

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**“PROPUESTA DE MEJORAS DE MANTENIMIENTO AL TOP
DRIVE DEL TALADRO PDV-02, MEDIANTE LA APLICACIÓN
DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ Y EL USO DE HERRAMIENTAS
PREDICTIVAS.”**

**Caso: PDVSA SERVICIOS Departamento de Mantenimiento de
Taladros, Base San Tome Estado Anzoátegui.**

Realizado por:

Abrahan Napoleón Rodríguez Hernández

**Trabajo de Grado Presentado Ante la Universidad de Oriente como Requisito
Parcial para Optar al Título de:**

INGENIERO MECÁNICO.

PUERTO LA CRUZ, JUNIO DE 2010

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**“PROPUESTA DE MEJORAS DE MANTENIMIENTO AL TOP
DRIVE DEL TALADRO PDV-02, MEDIANTE LA APLICACIÓN
DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ Y EL USO DE HERRAMIENTAS
PREDICTIVAS.”**

**Caso: PDVSA SERVICIOS Departamento de Mantenimiento de
Taladros, Base San Tome Estado Anzoátegui.**

ASESORES:

Prof. Darwin Bravo
Asesor Académico.

Ing. Rafael Avis
Asesor Industrial.

PUERTO LA CRUZ, JUNIO DE 2010

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**“PROPUESTA DE MEJORAS DE MANTENIMIENTO AL TOP
DRIVE DEL TALADRO PDV-02, MEDIANTE LA APLICACIÓN
DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ Y EL USO DE HERRAMIENTAS
PREDICTIVAS.”**

**Caso: PDVSA SERVICIOS Departamento de Mantenimiento de
Taladros, Base San Tome Estado Anzoátegui.**

JURADO:

El Jurado Hace Constar que Asignó a Esta Tesis la Calificación de:

APROBADO

Prof. Darwin Bravo

Asesor Académico

Prof. Luis Griffith

Jurado Principal

Prof. Delia Villaroel

Jurado Principal

PUERTO LA CRUZ, JUNIO DE 2010

RESOLUCION

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo quien lo participará al Consejo Universitario”

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado en primera instancia a nuestro señor Dios, por darme siempre la certeza de que su tiempo es perfecto, y que su proceder va por encima de cualquier entendimiento humano. *“Hay cosas que no entendemos, pues no alcanza la razón, mas si las vemos con fe, entraran al corazón”*.

Mi fuente de inspiración y apoyo incondicional durante toda mi vida, y más aun en momentos donde se requiere de esa motivación extra, siempre proveniente de **mi familia**, la cual sin mas ni menos es perfecta, perfecta para mi porque Dios así lo designó y los amo, **mi Madre**, quien siempre me dice que la verdadera grandeza y éxito de una persona no se mide en el dinero, poder, o fama que se tenga, sino en la sabiduría, el conocimiento y el buscar cada día ser mejor individuo, para mejorar el colectivo. **Mi padre**, siempre demostrándome que el ingenio es algo que hay que aplicar en cada aspecto de tu vida para solucionar los desafíos que me enfrente, siempre con una solución al problema, creando en mí ese deseo de superación y esperando algún día tener su “ingenio”. **Mis hermanos**, apoyo, paciencia, concejos y toda la colaboración necesaria, en los momentos de apremio. A **mi novia**, y su familia quien ya somos una misma familia demostrando siempre su apoyo incondicional, a **mis amigos** y demás personas que han influencia de una manera u otra en mi carrera y en esta tesis.

El cumplir la meta planteada con esta tesis va **DEDICADO A TODOS USTEDES.**

AGRADECIMIENTOS.

Este proyecto representa la culminación de una etapa, en ésta a lo largo de sus diez semestres he recolectado grandes vivencias y experiencias no solo en las aulas de clases sino fuera de ellas, engrandeciendo y afianzando más mi carácter y personalidad. A **Dios** tengo que agradecerle todo lo que me ha dado y me ha mostrado el camino a seguir para lograr cumplir mis metas.

Mi familia, Lourdes Hernández, Jesús Rodríguez, Estarlin Rodríguez, Marigen Rodríguez, sin ustedes nada de esto sería posible, esta es una meta alcanzada por todos nosotros, los amo. A **mis Tías, Tíos, Primos, Primas, Hernández Milagros, Leiva María, Ramos Jaime, Rangel Josgeganni, Figuera Jesús, Rodríguez Carlos, Rodríguez Lucila, Rodríguez Robinson y mi cuñado Félix Velásquez** gracias por siempre su apoyo y alentarme a continuar.

Le tengo que agradecer a mi **Novia Sabrina León, y sus padres Nazaret Urdaneta y Saúl León**, quienes han estado conmigo en todo el desarrollo de este proyecto siempre dándome su apoyo, ayuda incondicional y cariño, **GRACIAS**.

Los **amigos**, que sería de un profesional universitario sin amigos, nadie mas como quien pasa día a día hombro a hombro las dificultades y celebraciones propias de una carrera universitaria completada por una tesis de grado, son muchos los amigos que tengo que agradecerles, entre ellos: **André Cirilo, Arias Richard, Boada Héctor, Bermúdez Frederick, Duran Luis, Gámez Sheila, Gómez Javier, Gonzales Carlos, Henech Jousseph, Herrera Carlos, Marchan Edgardo, Marval María, Mayattis José, Mongua Rosanny, Moya Francisco, Obando Natacha, Ojeda Michael, Patete Carlos, Pérez Edgar, Pinto Tulio, Ríos Gabriela, Ríos Giovanela, Rivas Solinca, Romero Felixa, Sucre Jesús, Torreaba Igor**. A todos y cada uno de manera muy especial **GRACIAS**.

A la **Universidad de Oriente**, por permitirme la dicha de realizar mis estudios en esta institución y excelentes profesores que he tenido durante la carrera, **Delia Villarroel, Ivanna Piffano, Richard Estaba, José Eduardo Rengel, Orlando M. Ayala, Elton García, Simón Bittar**, profesores que me enseñaron el valor de la academia, a sentir amor por la carrera y sobre todo a plantearme retos y metas. **Gracias por sus conocimientos y enseñanzas.**

Agradezco **Al Profesor Darwin Bravo**, quien fue mi primer profesor en la escuela de mecánica, y ahora es mi asesor académico, gracias por la sabiduría impartida y dedicación de tiempo necesario para un proyecto de esta índole. **Gracias.**

A **PDVSA San Tome**, en especial al **Ing. Rafael Avis** por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto brindando apoyo necesario para lograr llegar a buen termino el proyecto.

