONOSCOPIO PINZA VOLTAMPERMETRICA LLAVE EXPANSIVA PEQUENA MEGUER MULTIMETRO MANOMETROS PATRON KIT DE CALIBRACION DE MANOMETROS CARRO LUBRICADOR COMPRESOR DE PINTURA

6.4 INSTRUCCIONES PARA EJECUTAR LAS TAREAS PROPUESTAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO

Los instructivos se establecen para estandarizar y divulgar al personal encargado del mantenimiento de los equipos de perforación, las actividades mínimas necesarias para realizar las inspecciones y mantenimientos preventivos de los equipos críticos que hacen parte del sistema de control de pozo de los taladros de

MECL – GEP; teniendo en cuenta parámetros operacionales de los equipos, y a su vez cumpliendo con las normas HSE (Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Seguridad Industrial) de MECL.

6.4.1 Consideraciones HSE

Las siguientes consideraciones se realizan para todas las tareas de mantenimiento de equipo pesado en general, se deben leer detenidamente, analizar y tener en cuenta aquellas que apliquen a la labor o tarea que se va a ejecutar.

- Tome todas las medidas necesarias para ejecutar un trabajo seguro. Con base en el ATS, detecte las operaciones riesgosas y busque la forma de evitar acciones inseguras. Tenga en cuenta que los equipos del taladro generan en sí mismos y en los equipos adyacentes un incremento en sus variables de operación, por ejemplo:
 - a. La temperatura de operación de algunos equipos puede incrementarse tanto que se hace imposible intervenirlos hasta que no se enfríen.
 - b. Localizar los equipos energizados que puedan ocasionar descargas eléctricas en personal no capacitado.
 - c. Algunas máquinas como las bombas centrífugas y/o hidráulicas pueden generar alta presión en las líneas conductoras de fluidos y por tal motivo debemos primero asegurarnos de despresurizar y/o drenar todos los conductos antes de cualquier intervención.
 - d. En algunas ocasiones los componentes internos de las máquinas exigen aplicar cargas para desmontar piezas y estas operaciones pueden acarrear machucones y/o piezas proyectadas a altas velocidades.
 - e. Algunos de los equipos se encuentran en permanente contacto con agentes químicos nocivos para la salud y por tal motivo debemos asegurarnos de limpiar/lavar adecuadamente las partes a manipular.

- f. Algunos equipos están montados en sitios de difícil acceso o en partes elevadas, para ello siempre se debe tratar de desmontar el equipo a intervenir y repararlo en el banco de trabajo, en caso contrario tome todas las precauciones del caso tales como la utilización del cinturón de seguridad, arnés, línea de vida, etc.
- Trabajar en los taladros de perforación acarrea consigo la exposición directa o indirecta a factores que afectan nuestra salud, a continuación se enumeran algunos de ellos:
 - a. Ruido excesivo y permanente.
 - b. Calor excesivo, debido al medio ambiente y a los equipos en funcionamiento.
 - c. Exposición a radiación debido a las tomas de registro del pozo.
 - d. Exposición a luces intensas debido a trabajos de soldadura y los rayos del sol.
 - e. Exposición a agentes químicos.
 - f. Riesgos biológicos.
- La preservación del medio ambiente es prioridad en la ejecución de los trabajos de mantenimiento de los equipos. Seguir los lineamientos de la compañía en cuanto a los siguientes aspectos:
 - a. Manejo de las basuras y los residuos sólidos.
 - b. Manejo de lubricantes y desengrasantes usados.
 - c. Manejo de contaminaciones ambientales por derrame de lodos o aceites lubricantes.

6.4.2 Normatividad HSE en MECL

El cumplimiento de estas normas se debe llevar a cabo para todas las labores o tareas de mantenimiento. Por eso se hace importante leerlas y socializarlas entre todo el equipo de trabajo antes de realizar cualquier actividad.

- Es obligatorio el uso permanente de los EPP (Elementos de Protección Personal) tales como: Casco, Gafas de seguridad, Ropa de trabajo, Protección auditiva, Botas de seguridad, Guantes de seguridad.
- Al realizar cualquier tipo de trabajo, se deben diligenciar los permisos de trabajo pertinentes con sus respectivos ATS.
- No se deben reiniciar las operaciones en el taladro si los equipos intervenidos afectan la operación estándar del mismo.
- Todo los equipos rotativos están en continuo movimiento y por lo general tienen piezas que giran a altas velocidades y/o se encuentran energizadas a 440 / 220 / 110 voltios; por tal motivo se deben bloquear, asegurar, etiquetar y demarcar antes de cualquier intervención.
- Cualquier modificación que se realice al equipo de perforación deberá notificarse por escrito al encargado del equipo de Perforación, Workover y al coordinador de mantenimiento de Equipos para la respectiva autorización. Estas modificaciones deben ser realizadas por personal autorizado. Una vez aprobadas las modificaciones se divulgan para el conocimiento de todas las personas involucradas en su operación y mantenimiento.

6.4.3 Registro De Los Trabajos A Realizar

Una vez finalizada la labor, el personal supervisor de mantenimiento debe realizar la inspección de las labores para dar el aval y su posterior aprobación, bajo parámetros establecidos en el manual de instructivos para mantenimiento. El "Tool Pusher" del taladro está en el deber de realizar seguimiento a las OT' s

entregadas y retornarlas a la coordinación de mantenimiento para su posterior digitación en el sistema CMMS-MP2.

Se debe retroalimentar al planeador llevando un registro en la OT de la labor ejecutada con la respectiva aprobación del supervisor encargado, registrando en él información como: hallazgos, parámetros operacionales, etc.; para el caso de contratistas deben entregar registros fotográficos, dossiers de información técnica de los taladros, entre otros.

6.4.4 Instrucciones Para Ejecutar Las Tareas Propuestas Del Plan De Mantenimiento Programado De Las BOP Anulares

6.4.4.1 Alcance

Las actividades siguientes aplican a todos las BOP anulares operativas que se tienen en los taladros MECL.

6.4.4.2 Definición

Una BOP anular es una gran válvula accionada hidráulicamente capaz de capturar la tubería de perforación y contener el flujo que viene por el anular del pozo. Está diseñado para que un pistón metálico forzado hidráulicamente empuje hacia arriba un elemento o empaque circular que se cierra en un efecto de cuña, sujetando cualquier herramienta de la sarta de perforación sin importar su configuración. Este BOP puede accionarse contra la Kelly, botellas de perforación, tubería de perforación, tubing, wire line y en una emergencia puede cerrarse completamente hasta cerrar el hueco abierto.

El BOP anular consiste en (Ver [Figura 29. Partes De Una BOP anular](#)):

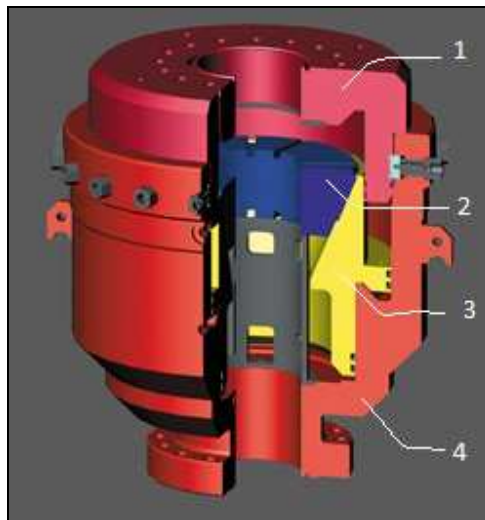
- La cabeza o tapa, número 1.
- Un elemento empaque (packing unit), número 2.
- Un pistón metálico, señalado con el número 3.
- El cuerpo de dos cavidades una de cierre y otra de apertura, número 4.

El “packing unit” consiste en un empaque de material de caucho moldeado alrededor de un alma de segmentos de acero que tienen flanches en la parte superior e inferior. El material del “packing unit” debe ser de alto impacto y/o larga vida y los materiales más comúnmente usados son:

- Caucho Natural
- Caucho Nitrilo
- Caucho Neopreno

La presencia de H₂S no afectará la selección del elemento empacador, el H₂S solo reducirá la vida de cualquier empaque instalado.

Figura 29. Partes De Una BOP anular¹



6.4.4.3 Rutinas De Mantenimiento

- *Tarea Diaria:*

Para realizar esta tarea solo se necesita coordinar con el Tool Pusher el momento de la ejecución. A realizar las siguientes actividades:

¹ Tomado del manual de la BOP Anular Control Flow INC de 11”x3M.

- Limpieza rápida: Limpiar con hidrolavadora y una escoba el pegue de los flanches superior e inferior, el pegue de la tapa y los puertos hidráulicos de apertura y cierre.
- Verificar estado y conexiones de las mangueras hidráulicas de apertura y cierre: 1) Verificar que las mangueras tengan su respectiva protección metálica. 2) Verificar que las mangueras no estén colapsadas, desgastadas. 3) Verificar que no existan fugas en las conexiones de los acoples hidráulicos de los puertos de apertura y cierre.
- Verificar conexiones flanchadas: 1) Verificar que no existan fugas por los flanches superior e inferior. 2) Verificar que los flanches superior e inferior tengan la totalidad de los pernos y sus tuercas.

➤ *Tarea Quincenal:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher y las demás personas que intervienen en esta el momento de la ejecución. Adicionalmente se debe decidir si se hace prueba de banco o solo se va a realizar la prueba del conjunto de BOP instalado en pozo. Comience con el permiso de trabajo y la elaboración del ATS. A realizar las siguientes actividades:

- Limpieza completa: 1) Limpiar con hidrolavadora y una escoba el pegue de los flanches superior e inferior, el pegue de la tapa y los puertos hidráulicos de apertura y cierre, el exterior e interior del cuerpo incluido el "packing unit".
- Realice prueba funcional de la BOP anular en banco (Opcional): 1) Identifique la bridas de conexión de la BOP anular (en la GEP solo tenemos bridas API 13-5/8x5m, 11x5m, 11x3m, 7-1/16x5m, 7-1/16x3m). También identifique la rosca de la conexión del tubo de prueba en el banco (los bancos de pruebas de GEP solo tienen conexiones 4-1/2 XH, 4 FH, 3-1/2 IF, y 2-7/8 IF). 2) Aliste el banco y el tubo de prueba correspondiente y ubíquelo con montacargas cerca del acumulador y

compresor. 3) Limpie y aplique una capa fina de grasa a las ranuras de los flanches de la BOP y el banco de prueba. 4) Lubrique e instale el “ring gasket” correspondiente. 5) Instale y ajuste según procedimiento los tornillos de conexión del flanche de la BOP. Instale y ajuste también el tubo de prueba. 6) Verifique estado de las herramientas y el suministro de aire comprimido (120 psi), fuente de agua, acumulador, “test pump”, plumillas y cartas del registrador, llave hidráulica de alto torque. 7) Revise el manual de la BOP anular para confirmar la máxima presión hidráulica que se puede aplicar en la cámara de cierre para evitar que se dañe el “packing unit”. Fije dicha presión en el “manifold” del acumulador. 8) Cierre y abra la BOP, para chequear funcionamiento hidráulico. Verifique que no existan fugas. 9) Llene directamente con agua el BOP. 10) Conecte la manguera del “test pump” al puerto inferior del banco de prueba. 11) Cierre el BOP. 12) Encienda “test pump” y registre la prueba hidrostática. Registre la prueba dos veces de la siguiente manera: A 1000 psi durante 10 min. Y al 70% de la presión máxima esperada de pozo durante 5 minutos. 13) Valide y documente la carta y la OT.

- Realice prueba funcional de la BOP anular montada en pozo: Esta prueba hace parte de la prueba general que se hace al set de BOP al inicio de cada pozo. 1) Aliste el “cup tester” a bajar durante las pruebas del conjunto de BOP. 2) Limpie y aplique una capa fina de grasa a las ranuras de los flanches de la BOP. 3. Lubrique e instale el “ring gasket” correspondiente. 4) Instale y ajuste según procedimiento los tornillos de conexión del flanche de la BOP. 5) Verifique estado de las herramientas y el suministro de aire comprimido (120 psi), fuente de agua, acumulador, test pump, plumillas y cartas del registrador, llave hidráulica de alto torque. 6) Revise el manual de la BOP anular para confirmar la máxima presión hidráulica que se puede aplicar en la

cámara de cierre para evitar que se dañe el “packing unit”. Fije dicha presión en el “manifold” del acumulador. 7) Cierre y abra la BOP para chequear funcionamiento hidráulico. Verifique que no existan fugas. 8) Llene directamente con agua el BOP. 9) Conecte la manguera del “test pump” al puerto del tapón del “drilling spool”. 10) Cierre el BOP. 11) Encienda y registre la prueba hidrostática. Registre la prueba dos veces de la siguiente manera: A 1000 psi durante 10 min. Al 70% de la presión máxima esperada de pozo durante 5 minutos. 12) Valide y documente la carta y la OT.

➤ *Tarea Semestral:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher, el coordinador de mantenimiento, el gerente de GEP y las demás personas que intervienen en esta actividad la oportunidad de ejecución. Comience con el permiso de trabajo y la elaboración del ATS. A realizar las siguientes actividades:

- Desarme e inspección de componente internos del BOP anular: 1) Retire el perno de sujeción de la tapa del BOP. 2) Instale 2 tornillos del flanche superior y con ayuda de herramienta gire a la izquierda la tapa. 3) Instale 2 tornillos extractores y retire con ayuda del montacargas o puente grúa el “packing unit”. 4) Instale 2 tornillos extractores y retire con ayuda del montacargas o puente grúa el pistón de cierre. 5) Con ayuda de la hidrolavadora lave y limpie todos los componentes del BOP. 6) Verifique el estado de la rosca de la tapa, el cuerpo y los puertos de conexión hidráulico. Repare si es necesario. 7) Revise el estado de los sellos del pistón, de la tapa y el “packing unit”. Reemplace lo que sea necesario. 8) Con ayuda de ensayos no destructivos verifique el estado de las orejas de izaje. 9) Con lija fina limpie zona de desplazamiento del pistón y el cuerpo. 10) Haga limpieza manual mecánica o sandblasting al exterior del cuerpo. Aplique recubrimiento de pintura de alto sólido. 11) Instale sellos (verifique el sentido correcto

de los sellos del pistón), “paking unit” y arme nuevamente. 12) Con ayuda de montacargas instale y gire la tapa. No se olvide de instalar el perno de sujeción de esta. 13) Realice prueba funcional en banco.

➤ *Tarea Cada Tres Años:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher, el coordinador de mantenimiento, el gerente de GEP y las demás personas que intervienen en esta actividad la oportunidad de ejecución. Comience con el permiso de trabajo y la elaboración del ATS. A realizar las siguientes actividades:

- Inspeccionar estado del material del cuerpo en general (además de realizar el instructivo de la actividad "Desarme e inspección de componente internos del BOP anular", también se debe: 1) Mediante prueba de dureza chequear el estado del material del cuerpo y la tapa del BOP. 2) Medir espesor de pared del cuerpo del BOP. 3) Con ayuda de ensayos no destructivos busque grietas superficiales.

➤ *Tarea Cada Seis Años:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher, el coordinador de mantenimiento, el gerente de GEP y las demás personas que intervienen en esta actividad la mejor oportunidad de ejecución. Esta tarea va encaminada a lograr una Recertificación del BOP anular con el fabricante original o su representante autorizado.

6.4.5 Instrucciones Para Ejecutar Las Tareas Propuestas Del Plan De Mantenimiento Programado De Las BOP De Ariete

6.4.5.1 Alcance

Las actividades siguientes aplican a todas las BOP de ariete que se tienen en los taladros MECL.