A TODOS GRACIAS POR TODA LA AYUDA, ENSEÑANZAS Y CONSEJOS EN LOS MOMENTOS JUSTOS.

RESUMEN

El objetivo perseguido con el desarrollo de este trabajo consistió en proponer mejoras de Mantenimiento al Top Drive del taladro PDV-02, mediante la aplicación del Análisis Causa Raíz y el uso de herramientas predictivas. Para lograrlo fue necesario realizar un diagnóstico del estado actual del equipo, en el que se realizaron inspecciones y entrevistas, a fin de identificar el estado en que se encuentra, luego se procedió a la realización de un análisis de causa raíz buscando identificar las causas por las cuales se presenta la falla en el accionamiento del Top Drive. Para ello fue necesario la conformación de un equipo natural de trabajo con personal altamente capacitado. Seguidamente se procedió a la selección y posterior aplicación de la herramienta predictiva que mejor se adaptó al entorno operacional, siendo esta el análisis de lubricante, para luego realizar la reestructuración de los planes de mantenimiento del Top Drive. Para esto se presenta el plan de mantenimiento utilizado con anterioridad en el equipo, y luego basado en las recomendaciones obtenidas del A.C.R. y la aplicación de los análisis de lubricante, reestructurar dichos planes adaptándolos a los requerimientos reales del equipo. Y finalmente realizar las propuestas de mejoras de mantenimiento al Top Drive. Se concluyó que la falla en el accionamiento del equipo proviene de errores en la lubricación (composición y cantidad de lubricante empleado), esta a su vez causada por procedimientos de mantenimiento con poca información, se recomienda utilizar los planes de mantenimiento reestructurados, puesto que se acondicionaron a los requerimientos del equipo, para que de esta manera la organización pueda minimizar costos de mantenimiento no programado, así como paradas de producción.

INTRODUCCIÓN.

En tiempos de actualidad, las fuentes de energía son de vital importancia en el desarrollo de una nación, los países más industrializados son los que poseen el mayor consumo y necesidades de energía, mientras que varios países que están en búsqueda de desarrollo (La República Bolivariana de Venezuela) poseen las principales reservas de energía, y buscan a través de ellas resolver sus problemas. De estas fuentes de energía la más importante en la actualidad es el petróleo, debido a la diversidad de productos derivados de este hidrocarburo y su versatilidad.

En el año 2007 llegan a Venezuela una serie de taladros de fabricación China, por medio un acuerdo binacional (China – Venezuela), con el propósito de mejorar el proceso de explotación petrolera.

Para la extracción del petróleo, se realizan estudios geológicos, los cuales permiten tener una “sospecha” de un yacimiento petrolero, para corroborar dicha sospecha es necesario la perforación exploratoria. Se utilizan taladros cuya función es determinar si existen hidrocarburos, estimar la cantidad presente, a manera de establecer su rentabilidad.

Un taladro de perforación rotaria, consta de muchos componentes, partes y equipos. En los taladros de última generación un Top Drive, se encarga de proporcionar torque a la sarta además de permitir el flujo de lodo de perforación en su interior.

El Top Drive es uno de los equipos que ha surgido en el campo de la perforación en los últimos 20 años, este equipo ha evolucionado tecnológicamente, sin embargo para garantizar su operatividad en el tiempo es necesario reestructurar los planes de mantenimiento adaptado a esta nueva tecnología. Por esta razón se propone este trabajo, **“Propuesta de mejoras de Mantenimiento al Top Drive del taladro PDV-02, mediante la aplicación del Análisis Causa Raíz y el uso de herramientas predictivas”**, y el mismo fue estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I, en el cual se plantea el problema que se le presenta a la empresa (PDVSA) y una breve descripción de ésta, además de estar contenidos los pasos necesarios (Objetivos específicos) para el logro del objetivo general del trabajo.

Capítulo II, en este capítulo se encuentran antecedentes de trabajos que presentan relevancia para esta investigación, además del marco teórico como soporte para el desarrollo de la investigación.

Capítulo III, capítulo donde se encuentran las diversas técnicas utilizadas, el tipo de investigación en la que se enmarca este trabajo, además de la población y muestra, y las etapas para el desarrollo del proyecto.

Capítulo IV, es aquí donde se muestra el desarrollo de los diversos objetivos, de manera tal de obtener resultados para ser analizados, buscando minimizar las paradas imprevistas del equipo.

Finalmente se obtuvieron las conclusiones a las cuales se llegó con el desarrollo de dicho trabajo y las recomendaciones emitidas, buscando minimizar la ocurrencia de fallas en el Top Drive.

INDICE.

RESUMEN.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	vii

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA.

1.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA EMPRESA.....	17
1.1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE PDVSA SERVICIOS.....	18
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	20
1.3. OBJETIVOS.	22
1.3.1 General.	22
1.3.2 Específicos.	22

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES.....	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1. Mantenimiento:	24
2.2.2. Mantenimiento preventivo:	24
2.2.3. Mantenimiento correctivo:	32
2.2.4. Plan de Mantenimiento:	32
2.2.5. Falla:.....	32
2.2.6. Análisis Causa Raíz:	32
2.2.7. Equipo Natural de Trabajo.....	33
2.2.8. La perforación de un pozo,.....	34
2.2.9. Sistema de potencia.....	37
2.2.10. Sistema de Levantamiento	37
2.2.11. Sistema de control.....	38