6.4.5.2 Definición

Una BOP tipo “Pipe RAM” o de ariete es también otra gran válvula hidráulica sencilla o de doble función. Las BOP de ariete doble son más recomendadas para los trabajos de perforación, ya que el primer RAM se instala de acuerdo con la tubería de trabajo y es capaz de capturar la tubería de perforación mientras que el segundo RAM es capaz de aplastar y/o cortar la tubería de perforación y cerrar el pozo.

Se conoce como ariete o RAM a la pareja de bloques metálicos (cubiertos o no con empaques) que accionados a través de unos vástagos (cada uno con su respectivo pistón hidráulico) pueden atrapar, aplastar, colapsar y hasta cortar la tubería de perforación. En el mercado se consiguen 4 tipos de arietes: de tubería (se seleccionan de acuerdo con el diámetro de la tubería de trabajo), variable (sirven para trabajar con varios diámetros de tubería), ciegos (que pueden aplastar y colapsar el tubo) y de corte (que pueden cizallar la tubería).

Los componentes más relevantes de una BOP de ariete son (Ver [Figura 30. Partes De Una BOP Doble RAM](#)):

- El cuerpo.
- Bonet, que son las cámaras o cilindros por donde se deslizan los pistones (en la figura se aprecian 4 Bonet, dos para accionar el RAM inferior y dos para accionar el RAM superior).
- Puerta del Bonet, cada Bonet tiene su respectiva puerta por donde se instalan o cambian los RAM.
- Conjunto de “Pipe RAM” que corresponden a los RAM que lleva la forma de la tubería.
- Conjunto de “Blind RAM” que corresponden a los RAM de cara plana y que son capaces de aplastar la tubería (Ver [Figura 31. Tipos De RAM](#))
- Pistón y vástago del Bonet, que accionan los RAM.

Figura 30. Partes De Una BOP Doble RAM¹

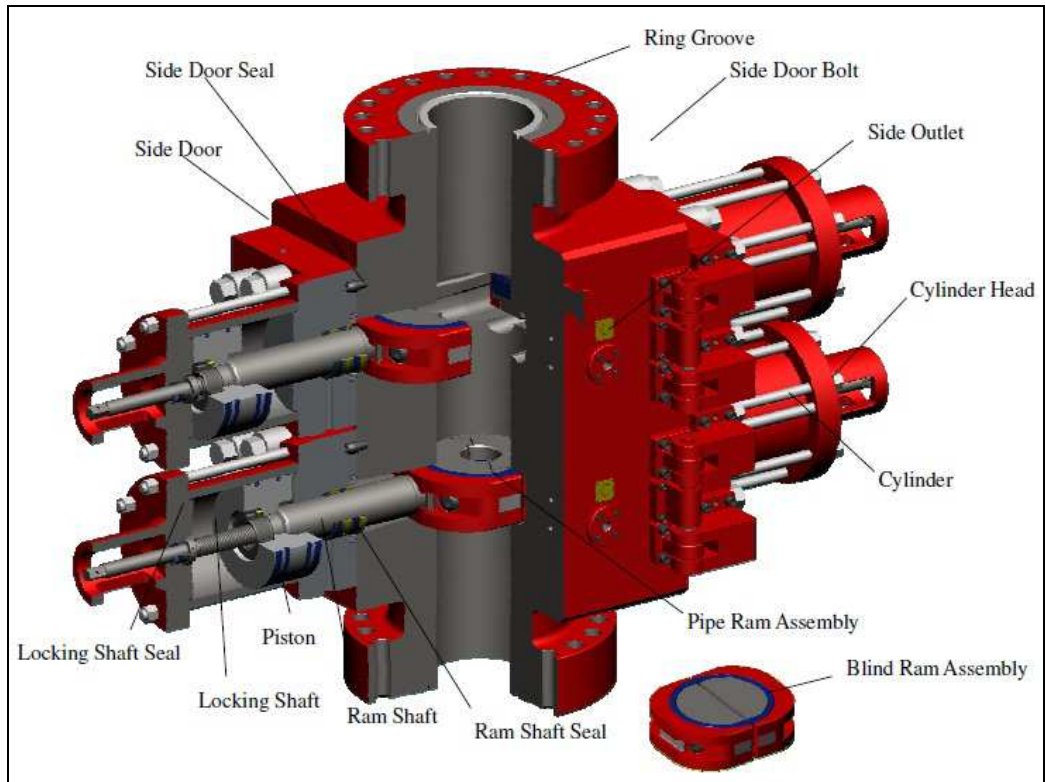
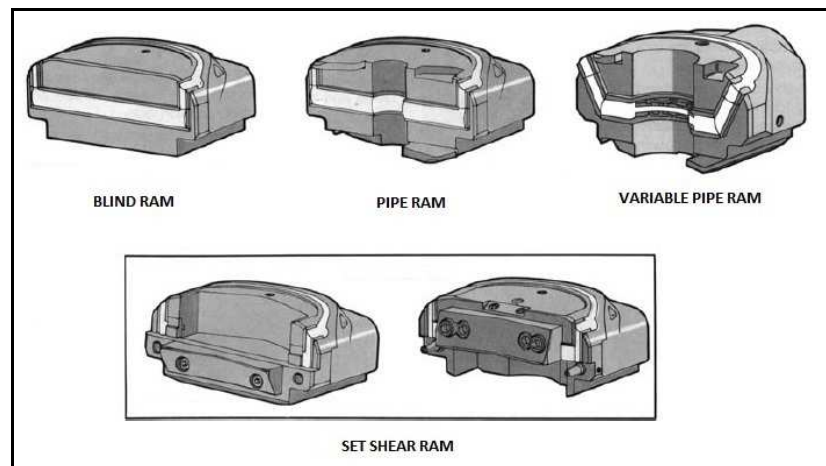


Figura 31. Tipos De RAM²



¹ Tomado del manual de la BOP doble RAM SHENKAI modelo 2FZ 28-35.

² Tomado del manual de la BOP doble RAM SHENKAI modelo 2FZ 28-35.

6.4.5.3 Rutinas De Mantenimiento

➤ Tarea Diaria:

Para realizar esta tarea solo se necesita coordinar con el Tool Pusher el momento de la ejecución. A realizar las siguientes actividades:

- Limpieza rápida: Limpiar con hidrolavadora y una escoba el pegue de los flanches superior e inferior, el pegue de las compuertas laterales y los puertos hidráulicos de apertura y cierre.
- Verificar estado y conexiones de las mangueras hidráulicas de apertura y cierre: 1) Verificar que las mangueras tengan su respectiva protección metálica. 2) Verificar que las mangueras no estén colapsadas, desgastadas. 3) Verificar que no existan fugas en las conexiones de los acoples hidráulicos de los puertos de apertura y cierre.
- Verificar conexiones flanchadas: 1) Verificar que no existan fugas por los flanches superior e inferior. 2) Verificar que los flanches superior e inferior tengan la totalidad de los pernos y sus tuercas. 3) Verificar que no existan fugas por las compuertas laterales o por el eje de los vastagos.

➤ Tarea Quincenal:

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher y las demás personas que intervienen en esta, el momento más apropiado para la ejecución. Adicionalmente se debe decidir si se hace prueba de banco o solo se va a realizar la prueba del conjunto de BOP instalado en pozo. Comience con el permiso de trabajo y la elaboración del ATS. A realizar las siguientes actividades:

- Limpieza completa: 1) Limpiar con hidrolavadora y una escoba el pegue de los flanches superior e inferior, el pegue de las compuertas laterales y los puertos hidráulicos de apertura y cierre, el exterior e interior del cuerpo incluido los "RAM".

- Realice prueba funcional de la BOP de ariete en banco (Opcional): 1) Identifique la bridas de conexión de la BOP (en la GEP solo tenemos bridas API 13-5/8x5m, 11x5m, 11x3m, 7-1/16x5m, 7-1/16x3m). También identifique la rosca de la conexión del tubo de prueba en el banco (los bancos de pruebas de GEP solo tienen conexiones 4-1/2 XH, 4 FH, 3-1/2 IF, y 2-7/8 IF). 2) Aliste el banco y el tubo de prueba correspondiente y ubíquelo con montacargas cerca del acumulador y compresor. 3) Limpie y aplique una capa fina de grasa a las ranuras de los flanches de la BOP y el banco de prueba. 4) Lubrique e instale el “ring gasket” correspondiente. 5) Instale y ajuste según procedimiento los tornillos de conexión del flanche de la BOP. Instale y ajuste también el tubo de prueba. 6) Verifique estado de las herramientas y el suministro de aire comprimido (120 psi), fuente de agua, acumulador, “test pump”, plumillas y cartas del registrador, llave hidráulica de alto torque. 7) Revise el manual de la BOP para confirmar la máxima presión hidráulica que se puede aplicar en las cámaras de cierre para evitar que se dañen los sellos de los pistones. Fije dicha presión en el “manifold” del acumulador. 8) Abra las compuertas y limpie las cavidades en donde se deslizan los RAM, en algunas ocasiones se encuentran lodo seco, cemento y piedras que pueden impedir el desplazamiento de los RAM. 9) Verifique que el ciego se encuentre instalado en la parte inferior de la BOP mientras que el RAM variable o de tubería este en la parte superior. Verifique que el RAM de tubería corresponda al tubo de prueba. 10) Verifique el buen estado de los empaques de los RAM. 11) Instale los RAM en su posición correspondiente, cierre las compuertas laterales e instala y ajuste los pernos. 12) Cierre y abra el RAM de tubería (nunca cierre el ciego con el tubo de prueba instalado, ya que esta operación dañaría el tubo de prueba), para chequear funcionamiento hidráulico. Verifique que no existan fugas. 13) Llene directamente con agua el BOP. 14) Conecte la

manguera del “test pump” al puerto inferior del banco de prueba. 15) Cierre el RAM de tubería (tenga la precaución de no cerrar el ciego). 16) Encienda “test pump” y registre la prueba hidrostática. Registre la prueba dos veces de la siguiente manera: A 1000 psi durante 10 min. Y al 70% de la presión máxima esperada de pozo durante 5 minutos. 17) abra el RAM de tubería y retire el tubo de prueba. 18) Cierre y abra el ciego, para chequear funcionamiento hidráulico. Verifique que no existan fugas. 19) Cierre el ciego. 20) Encienda “test pump” y registre la prueba hidrostática. Registre la prueba dos veces de la siguiente manera: A 1000 psi durante 10 min. Y al 70% de la presión máxima esperada de pozo durante 5 minutos. 21) Valide y documente la carta y la OT.

- Realice prueba funcional de la BOP de ariete montada en pozo: Esta prueba hace parte de la prueba general que se hace al set de BOP al inicio de cada pozo. 1) Aliste el “cup tester” a bajar durante las pruebas del conjunto de BOP. 2) Limpie y aplique una capa fina de grasa a las ranuras de los flanches de la BOP. 3) Lubrique e instale el “ring gasket” correspondiente. 4) Instale y ajuste según procedimiento los tornillos de conexión del flanche de la BOP. 5) Verifique estado de las herramientas y el suministro de aire comprimido (120 psi), fuente de agua, acumulador, test pump, plumillas y cartas del registrador, llave hidráulica de alto torque. 6) Revise el manual de la BOP para confirmar la máxima presión hidráulica que se puede aplicar en las cámaras de cierre para evitar que se dañen los sellos de los pistones. Fije dicha presión en el “manifold” del acumulador. 7) Abra las compuertas y limpie las cavidades en donde se deslizan los RAM, en algunas ocasiones se encuentran lodo seco, cemento y piedras que pueden impedir el desplazamiento de los RAM. 8) Verifique que el ciego se encuentre instalado en la parte inferior de la BOP mientras que el RAM

variable o de tubería este en la parte superior. Verifique que el RAM de tubería corresponda al “cup tester”. 9) Verifique el buen estado de los empaques de los RAM. 10) Instale los RAM en su posición correspondiente, cierre las compuertas laterales e instala y ajuste los pernos. 11) Cierre y abra el RAM de tubería (nunca cierre el ciego con el “cup tester” instalado, ya que esta operación dañaría el “cup tester”), para chequear funcionamiento hidráulico. Verifique que no existan fugas. 12) Llène directamente con agua el BOP. 13) Conecte la manguera del “test pump” al puerto del tapón del “drilling spool”. 14) Cierre el RAM de tubería (tenga la precaución de no cerrar el ciego). 15) Encienda “test pump” y registre la prueba hidrostática. Registre la prueba dos veces de la siguiente manera: A 1000 psi durante 10 min. Y al 70% de la presión máxima esperada de pozo durante 5 minutos. 16) abra el RAM de tubería y retire el “cup tester”. 17) Cierre y abra el ciego, para chequear funcionamiento hidráulico. Verifique que no existan fugas. 18) Valide y documente la carta y la OT.

➤ *Tarea Semestral:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher, el coordinador de mantenimiento, el gerente de GEP y las demás personas que intervienen en esta actividad la mejor oportunidad para ejecutar la tarea. Comience con el permiso de trabajo y la elaboración del ATS. A realizar las siguientes actividades:

- Desarme e inspección de componente internos del BOP de ariete: 1) Retire los pernos de sujeción de las tapas laterales (Bonet). 2) Retire y revise los RAM y sus empaques (cambie si es necesario). 3) Revise los sellos internos y externos de los vástagos de los “Bonet” (cambie si es necesario). 4) Con ayuda de la hidrolavadora lave y limpie completamente la BOP (trate de no contaminar las cámaras de los pistones de los “Bonet”). 5) Verifique el estado de las roscas de las tapas laterales, el cuerpo y los puertos de conexión hidráulica. Repare

si es necesario. 6) Revise el estado de los sellos de las tapas laterales (reemplace si es necesario). 7) Con ayuda de ensayos no destructivos verifique el estado de las orejas de izaje. 8) Haga limpieza manual mecánica o sandblasting al exterior del cuerpo. Aplique recubrimiento de pintura de alto sólido. 9) Instale sellos y arme nuevamente. 10) Con ayuda de la herramienta de alto torque instale y ajuste los pernos de las tapas. 11) Realice prueba funcional en banco.

➤ *Tarea Cada Tres Años:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher, el coordinador de mantenimiento, el gerente de GEP y las demás personas que intervienen en esta actividad la oportunidad para ejecutar la tarea. Comience con el permiso de trabajo y la elaboración del ATS. A realizar las siguientes actividades:

- Inspeccionar estado del material del cuerpo en general (además de realizar el instructivo de la actividad "Desarme e inspección de componente internos del BOP de ariete", también se debe: 1) Mediante prueba de dureza chequear el estado del material del cuerpo y las tapas. 2) Medir espesor de pared del cuerpo del BOP. 3) Con ayuda de ensayos no destructivos busque grietas superficiales. 4) Inspeccione las camisas, los vástagos y las cabezas de los pistones de la parte hidráulica de los Bonet, repare si es necesario.

➤ *Tarea Cada Seis Años:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher, el coordinador de mantenimiento, el gerente de GEP y las demás personas que intervienen en esta actividad. Esta tarea va encaminada a lograr una Recertificación de la BOP de ariete con el fabricante original o su representante autorizado.