2.2.12. Sistema de transmisión.....	39
2.2.13. Sistema de circulación	39
2.2.14. Sistema de seguridad.....	39
2.2.15. El sistema de rotación	40
2.2.16. El Top Drive.....	40
CAPÍTULO III.	
MARCO METODOLÓGICO.	
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.1.1. Según el nivel de conocimiento	42
3.1.2. Según el diseño	42
3.1.3. Según el propósito.....	43
3.2. POBLACION Y MUESTRA.....	43
3.2.1. Población.....	43
3.2.2. Muestra.....	43
3.4. ETAPAS DE LA INVESTIGACION.....	44
CAPÍTULO IV.	
DESARROLLO DEL TRABAJO.	
4.1) Diagnostico del estado actual del equipo de perforación Top Drive.....	46
4.2) Determinación mediante un Análisis Causa Raíz (ACR), de las causas por la cual se presentan las fallas en el Top Drive.	61
Motor principal.....	1
Sistema de potencia.....	1
Sistema de Control.....	1
Sistema hidráulico.....	1
4.3) Aplicación de la herramienta predictiva que mejor se adapte al contexto operacional del Top Drive.....	68
4.4) Reestructurar los planes de mantenimiento existente para el Top Drive, basado en las recomendaciones del A.C.R. y la Herramienta Predictiva que se adapte.	80

4.5) Proponer mejoras de mantenimiento al Top Drive, mediante la aplicación de un A.C.R. y el uso de la herramienta predictiva que se adapte.....	107
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES.....	111
BIBLIOGRAFÍA CITADA.	112
APENDICE A.	114
METADATOS PARA TRABAJOS DEGRADO, TESIS Y ASCENSO.....	127

Listado de tablas.

Tabla 4.4. Lista de chequeo de mantenimiento semanal utilizado por la organización.....	81
Tabla 4.5. Lista de chequeo de mantenimiento mensual utilizado por la organización antes de la realización de la investigación.....	82
Tabla 4.6. Lista de chequeo de mantenimiento trimestral utilizado por la organización antes de la realización de la investigación.....	83
Tabla 4.7. Lista de chequeo de mantenimiento semestral utilizado por la organización antes de la realización de la investigación.....	84
Tabla 4.8. Lista de chequeo de mantenimiento anual utilizado por la organización antes de la realización de la investigación.	84
Tabla 4.9. Planificación de mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, para actividades de frecuencia diaria.	86
Tabla 4.10. Imágenes ilustrativas de los ítems planteados en la planificación de mantenimiento diaria.....	90
Tabla 4.11. Imágenes ilustrativas de los ítems planteados en la planificación de mantenimiento diaria.....	91
Tabla 4.12. Planificación de mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades semanales.	92
Tabla 4.13. Imágenes ilustrativas de los ítems planteados en la planificación de mantenimiento semanal.....	97
Tabla 4.14. Imágenes ilustrativas de los ítems planteados en la planificación de mantenimiento semanal.....	98
Tabla 4.15. Planificación de mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades mensuales.....	99
Tabla 4.16. Planificación de mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades trimestrales.....	101

Tabla 4.17. Planificación de mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades semestrales.	102
Tabla 4.18. Planificación de mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades anuales.....	104

Listado de Figuras.

Figura 1.1 Ubicación Geografica de PDVSA Distrito San Tome.....	1
Figura 1.2 Estructura organizativa de la gerencia de operaciones de mantenimiento de taladros.....	3
Figura 2.1 Ondas de vibración de una máquina rotativa, con componentes girando a distintas velocidades.	10
Figura 2.2 Características de los lubricantes dependiendo del tipo de espesante utilizado en su fabricación.....	14
Figura 2.3 Ejemplo de aplicación de un Análisis Causa – Raíz a una falla en específico.....	18
Figura 2.4 Esquema de componentes de un taladro de perforación rotaria.....	20
Figura 2.5 Motor Diesel (Generador Electrico).....	21
Figura 2.6 Malacate.....	22
Figura 2.7 Diagrama de control de comunicación del taladro.....	22
Figura 2.8 Bombas de lodo.....	23
Figura 2.9 Válvulas de seguridad (Previene reventones).....	24
Figura 2.10 Esquema descriptivo de algunos componentes del Top Drive	25
Figura 4.1 Dispositivo de refrigeración del Motor Principal del Top Drive.....	33
Figura 4.2 Electro-válvulas de control y sus respectivas conexiones.....	33
Figura 4.3 Sistema de Válvulas de Control de pozo.....	34
Figura 4.4 Conexión de cables de potencia y control en la casa de fuerza del Top Drive.....	35
Figura 4.5 Tarjeta electrónica de control presente en la casa de fuerza.....	36
Figura 4.6 Interior de la unidad hidráulica y los diversos equipos que la conforman.....	37

Figura 4.7 Manómetros presentes en la parte externa de la unidad hidráulica del Top Drive.....	37
Figura 4.8 Top Drive del taladro PDV-02 en posición horizontal y vista lateral derecha, desmontado del sistema de transmisión, para realizar mudanza de taladro.....	39
Figura 4.9 Top Drive del taladro PDV-02 en posición horizontal y vista lateral izquierda, desmontado del sistema de transmisión, para realizar mudanza de taladro.....	39
Figura 4.10 Rotor motor eléctrico principal del Top Drive.....	40
Figura 4.11 Cables de control del Top Drive, en la superficie donde se realiza la operación.....	41
Figura 4.12 Imagen de las condiciones del suelo en el lugar de trabajo del equipo.....	42
Figura 4.13 Esquema del Análisis Causa Raíz para la Falla de Accionamiento del Top Drive.....	46
Figura 4.14 Encuesta para determinar herramienta predictiva que mejor se adapte al Top Drive.....	54
Figura 4.15 Encuesta para determinar herramienta predictiva que mejor se adapte al Top Drive.....	55
Figura 4.16 Análisis de aceite a componentes dinámicos del Top Drive.....	58
Figura 4.17 Análisis de grasa a rodamiento abierto del Top Drive.....	60

CAPÍTULO I

El Problema

1.1. Ubicación geográfica de la empresa

PDVSA, Distrito Sur San Tomé, está ubicado en el Municipio Freites en la Región Centro – Sur del Estado Anzoátegui abarcando parte de la Región Centro – Oeste del Estado Monagas y parte de la Región Sur del Estado Guárico; Comprende un área de aproximadamente 24.000 Km². Posee un potencial de producción de 250.000 barriles diarios de petróleo, y conforma una gran variedad de instalaciones petroleras, que van desde los patios de almacenamiento de crudo, hasta las estaciones de descarga, flujo, plantas de inyección de aguas, vapor y plantas de gas, que integran el mayor complejo gasífero del país. Esta ubicación se puede observar en la figura 1.1