6.4.6 Instrucciones Para Ejecutar Las Tareas Propuestas Del Plan De Mantenimiento Programado De Los Acumuladores

6.4.6.1 Alcance

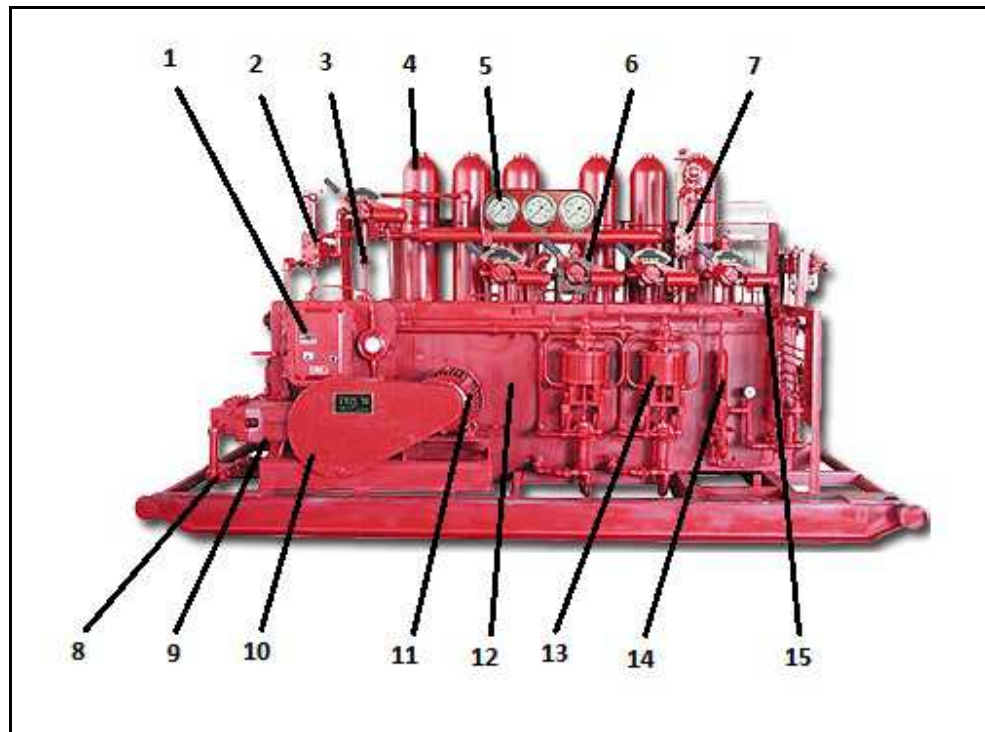
Las actividades siguientes aplican a todos los acumuladores hidráulicos que se tienen en los taladros MECL.

6.4.6.2 Definición

El acumulador hidráulico es un sistema de control y operación que abre y cierra el conjunto de BOP que se instala en el pozo. Es un equipo ensamblado con válvulas, botellas y líneas hidráulicas capaz de mantener energía hidráulica acumulada disponible y suficiente para accionar (cerrar y/o abrir) el conjunto de BOP's y la válvula HCR. Este equipo tiene una consola de operación remota ubicada también en la mesa de perforación.

Los componentes más relevantes de un acumulador hidráulico son (Ver [Figura 32. Partes De Un Acumulador](#)): 1) Control del motor eléctrico, 2) Válvula de seguridad, Válvula de para despresurización, 4) Botellas, 5) Manómetros, 6) Válvula que opera las BOP, 7) Válvula limitadora de presión, 8) Filtro, 9) Bomba hidráulica de 3 pistones, 10) Transmisión por cadenas, 11) Motor eléctrico, 12) Tanque hidráulico, 13) Bomba neumática, 14) Switch Hidroneumático, 15) Actuador neumático.

Figura 32. Partes De Un Acumulador



6.4.6.3 Rutinas De Mantenimiento

➤ *Tarea Diaria:*

Para realizar esta tarea solo se necesita coordinar con el Tool Pusher el momento de la ejecución. A realizar las siguientes actividades:

- Limpieza rápida: Limpiar manómetros, placas de identificación de las botellas y las válvulas.
- Verificar estado general de los componentes en busca de golpes, roturas, pernos sueltos, mangueras desconectadas, fugas de hidráulico, fugas de aire, etc.
- Revisar / completar nivel del aceite hidráulico. Solo adicione aceite hidráulico ISO68.

- Chequear la presión de los manómetros en general incluido la presión de aire de entrada al sistema (120 psi).
- Verificar el correcto sentido de giro del motor. Verificar que el swith del motor este en la posición de automático.

➤ *Tarea Quincenal:*

- Limpieza completa: 1) Limpiar el exterior del acumulador (botellas, tanque, manifolds, skid, etc.)
- Verifique estado de las botellas: 1) Cheque la presión de precarga de las botellas del acumulador (verifique la última fecha de calibración), estas deben estar entre 950 y 1100 psi. Recargue con N2 si es necesario (utilice el kit de precarga). 2) verifique que las válvulas inferiores de las botellas se encuentren abiertas.
- Verifique el estado del tanque del aceite hidráulico: 1) Verifique que el nivel del aceite se encuentre dentro del rango de operación. 2) Verifique el estado del Breather del tanque / reemplace si es necesario. 3) Verifique que las tapas laterales del tanque se encuentren en su posición. 4) Verifique estado de los filtros, revise que no estén obstruidos.
- Verifique estado del sistema eléctrico: 1) Revise que las acometidas estén correctas X-Proof, que los cables estén protegidos, que el tablero este con todos sus tornillos. 2) Revise caja de bornes y conexiones del motor eléctrico, que no halla señales de humedad. 3) Revise los niveles de ruido de los rodamientos del motor eléctrico (utilice el sonoscopio). 4) Limpie las aletas de refrigeración del motor y verifique estado y presencia del ventilador y la caperuza del motor.
- Verifique funcionamiento automático del acumulador: 1) El control automático del motor eléctrico debe estar tabulado por el nivel mínimo

con 2700 psi y el nivel máximo con 3000. Ajuste si es necesario (utilice la tarjeta de control del motor). 2) El control hidroneumático de las bombas neumáticas debe estar tabulado por el nivel mínimo con 2600 psi y el nivel máximo con 3000 psi. Ajuste si es necesario.

- Verifique estado de la transmisión de cadena motor – bomba hidráulica: 1) Revise estado de la guarda. 2) Revise estado y tensión e la cadena. Ajuste si es necesario.
- Verifique estado de las bombas neumáticas: 1) Verifique funcionamiento. 2) Chequee el estado de los silenciadores.
- Revise válvula de alivio – la presión de set es de 3300 psi: 1) Coloque en la posición de manual al switch del motor. 2) Permita que la presión del acumulador suba hasta la presión de seteo, si la válvula de alivio no se dispara entonces apague inmediatamente el motor y despresurice el sistema. 3) Desmonte y tare la válvula en banco.
- Revise funcionamiento de las válvulas limitadoras de presión: 1) El manómetro del manifold de operación debe estar en 1500 psi, ajuste si es necesario. 2) El manómetro del manifold del anular debe ajustarse a la presión recomendada por el manual de la BOP anular con el fin de no lesionar el “packing unit”. Nunca esta presión debe estar por encima de los 1500 psi.
- Revise funcionamiento de las válvulas de operación: 1) Retire las tapas laterales del tanque del aceite. 2) Asegúrese que las válvulas se encuentren en la posición neutral y descarte las fugas por el inferior de la válvula. 3) Chequear funcionamiento de los cilindro actuadores de las válvulas de operación. Haga la prueba desde la consola remota de control.
- Revise el correcto funcionamiento de la válvula de descarga del sistema.

- Revise funcionamiento del control remoto del acumulador: 1) Verifique la presión de suministro de aire al control remoto. 2) Compare las lecturas de los manómetros de la consola remota con las lecturas del acumulador (revise membranas de los transductores de presión). 3) Verifique el funcionamiento de las válvulas neumáticas del control remoto. 4) Verifique el estado de manguera multicanal (que no esté rota, golpeada, aplastada o con fugas). 5) Verifique la correcta instalación de los flanches de conexión de la manguera multicanal en el acumulador y en la consola.
- Revise mangueras de accionamiento de las BOP: 1) Revise la correcta instalación de las mangueras. 2) Revise que no estén colapsadas, golpeadas, que tengan su coraza metálica de protección anti fuego. 3). Revise el estado e los acoples de conexión y que no halla fugas.

➤ *Tarea Trimestral:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher, el coordinador de mantenimiento y las demás personas que intervienen en esta actividad la mejor oportunidad para ejecutar la tarea. Comience con el permiso de trabajo y la elaboración del ATS. A realizar las siguientes actividades:

- Limpieza de filtros del sistema hidráulico.
- Inspeccione bomba hidráulica: 1) Quite la guarda y revise que no halla fugas por los sellos de los vástagos de la bomba.
- Revisión de motor eléctrico: 1) Mida aislamiento del motor eléctrico (utilice el medidor Fluke 500V).
- Transmisión de cadena: Ajuste la cadena con el mecanismo de tensión.
- Lubrique las bombas neumáticas.
- Recargue y calibre los manómetros del acumulador y el control remoto.

- Desconecte y limpie la manguera multicanal que comunica al acumulador con el control remoto.

➤ *Tarea Semestral:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher, el coordinador de mantenimiento y las demás personas que intervienen en esta actividad la mejor oportunidad para ejecutar la tarea. Comience con el permiso de trabajo y la elaboración del ATS. A realizar las siguientes actividades:

- Verifique estado de los gusanillos de las vejigas de las botellas del acumulador.
- Realice cambio de aceite: 1) Drene la totalidad del aceite usado (deposite en sitio adecuado). 2) Lave el interior del tanque del aceite y lave las mirillas de nivel (cambie si es necesario). 3) Previamente solicite aceite hidráulico ISO 68 de acuerdo con las siguientes cantidades: acumuladores del MEC-1/2/3 utiliza 150 gal, MEC-4 utiliza 175 gal y MEC-5 utiliza 248 gal.

➤ *Tarea Anual:*

Antes de realizar esta tarea se debe coordinar con el Tool Pusher, el coordinador de mantenimiento y las demás personas que intervienen en esta actividad la mejor oportunidad para ejecutar la tarea. Comience con el permiso de trabajo y la elaboración del ATS. A realizar las siguientes actividades:

- Inspección de la bomba hidráulica de tres pistones: 1) Verifique estado de los sellos, las válvulas internas y vástagos. 2) Verifique estado de la transmisión de la bomba.
- Mantenimiento anual al motor eléctrico: 1) Cambio de rodamientos (inspeccionar estado de los alojamientos de los rodamientos – reconstruya si es necesario). 2) Limpieza, lavado y mejoramiento del

aislamiento de los devanados del motor. 3) Verificar estado del eje y
cuñero del motor.

- Cambio de cadena de la transmisión bomba – motor eléctrico.
- Inspección de las bombas neumáticas: 1) Revise estado de las
camisas. 2) revise estado de los empaques de los émbolos.

6.5 LISTADO DE REPUESTOS NECESARIOS PARA EJECUTAR LAS TAREAS PROPUESTAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE POZO

La información de los repuestos para los diferentes equipos se ha organizado en
tablas en donde se relacionan directamente con los equipos identificados con su
código MP-2 (cualquier información técnica adicional de cada equipo se debe
buscar en la *Tabla 12. Listado De Equipos Críticos Del Sistema De Control De
Pozo*).

6.5.1 Repuestos Para BOP Anulares

En la *Tabla 16. Listado De Repuestos Para BOP Anulares* se resumen los
repuestos para los BOP anulares.

6.5.2 Repuestos Para BOP De Arietes

En la *Tabla 17. Listado De Repuestos Para BOP De Arietes* se resumen los
repuestos para los BOP de arietes.

6.5.3 Repuestos Para Acumuladores

En la *Tabla 18. Listado De Repuestos Para Acumuladores* se resumen los
repuestos para los Acumuladores.

Tabla 16. Listado De Repuestos Para BOP Anulares

LISTADO DE REPUESTOS PARA BOP ANULARES							
CODIGO MP2	DESCRIPCION	FABRICANTE	REPUESTOS				
			P/N	CANTIDAD			
CPPV-TYPE K	PREVENTOR ANULAR TIPO K (OBSOLETA)	REGAN					
CPPV-2012-12-133	PREVENTOR ANULAR 7-1/16 X 5M FH SHENKAI (NUEVA)	SHENKAI					
CPPV-30663	PREVENTOR ANULAR TIPO GK-6-1500 HYDRILL	HYDRIL	COMPLETE SEAL KIT, P/N 50684 HYDRILL".	1 SET			
			PACKING UNIT GK 7-1/16 X 5M, P/N 1003253-02 HYDRILL".	1 EA			
			P/N 1900491- 1 1 056, STUDS, MARCA HYDRILL	12 EA			
			PN 1900490-11, NUTS, MARCA HYDRILL	12 EA			
CPPV-31400L	PREVENTOR ANULAR TIPO GK-10-1500 HYDRILL	HYDRIL					
CPPV-31815L	PREVENTOR ANULAR TIPO GK-10-900 HYDRILL	HYDRIL	P/N 1002127 SEAL KIT FOR ANNULAR BOP GK 11" - 3000 (OTECO P/N 211130).	1 SET			
			P/N: 1003259-03 PACKING UNIT NEOPRENE RUBBER F/BOP GK 11" - 3000 PSI (HYDRILL)	1EA			
			P/N: 1001778, WEAR PLATE (HYDRILL)	1 EA			
			PN: FH2835-11, SEAL ELEMENT (PACKING UNIT)	1 EA			
CPPV-2007-04-105	PREVENTOR ANULAR 11 X 5M FH 28-35	SHENKAI	PN: FH2835-18, SEAL PISTON ID	2EA			
			PN: FH2835-19, SEAL PISTON ID	2EA			
			PN: FH2835-23, WEAR RING	1 SET			
			PN: FH2835-20, SEAL PISTON OD	2EA			
			PN: FH2835-21, SEAL PISTON OD	2EA			
			PN: FH2835-15, SEAL ADAPTER OD	2EA			
			PN: FH2835-16, SEAL ADAPTER OD	2EA			
			PN: FH2835-12 O-SEAL RING	1 EA			
			PN: FH2835-10 O-SEAL RING	1 EA			
			PN: FH2835-17, WEAR RING	1 SET			
			CPPV-1042	PREVENTOR ANULAR CONTROL FLOW	CONTROL FLOW	P/N 900042 PACKING UNIT FOR ANNULAR PREVENTOR CONTROL FLOW 11" X 3M	1 EA
						P/N 900037-CFI HEAD GASKET	2 EA
P/N 900038-CFI SEAL "U" UPPER	2 EA						
P/N 900039-CFI SEAL "U" MIDLE	2 EA						
CPPV-2007-08-120	PREVENTOR ANULAR 11 X 5M FH 28-35	SHENKAI	P/N FH2835-11, Sealing element , SHENKAI PETOLEUM	4 EA			
			P/N FH2835-15, Seal adapter ID, SHENKAI PETOLEUM	3 EA			
			P/N FH2835-16, Seal adapter ID, SHENKAI PETOLEUM	3EA			
			P/N FH2835-12, O Seal ring, SHENKAI PETOLEUM	3 EA			
			P/N FH2835-10, O Seal ring, SHENKAI PETOLEUM	3 EA			
			P/N FH2835-17, Wear ring, SHENKAI PETOLEUM	6 SET			
			P/N FH2835-20, Seal piston OD, SHENKAI PETOLEUM	3 EA			
			PN FH2835-21, Seal piston OD, SHENKAI PETOLEUM	3 EA			
			P/N FH2835-18, Seal piston ID, SHENKAI PETOLEUM	3 EA			
			P/N FH2835-19, Seal piston ID, SHENKAI PETOLEUM	3 EA			
			P/N FH2835-23, Wear ring, SHENKAI PETOLEUM	3 SET			
			CPPV-N31305-044	PREVENTOR ANULAR 13-5/8" X 5M / FH 35-35	XINDE	P/N 155073 SHAFFER, COMPLETE REPAIR SEAL KIT	1 SET
P/N 150577 SHAFFER, SEALING ELEMENT	1 SET						
P/N 150576 SHAFFER, PACKING ELEMENT 13-5/8" X 5M SPHERICAL NITRILE	1 EA						
P/N FH84.7 , SEAL PISTON (OD)	2 EA						
P/N FH84.5 , SEAL-LOWER HOUSING	2 EA						
P/N FH84.3 , SEALING-ADAPTER RING (2) 175 US EA	2 EA						
O-RING 1.068 MM ID X 8.6 MM W	2 EA						
O-RING 860 MM ID X 8.6 MM W	2 EA						
P/N 155070 KIT SEAL ANULAR PREVENTOR 13-5/8" X 5000 PSI, SHAFFER	1 KIT						
P/N 150576 SHAFFER NITRILE.	2 EA						