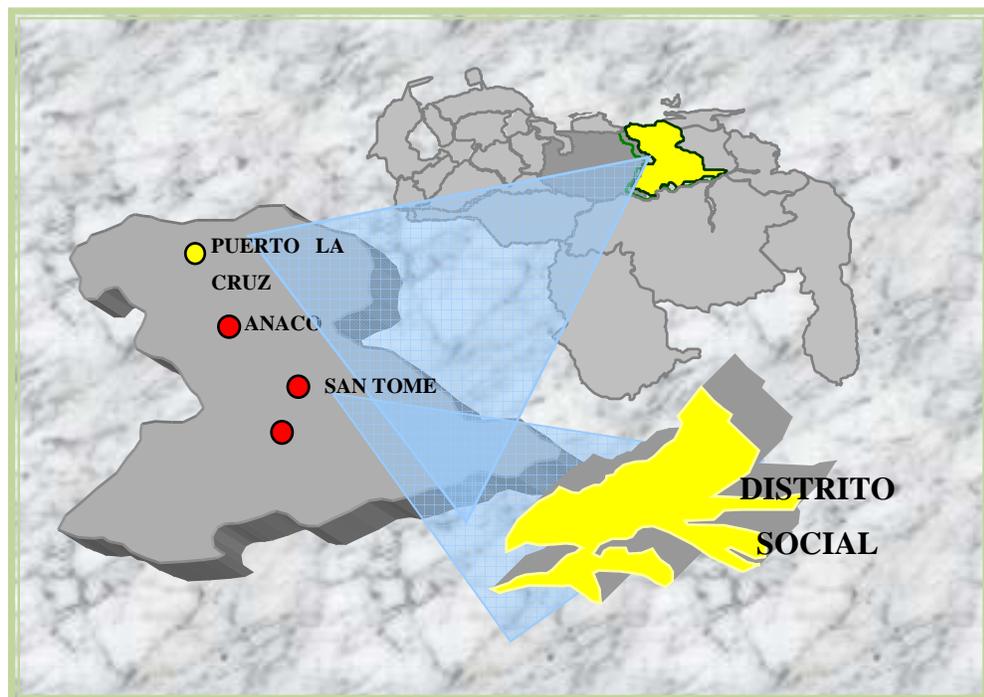


Figura 1.1. Ubicación geográfica de PDVSA Distrito San Tome.

Fuente: Grave L.. Año 2004.

1.1.2 Reseña histórica de PDVSA servicios

La empresa fue constituida el 27 de diciembre de 2007 por parte de la casa matriz Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA), con el propósito de ser la opción nacional e internacional para satisfacer las necesidades de servicios especializados en construcción y mantenimiento de pozos petroleros, operación de taladros, registros eléctricos, sísmica, fluidos de perforación y cementación y estimulación.

En Venezuela PDVSA Servicios ha garantizado la continuidad operacional con el servicio a pozos en las cuatro regiones del negocio de Exploración y Producción como son Oriente, Occidente, Centro Sur y Costa Afuera.

Estructura organizativa del departamento de perforación.

La estructura organizativa del departamento de perforación está conformada principalmente por una superintendencia, secretaria, un líder de mantenimiento, un líder de programación, un líder de suministro y logística, un ingeniero inspector, y la coordinación de mantenimiento. En la figura 1.2 se encuentra el esquema organizativo del departamento.