Tabla 17. Listado De Repuestos Para BOP De Arietes

LISTADO DE REPUESTOS PARA BOP ANULARES				
CODIGO MP2	DESCRIPCION	FABRICANTE	REPUESTOS	
			P/N	CANTIDAD
CPPV-0388-11720	PREVENTOR TIPO RAM SER 1500 QRC	CAMERON	P/N 5871-3 SET RAM RUBBER 3-1/2, MARCA MELCO	1 SET
			P/N 5871-12 SET RAM RUBBER 7, MARCA MELCO	1 SET
			P/N 11735-2 SET REAR SEAL MARCA MELCO	1 SET
			P/N 19061-3 DOOR SEAL KIT MARCA MELCO	1 SET
			P/N 300-756 ALL THREAD STUDS 1-3/8 X 10-3/4, MARCA MELCO	12 EA
			P/N 300-705 HEX NUT 1-3/8 MARCA MELCO	12 EA
CPPV-2007-07-70	PREVENTOR TIPO RAM 11 X 5M SHENKAI	SHENKAI	P/N 115020 Retainer Rubber Shaffer	4 EA
			P/N 030000 O-Ring Piston Shaffer	8 EA
			P/N 030007 O-Ring Cylinder Head Shaffer	4 EA
			P/N 030056 O-Ring (Port/Hinge) Shaffer	4 EA
			P/N 010657 Cap Screw Shaffer	24 EA
			P/N 132540 Locking Shaft Seal Assy 2" Shaffer	4 EA
			P/N 132534 Ram Shaft Seal Assy 3-1/2" Shaffer	2 EA
			P/N 030105 Door Seal Shaffer	4 EA
			P/N 030030 Door Seal Shaffer	4 EA
			P/N 030141 O-Ring Cylinder Head Shaffer	4 EA
			P/N 030054 O-Ring Cylinder Manifold Shaffer	4 EA
			P/N 192052 2-7/8" Ram Rubber Shaffer (Set 2 Pz)	4 SET
			P/N 192055 3-1/2" Ram Rubber Shaffer (Set 2 Pz)	4 SET
			P/N 92035 Shaffer, CSO Rubber for Type 39 RAM (2 Piezas x Set	4 SET
			P/N 155030, SEAL KIT ANNULAR BOP 11" X 5M, SHAFFER.	1 SET
CPPV-13871	PREVENTOR TIPO RAM 11 X 3M SHENKAI	SHENKAI		
CPPV-2013-01-101	PREVENTOR TIPO DOBLE RAM 7-1/16 X 5M SHENKAI NUEVA	SHENKAI		
CPPV-7-1/16 5M	PREVENTOR TIPO RAM 7-1/16 5M SHAFEEER	SHAFFER	P/N 115021-1 RUBBER PISTON	2 SET
			P/N 192033 RETRACTING SCREW	8EA
			P/N 192058 RAM RUBBER 4"	2 SET
			P/N 030166 DOOR SEAL	4 EA
CPPV-2007-08-119	PREVENTOR TIPO DOBLE RAM 11 X 5M - LWS	SHENKAI	P/N 139036 SHAFFER, 2-7/8" RAM SUB-ASSEMBLY F/LWS-11 X 3M BOP	1SET
			P/N 139055 SHAFFER, 2-7/8" RAM SUB-ASSEMBLY F/LWS-11 X 5M BOP	1SET
			P/N 136791 SHAFFER, 2-7/8" RUBBER F/LWS-11 X 3M BOP	1SET
			P/N 137128 SHAFFER, 2-7/8" RUBBER F/LWS-11 X 5M BOP	1SET
			P/N 141268 Shaffer, 1-1/2" Locking Shaft f/ BOP 11 X 3M, LWS, Shaffer	1SET
CPPV-2007-06-101	PREVENTOR TIPO DOBLE RAM 11 X 5M SHENKAI	SHENKAI	P/N 155030, SEAL KIT ANNULAR BOP 11" X 5M, SHAFFER.	2 EA
			P/N 030008, DOOR SEAL, SHAFFER.	8 EA
			P/N 030007, O-RING CYLINDER HEAD ,SHAFFER.	8 EA
			P/N 030056, O-RING (PORT/HINGE), SHAFFER.	24 EA
			P/N 030005, INNER O-RING PACKING ADAPTER, SHAFFER.	8 EA
			P/N 030006, OUTER O-RING PACKING ADAPTER, SHAFFER.	8 EA
			P/N 116201, LOCKING SHAFT PACKING, SHAFFER.	8 EA
			P/N 135546, RETAINING SCREW, SHAFFER.	8 EA
CPPV-2010-09-447	PREVENTOR TIPO DOBLE RAM 13-5/8" X 5M TFI	TFI	P/N 141200, RETRACTING SCREW, SHAFFER.	4 EA
			P/N 135875 HOLDER	1 EA
			P/N 125137 RUBBER VARIABLE RAM 2-7/8" - 5-1/2" FOR BOP 13-5/8" SHAFFER "LWS"	1 SET
			P/N 136715 SET RAM RUBBER CSO FOR BOP 13-5/8" SHAFFER "LWS"	1 SET
			P/N 121055 P SEAL FOR VARIABLE RAM 2-7/8" - 5-1/2" SHAFFER "LWS" 13-5/8" X 5000 PSI	1 SET
			P/N 123192 TOP SEAL FOR VARIABLE RAM 4-1/2" - 7" SHAFFER "LWS" 13-5/8" X 5000 PSI	1 SET