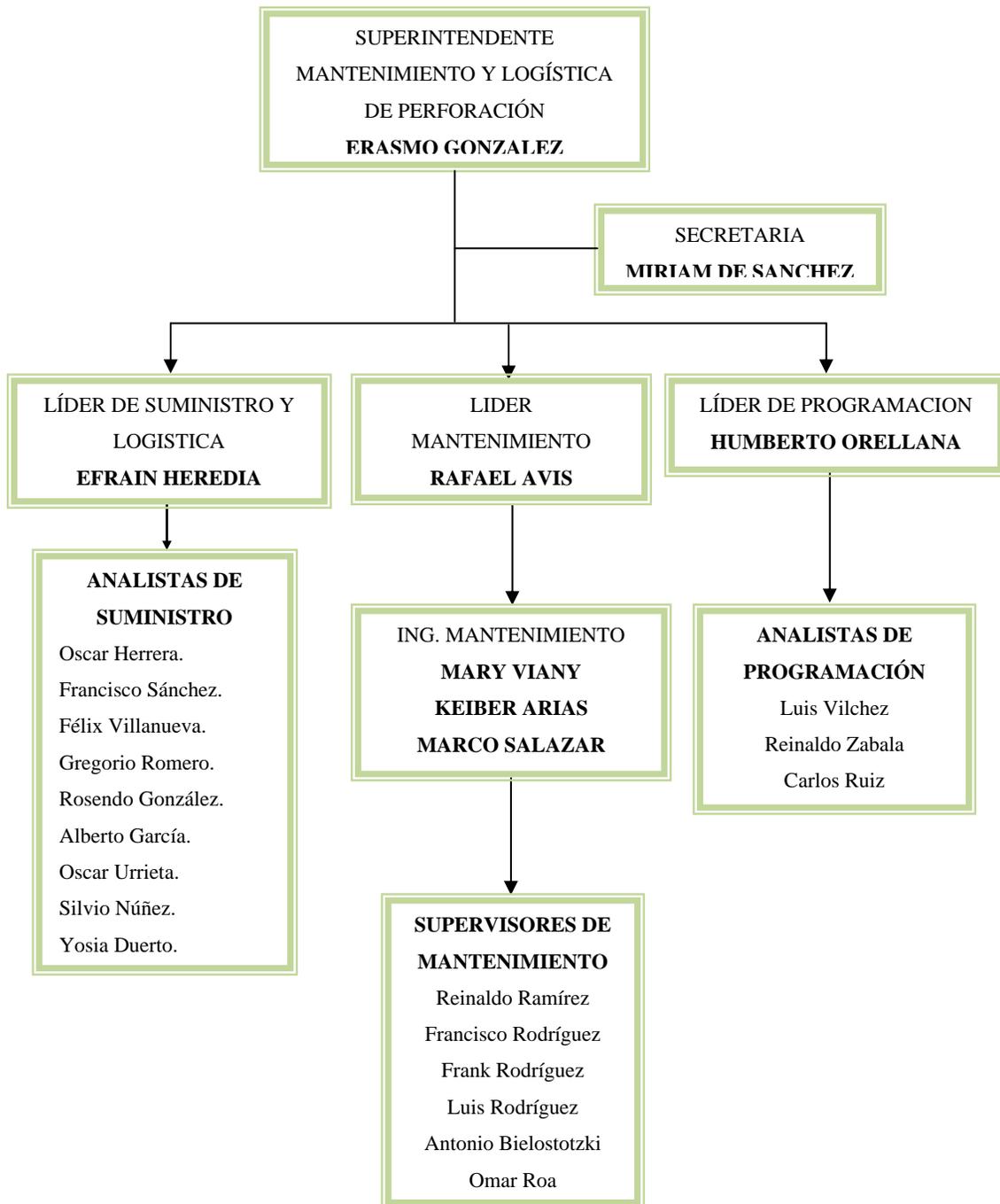


Figura 1.2. Estructura organizativa de la gerencia de operaciones de mantenimiento de taladros.

Fuente: Gerencia de MTTO. de taladros PDVSA SAN TOME.

1.2. Planteamiento del problema

Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (**PDVSA**), empresa estatal venezolana, se dedica a la explotación, producción, refinación, petroquímica, mercadeo y transporte del petróleo venezolano.

Los taladros son equipos que tienen como propósito principal realizar un hoyo en el suelo y sub-suelo, entre los cuales se destaca el Top Drive.

El Top Drive, es uno de los equipos de mayor relevancia en los trabajos que realiza el taladro, éste es el encargado de transmitir la potencia y torque a la sarta de perforación y esta a su vez a la mecha de perforación, apoyado por un motor, el cual hace girar al eje que se encuentra acoplado a una caja de engranajes ubicada en la zona media del Top Drive. Además del sistema de rotación descrito, posee un sistema que permite la circulación del lodo de perforación, cuenta con un sistema de cilindros hidráulicos accionados por un flujo de aceite que se mantiene presurizado, estos cilindros o comúnmente llamados “gatos hidráulicos” le permiten al equipo movimientos en diversas direcciones, con lo cual se mejoran los tiempos de trabajo y se obtiene mayor precisión en los ángulos de penetración.

Actualmente el Top Drive del taladro PDV-02, presenta falla en el accionamiento del equipo, es decir no llega a encender (no gira) por razones que el personal desconocen. Entre los principales factores que influyen en la ocurrencia de esta falla y que se desconozca la posible causa es, la ausencia de un plan de mantenimiento que se adapte a las condiciones de uso de dicho equipo, aunado a que las recomendaciones del fabricante son muy generales, es decir no se hace específica en componentes; lo cual ha traído consecuencias para la empresa como son la pérdida de producción debido a paradas no planificadas del Top Drive, generándose un exceso de correctivos, lo cual es negativo en cualquier escenario productivo por el retraso causado, el pago de horas-hombre sin beneficio para la organización.

Con la presente investigación se busca proponer mejoras de mantenimiento al Top Drive del taladro PDV-02, mediante la aplicación del Análisis Causa Raíz y el

uso de herramientas predictivas. Para tal fin se tiene como punto de partida, el diagnostico del estado actual del equipo, para posteriormente realizar un Análisis de Causa Raíz (ACR) buscando determinar las causas por la cual se presentan fallas en el equipo, seguidamente se aplicó la herramienta predictiva que mejor se adaptó al contexto operacional que ejecuta el equipo, continuando con la reestructuración de los planes de mantenimiento existentes para el Top Drive basado en las recomendaciones provenientes de A.C.R y la herramienta predictiva que se adaptó, para finalizar con la propuesta de mejoras de mantenimiento al Top Drive.

1.3. Objetivos.

1.3.1 General

Proponer mejoras de Mantenimiento al Top Drive del taladro PDV-02, mediante la aplicación del Análisis Causa Raíz y el uso de herramientas predictivas.

1.3.2 Específicos

1. Diagnosticar el estado actual en que se encuentra el equipo de perforación Top Drive.
2. Determinar mediante un Análisis Causa Raíz (ACR), las causas por la cual se presentan las fallas en el Top Drive.
3. Aplicar la herramienta predictiva que mejor se adapte al contexto operacional del Top Drive.
4. Reestructurar los planes de mantenimiento existente para el Top Drive, basado en las recomendaciones del A.C.R. y la Herramienta Predictiva que se adapte.
5. Proponer mejoras de mantenimiento al Top Drive, mediante la aplicación de un A.C.R. y el uso de la herramienta predictiva que se adapte.

CAPÍTULO II

Marco teórico

2.1. Antecedentes.

- ✓ **Medina R. Año 2008. Universidad de Oriente** Trabajo de grado donde se diseñaron prácticas operativas para herramientas que permiten la perforación direccionada, estas prácticas operativas se realizaron identificando el contexto operacional de las herramientas. En esta tesis se presentaron inconvenientes debido a registros de fallas manipulado, sin embargo se logró el objetivo, diseñar las practicas operativas. Esta investigación, aporta información sobre el proceso de perforación direccionada, importante para entender las operaciones realiza el Top Drive.[1].
- ✓ **Jiménez L. Año 2007. Universidad De Oriente.** Trabajo de grado, en el cual se propuso un sistema de gestión de lubricantes de equipos industriales que incluye facilidades de selección, almacenaje y manipulación de lubricantes. Aquí se obtuvieron resultados relacionados a la recopilación de los métodos de almacenamiento, propiedades bases de selección del lubricante de cajas de engranajes, sistemas hidráulicos, turbinas, compresores y motores diesel. Se realizaron propuestas de algoritmos y flujogramas de gestión de lubricantes y control de mantenimiento. Aportando información valiosa sobre el proceso de lubricación y de los diversos usos de los lubricantes lo cual es de utilidad para la reestructuración de planes de mantenimiento en equipos dinámicos.[2].
- ✓ **Grave L. Año 2004 Universidad Gran Mariscal de Ayacucho.** Trabajo de grado en el cual se, procedió a la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, en el cual se encuentran las acciones a ejecutarse, todo esto basado en indicadores de mantenimiento como lo es la confiabilidad. Generando valiosa y complementaria información sobre la implementación de planes de mantenimiento.[3].

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mantenimiento

El mantenimiento representa el conjunto de actividades que permiten mantener un equipo, sistema o instalación en condición operativa, de tal forma que cumplan con las funciones para las cuales fueron diseñados y asignados, o restablecer dicha condición cuando esta se pierde. [4].

Existen dos tipos de mantenimiento las cuales son:

2.2.2. Mantenimiento preventivo

Es aquel que consiste en un grupo de tareas planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los activos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, alargar sus ciclos de vida, mejorar la eficiencia de los procesos. [5]

A su vez el mantenimiento preventivo posee los siguientes tipos de mantenimiento:

- a) **Mantenimiento sistemático:** Son actividades establecidas en función del uso del equipo (Horas, kilómetros, etc.)
- b) **Mantenimiento condicional:** Actividades basadas en seguimiento del equipo mediante diagnóstico de sus condiciones.
- c) **Mantenimiento de ronda:** Vigilancia regular a frecuencias cortas.
- d) **Mantenimiento predictivo:** Monitoreo de condiciones y análisis del comportamiento de los equipos para predecir intervención, según niveles de admisibilidad. [6]

Organización para el mantenimiento predictivo.

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- ✓ Vibración de cojinetes.
- ✓ Temperatura de las conexiones eléctricas.
- ✓ Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor.

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se logra mediante la toma de lecturas (por ejemplo la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente falle. [5]

Ventajas del mantenimiento predictivo:

- Las fallas se detectan en sus etapas iniciales por lo que se cuenta con suficiente tiempo para hacer la planeación y la programación de las acciones correctivas (mantenimiento correctivo) en paros programados y bajo condiciones controladas que minimicen los tiempos muertos y el efecto negativo sobre la producción y que además garanticen una mejor calidad de reparaciones.
- Las técnicas de detección del mantenimiento predictivo son en su mayor parte técnicas "on-condition" que significa que las inspecciones se pueden realizar con la maquinaria en operación a su velocidad máxima. [5]

Entre las técnicas utilizadas en el mantenimiento Predictivo están las siguientes:

- ✓ **Análisis de Vibraciones Mecánicas:** La vibración mecánica es el parámetro más utilizado universalmente para monitorear la condición de la máquina,

debido a que a través de ellas se pueden detectar la mayoría de los problemas que ellas presentan. La vibración medida en diferentes puntos de la máquina se analiza utilizando diferentes indicadores vibratorios buscando el conjunto de ellos que mejor caractericen la falla. Entre los indicadores vibratorios que incluyen los programas de monitoreo continuo se encuentran entre otros: el espectro, la medición de fase de componentes vibratorias, los promedios sincrónicos y modulaciones.

Un cambio en la vibración básica de una máquina, suponiendo que está funcionando en condiciones normales, será indicativo de algún defecto incipiente que se está dando en alguno de sus elementos, provocando un cambio en las condiciones de funcionamiento de la misma. En la **figura número 2.1**, se aprecia un ejemplo básico de lo que se observa durante un análisis de vibraciones a equipos dinámicos de distintas velocidades de giro. [7]

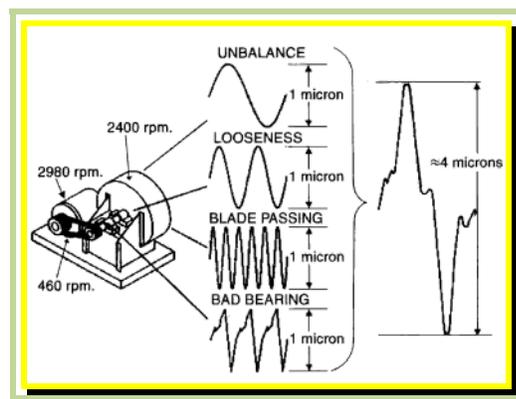


Fig. 2.1. Ondas de vibración de una máquina rotativa, con componentes girando a distintas velocidades.

Fuente: “Fundamentos para el análisis dinámico”. Jesús Valenzuela. (2004)

✓ **Medición y análisis de ondas de alta frecuencia:** Las técnicas de medición de señales de alta frecuencia, son complementarias al análisis de vibraciones y pretenden detectar algunos tipos de fallas que se producen en los equipos y que no son posibles de diagnosticar con los métodos tradicionales de análisis de vibraciones de las frecuencias bajas. De las técnicas ampliamente

utilizadas, se pueden nombrar las siguientes: Destellos de energía, conocido como *Spikes* de energía, Análisis de las ondas de choque (*SPM*), análisis de las emisiones acústicas, ultrasonido, entre otras. Los problemas que se pueden detectar son variados, y van desde la detección incipiente de fallas en las pistas de los rodamientos, hasta la detección de fugas en trampas de vapor o de aire comprimido en estanques a presión. [8]

✓ **Análisis de la Corriente Eléctrica:** Se considera el análisis de corriente como una herramienta de apoyo al análisis vibratorio, en la evaluación de la condición de motores de inducción. El análisis de corriente consiste en medir la corriente, mediante un amperímetro de tenazas alrededor de cada una de las fases del motor. La corriente medida se introduce entonces al analizador de vibraciones para el análisis de su espectro. Se debe tener presente, que existen problemas mecánicos como el desbalanceamiento, desalineamiento o flexión del eje, que hacen que el entrehierro varíe entre el rotor y estator, produciendo fuerzas y vibraciones electromagnéticas, siendo en verdad, un problema de origen mecánico. [8].

✓ **Análisis por ultrasonido.** Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano. Ultrasonido pasivo: Es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos. Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

El Ultrasonido permite:

- Detección de fricción en máquinas rotativas.
- Detección de fallas y/o fugas en válvulas.
- Detección de fugas de fluidos.
- Pérdidas de vacío.
- Detección de "arco eléctrico".
- Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente. [8].