Tabla 18. Listado De Repuestos Para Acumuladores

LISTADO DE REPUESTOS PARA ACUMULADORES				
CODIGO MP2	DESCRIPCION	FABRICANTE	REPUESTOS	
			P/N CANTIDAD	
EPCP-08154, EPCP-10168, EPCP-10237, EPCP-0760, EPCP-0772	ACUMULADOR HIDRAULICO MEC-1/2/3/4/5	GUAN ZHOU DO / SHENKAI	P/N JYS21-25, PRESSURE - REDUCING OVERFLOW VALVE (MANUAL REGULATOR)SY/T5443-2001 10320	1
			P/N JYSQ21-25, PRESSURE - REDUCING OVERFLOW VALVE (MANUAL-PNEUMATIC REGULATOR)SY/T5443-2001 10334	1
			P/N 24ZS21-25, 2 POSITION 4 WAY DIRECTION CHANGE OVER VALVESY/T5443-2001 10258	1
			P/N 34ZS21-25, 3 POSITION 4 WAY SWINGING VALVESY/T5443-2001 10432 / 10441	1
			P/N 3" QG-00-00, 3" PNEUMATIC CYLINDERSY/T5443-2001 10151 / 10121	1
			P/N Y30-25, 1-1/2" OVERFLOW VALVE (RELIEF VALVE)SY/T5443-2001 10339	1
			P/N 1/2" GYJZF-00-00, 1/2" HIGHT PRESSURE STOP VALVESY/T5443-200108188	1
			P/N 1" GYJZF-00-00, 1" HIGHT PRESSURE STOP VALVESY/T5443-20010171	1
			P/N 1" DLQ-00-00, 1" LOW PRESSURE FILTERSY/T5443-200110190	1
			P/N 1/2" DLQ-00-00, 1/2" LOW PRESSURE FILTERSY/T5443-200108139	1
			P/N 1" GLQ-00-00, 1" HIGHT PRESSURE FILTERSY/T5443-200109019	1
			P/N 1/2" DLF-00-00, 1/2" UNIDIRECTIONAL VALVE (CHECK VALVE)SY/T5443-200110244	1
			P/N 1" DLF-00-00, 1" UNIDIRECTIONAL VALVE (CHECK VALVE)SY/T5443-200108081	1
			P/N QKY21-25, HYDRO PNEUMATIC PRESSURE SWITCHSY/T5443-200110021	1
			P/N DXQF-00-00, UNIDIRECTIONAL AIR VALE (AIR CHECK VALVE)SY/T5443-2001-	1
			P/N AFR2000-N, FILTER REGULATOR FOR AIRJISB8371-	1
			P/N YPQ-01-Z/25B, SHOCK PROOF PRESSURE TRANSMITTER (TRANSDUCER)KC016KC016	1
			P/N YPQ-01-Z/40B, SHOCK PROOF PRESSURE TRANSMITTER (TRANSDUCER)BY0.534.079KC062	1
			P/N YN100-III 25 Mpa, SHOCK PROOF PRESSUREQ/320283ANTB0110.4.56091	1
			P/N YN100-III 40 Mpa, SHOCK PROOF PRESSUREQ/320283ANTB0109.12.26509	1
			P/N QTY-L-8, AIR PRESSURE REGULATOR (1/4" AIR REGULATOR)GB-R20752-	1
			P/N YKX-00, PRESSURE CONTROLLER--	1
			P/N FKQ3204-HZ-03EN, ELECTRIC PRESSURE RELAYGB2153-872010264	1
			P/N KQKF-00, 1/4" IR PRESSURE REDUCING REGULATING VALVESY/T2443-2001	1
			P/N 34TQHY-L6-F, 3-POSITION 4-WAY AIR SLIDING VALVCESSY/T5443-200110367 / 10256	1
			P/N YN-100-III 25 Mpa, SENSING PRESSURE GAUGESQ/320283ANTB0110.6.65663	1
			P/N YN-100-III 40 Mpa, SENSING PRESSURE GAUGESQ/320283ANTB0110.6.25719	1
			P/N YN-100-III 1.6 Mpa, PRESSURE GAUGESQ/320283ANTB0110.6.55555	1
			P/N QAF4000, AIR FILTERJISB837180300	1
			P/N QAL4000, AIR LUBRICATORJISB8371-	1
			P/N 3GB-00-23, GASKET C HEAD SEAL CAP--	1
			P/N 3GB-00-24, SEAL CAP CROSSHEAD STUD--	1
			P/N GH4-692-67	1
PD25X42X10, O-RING--	1			
P/N 3GB-00-18, PACKING GLAND NJT--	1			
P/N 3GB-00-17C, GLAND FOLLOWER D=25mm--	1			
P/N 3GB-B4C-01, FABRIC - RUBBER PACKING D= 25mm--	1			
P/N 3GB-B4C, GRAPHITED PACKING D= 25 mm--	1			
P/N GB 1235-76 56X3.5, O-RING--	1			
EPCP-5249-2	ACUMULADOR HIDRAULICO DE KOOMEY TIPO 80	KOOMEY		

7. CONCLUSIONES

A continuación se enumeran algunas de las observaciones, conclusiones y recomendaciones que deberán llevarse en MECL – GEP para fortalecer el trabajo del departamento de mantenimiento:

1. A nivel corporativo:

- 1.1. Explorar la posibilidad de hacer una integración de todas las áreas de mantenimiento de las diferentes gerencias que tiene la compañía. Con el principal objetivo de formalizar y estandarizar un único plan estratégico para el área. Definir políticas, metodologías, procedimientos, estándares, planes a corto, mediano y largo plazo con fechas de compromisos entregables, responsables y presupuesto.
- 1.2. Mejorar la relación entre mantenimiento y el área de materiales, de tal forma que se puedan asegurar la existencia de inventarios mínimos para la ejecución de los trabajos programados. Catalogar y hacer tablas de Mini - Max con los repuestos necesarios para ejecutar las tareas planteadas.
- 1.3. Fortalecer las relaciones entre operaciones y mantenimiento. Trazar planes y formalizar en conjunto los adecuados trabajos de mantenimiento mayor a los taladros. Establecer un procedimiento para acordar los niveles de servicio y priorización de trabajos.

2. A nivel táctico:

- 2.1. Aseguramiento del mantenimiento preventivo. Continuar con la creación de planes de mantenimiento para los demás equipos y sistemas que aún no se les ha organizado tareas y rutinas.
- 2.2. Comenzar a plantear rutinas de mantenimiento predictivo con técnicas y tecnologías modernas de análisis de vibraciones y termografía.

- 2.3. Enfocar los esfuerzos a desarrollar actividades que mejoren el eje de confiabilidad en el área de mantenimiento de la gerencia de equipo pesado (Ver *Figura 8. Resultados de Auditoría 2013*). Actividades como:
 - 2.3.1. Formalizar comités de mejoramiento para analizar y evaluar las fallas documentadas en los sistemas y equipos de los taladros. Ampliar el panorama de las situaciones a documentar (hasta ahora se documentan las situaciones que paran la operación del taladro).
 - 2.3.2. Definir y codificar modos y tipos de fallas.
 - 2.3.3. Mejorar la base de datos de las fallas, ser más amplio en la cobertura y ser más específico en la descripción de los reportes.
- 2.4. Hacer un estudio de criticidad de equipos a los demás sistemas que componen el taladro, en especial a los sistemas de levante, rotación y lodos.
3. A nivel del personal de operación y ejecución de mantenimiento:
 - 3.1. Entrenar y certificar al personal operativo de los taladros, de tal forma que se garantice operación incorrecta de los equipos.
 - 3.2. Socializar los instructivos y planes de mantenimiento propuestos a los equipos del sistema de control de pozo.

BIBLIOGRAFÍA

ARCINIEGAS ÁLVAREZ, Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingeniería Mecánica.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2006.

GONZALEZ JAIMES, Isnardo. Seminario I: La Investigación Científica. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. 2010.

GONZALEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II: Monografía de Especialización. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. 2012.

MOJICA SANCHEZ, Ricardo Arturo. Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Línea De Producción De Baldosa En La Planta De Baldosines Torino S.A. Bucaramanga, Monografía (Especialización en Gerencia de Mantenimiento) Universidad Industrial de Santander. 2010.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005.

ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. [CD_ROM]. Bucaramanga, 2012. Posgrado

gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Otros: Manuales de operación y funcionamiento, catálogos de partes de los equipos relacionados en la *Tabla 12. Listado De Equipos Críticos Del Sistema De Control De Pozo.*

PABON BARAJAS, Hernán. Contabilidad Gerencial. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2012.

RODRIGUEZ OTAVO, Alba Enith. Estudio de control de pozos durante las operaciones de mantenimiento y workover en el campo de apiay y castilla nueva. Trabajo de pregrado (Escuela Ingeniería de Petróleos). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2008.

ROMERO BALLESTAS, Humberto Alejandro. Diseño de un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Los Equipos Y Herramientas De Perforación De La Empresa General Rogs Services S.A. Bucaramanga, Monografía (Especialización en Gerencia de Mantenimiento) Universidad Industrial de Santander. 2011.

RANDY SMITH, training Solutions. Control de Pozos: Perforación, Completamiento y Reacondicionamiento. 2010.

TAMAYO DOMINGUEZ, Carlos Mario. Organización del Mantenimiento. Bogotá, Universidad Industrial de Santander. 2010.