✓ **Análisis de Aceites:** El análisis de aceite consiste en una serie de pruebas de laboratorio que se usan para evaluar la condición de los lubricantes usados o los residuos presentes. Al estudiar los resultados del análisis de residuos, se puede elaborar un diagnóstico sobre la condición de desgaste del equipo y sus componentes. Estos análisis se ejecutan dependiendo de la necesidad, según: **Análisis Iniciales:** se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación, **Análisis Rutinarios:** aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros, **Análisis de Emergencia:** se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y/o Lubricante, según:

- Contaminación con agua
- Sólidos (filtros y sellos defectuosos).
- Uso de un producto inadecuado
- Equipos
- Bombas de extracción. [8].

Los objetivos por lo que se realiza un análisis de lubricantes son los siguientes:

- Control de la degradación del lubricante.
- Monitorear daño mecánico de componentes. (desgaste).
- Control de contaminantes por sólidos, fluidos o gases.

- Verificar que se está usando el lubricante adecuado. [8]

Lubricación: Lubricación es un proceso mediante el cual se intercala un fluido en forma de película delgada, entre las piezas metálicas que están en contacto y en movimiento. La lubricación de un motor es, sin lugar a dudas, la operación de mantenimiento más importante y cuidadosa que debe dársele a una máquina cualquiera. [9].

Las **funciones básicas** de un lubricante son: reducción de la fricción, disipación del calor y dispersión de los contaminantes. El diseño de un lubricante para realizar estas funciones es una tarea compleja, que involucra un cuidadoso balance de propiedades, tanto del aceite de base como de los aditivos. [9].

Periodo de servicio de un lubricante: Se denomina período de servicio de un lubricante al tiempo entre cambios de aceite. Este período de drenaje depende de diverso factores como por ejemplo: Condiciones de operación, requerimientos del equipo y características del lubricante. [10].

Grasas, Una grasa es un lubricante sólido o semi – fluido. Esta constituido por un lubricante liquido y un agente engrosador. También se puede definir como una dispersión coloidal de un jabón metálico en un aceite mineral. El jabón es a su vez obtenido como consecuencia de la reacción de un ácido graso sobre una base metálica. [10].

Composición de las grasas:

- ✓ Base lubricante 80% - 95%.
- ✓ Espesante 02% - 15%.
- ✓ Aditivos 00% - 10%. [10].

El espesante, es la esponja que mantiene el aceite en el lugar preciso para lubricar las piezas y el sello contra los contaminantes del medio ambiente. [11]

A continuación en la **Figura 2.2**, se podrá notar las características de protección según el tipo de espesante que posea la grasa.

Espesante	Resistencia contra Agua	Resistencia contra alta Temperatura	Punto de Goteo °C	Velocidad
Calcio	Excelente	Muy Pobre	80 a 100	Pobre
Sodio	Pobre	Marginal	170 a 200	Pobre
Litio	Bueno	Bueno	175 a 205	Bueno
Complejo de Litio, Calcio, o Aluminio	Excelente	Excelente	>260	Bueno
Arcilla	Excelente	Sobresaliente	No Gotea	Bueno
Poliurea	Excelente	Excelente	>250	Sobresaliente

Figura 2.2. Características de los lubricantes dependiendo del tipo de espesante utilizado en su fabricación.

Fuente: “Lubricación”. Díaz J. (2004)

Funciones y características de las grasas lubricantes:

- ✓ Disminuir el desgaste; Propiedades antidesgaste y de extrema presión.
- ✓ Proteger contra la corrosión y herrumbe.
- ✓ Servir como sello para prevenir entrada de contaminantes; rechazo al agua.
- ✓ Ser compatible con elementos sellantes.
- ✓ Mantener su estructura y consistencia durante largos periodos de uso.
- ✓ Mantener las características físicas durante el almacenamiento.
- ✓ Permitir libre movimiento de las partes a bajas temperatura; Resistencia al calor.
- ✓ Tolerar algún grado de contaminación sin una pérdida significativa de su comportamiento.

El uso generalizado de las grasas como lubricantes es:

- ✓ Reducir salpicaduras.
- ✓ Disminución de frecuencias de lubricación.
- ✓ Para operaciones intermitentes.
- ✓ Suspender aditivos sólidos.

- ✓ Cuando existen condiciones extremas.
- ✓ Cuando la reducción de ruidos es importante. [11].
 - ✓ **Termografía.** La Termografía infrarroja es una técnica no destructiva y sin contacto, por medio de la cual, se hace visible la radiación termal o energía infrarroja que un cuerpo emite o refleja. Esto permite visualizar las distribuciones superficiales de temperatura. Las aplicaciones son muy amplias para el control de temperatura y detección de fallas, se utiliza en equipos eléctricos fundamentalmente, pero también en equipos mecánicos, control de procesos, refrigeración, aislaciones de sistemas de fluidos, edificios y estructuras, etc. Las fallas típicas que hacen aumentar la temperatura son la fricción, exceso o falta de lubricante, chispas eléctricas, etc. [8].
 - ✓ **Otras técnicas.** Debido a que existen máquinas con características de diseño y funcionamiento muy diferentes, se ha hecho necesario investigar en nuevas técnicas de análisis que permitan su diagnóstico confiable. Entre las máquinas rotatorias que no son susceptibles de diagnosticar confiablemente con las técnicas de análisis “tradicionales”, están las máquinas de velocidad y carga variable, las máquinas de baja velocidad (menos de 600rpm) y las máquinas de muy alta velocidad. Por ejemplo para las máquinas de velocidad variable se ha incluido en algunos equipos comerciales una función llamada “*Análisis de Orders*” o “*Order Tracking*”, para el análisis espectral, sin embargo, se ha visto que tienen limitación cuando la velocidad varía rápidamente. Otro ejemplo son las máquinas de baja velocidad las cuales comúnmente generan vibraciones de niveles muy bajos que no son posibles de analizar debido al nivel de ruido inherente en la cadena de medición y por tanto es necesario desarrollar tanto, instrumentos y sensores con menor ruido inherente como también técnicas de procesamiento para el tratamiento de ruido de las señales periódicas. [8].

Los sistemas de adquisición de datos (*SAD*), han permitido desarrollar instrumentos más versátiles adaptados a las necesidades de los usuarios. Se pueden

desarrollar desde sistemas sencillos para adquisición de datos para una sola máquina, hasta todo un completo sistema de monitoreo de una planta industrial. Las componentes fundamentales de un *SAD* son: 1). Computador Personal, 2). Transductores, 3). Acondicionador de señales, 4). Hardware de Adquisición y 5). Software. [8].

2.2.3. Mantenimiento correctivo

Es una actividad que se realiza luego de la ocurrencia de falla. El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en llevar a los equipos después de ocurrida la falla, a sus condiciones originales, por medio de restauración o reemplazo de componentes o partes del equipo, debido a desgastes daños o roturas. [6].

2.2.4. Plan de Mantenimiento

Se trata de la descripción detallada de las tareas de Mantenimiento Preventivo asociadas a un equipo o máquina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, se habla de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas. [12].

2.2.5. Falla.

Se dice que un componente o equipo ha fallado cuando: Llega a ser completamente inoperante, puede todavía operar pero no puede realizar satisfactoriamente la función para la cual fue diseñado, y cuando por serios daños es inseguro u uso. Es decir, cuando no puede o ha perdido la capacidad para cumplir su objetivo a satisfacción, ya sea en cantidad, calidad u otra oportunidad. [6].

2.2.6. Análisis Causa Raíz.

El Análisis de la causa raíz (ACR) es una técnica estructurada que se centra en encontrar la causa verdadera de un problema y en lidiar con ella, en lugar de

simplemente ocuparse de sus síntomas. El Análisis de la causa raíz es un procedimiento para comprobar y analizar las causas de los problemas, para determinar cómo estos problemas se pueden solucionar, o prevenir que ocurran. [13].

Para realizar el **Análisis de Causa Raíz** a fondo, se debe ir más allá de los componentes físicos de la falla o raíces físicas y analizar las acciones humanas o raíces humanas que desataron la cadena causa –efecto que llevó a la causa física, lo cual implica analizar por qué hicieron eso, si debido a procedimientos incorrectos, a especificaciones equivocadas o a falta de capacitación, lo cual puede sacar a la luz raíces latentes, es decir deficiencias en el gerenciamiento, que de no corregirse, pueden hacer que la falla se repita nuevamente. [13]

El Análisis de Causa Raíz es un proceso de deducciones lógicas que permite graficar las relaciones que nos conducen a descubrir el evento indeseable o causa raíz.

Las principales ventajas de esta herramienta son:

- ✓ Reducción del número de incidentes o fallas.
- ✓ Disminución de los costos de Mantenimiento.
- ✓ Aumento de la Eficiencia y la Productividad. [14]

En la **figura 2.3**, se muestra un ejemplo simple de análisis causa – raíz.

2.2.7. Equipo Natural de Trabajo

Es un grupo multidisciplinario que pertenece a una organización y trabaja en conjunto durante un periodo de tiempo para solucionar problemas específicos, con ayuda del valor agregado que suministra cada miembro para mejorar la gestión a corto plazo. Este equipo tiene la responsabilidad de realizar el estudio, para determinar los requerimientos de operaciones y mantenimiento. [3].

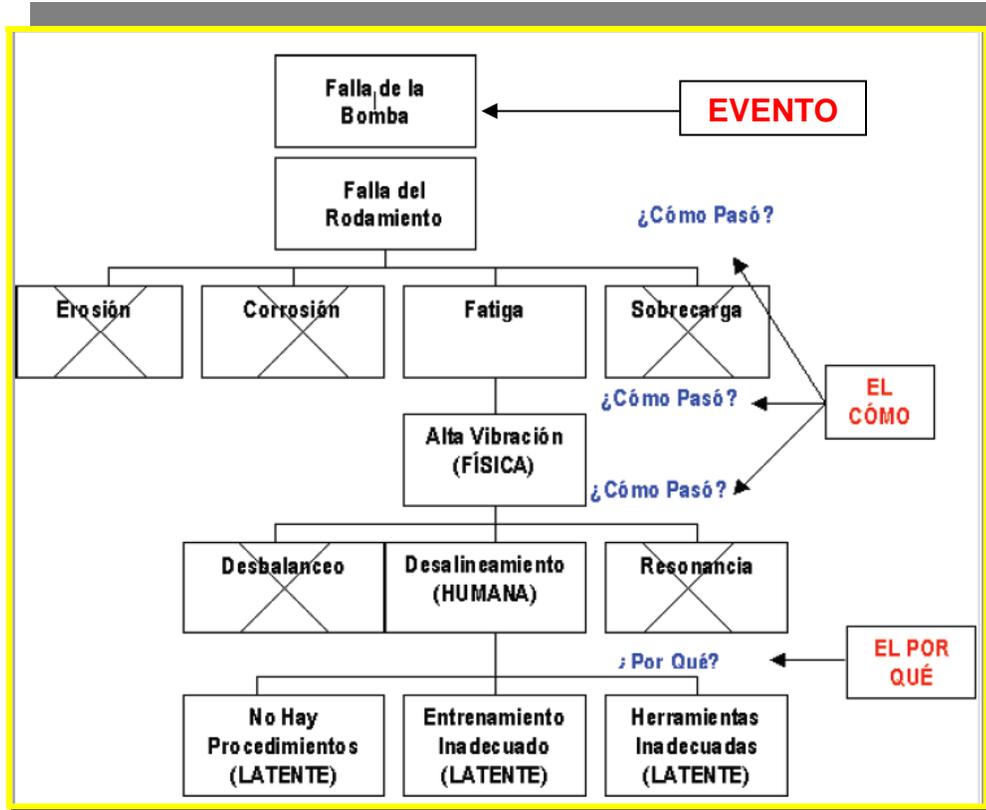


Figura.2.3. Ejemplo de aplicación de un Análisis Causa – Raíz a una falla en específico.

Fuente: “Análisis Causa – Raíz, Estrategia de confiabilidad operacional”. Palencia Oliverio. (2005)

2.2.8. La perforación de un pozo.

Se hace con el principal fin de extraer hidrocarburos del subsuelo, para esto se utilizan taladros denominados exploratorios en primera instancia, los cuales son taladros de pequeñas dimensiones cuya función principal es abrir un hoyo a través del cual se podrán realizar estudios, y de esta manera poder determinar si existe hidrocarburos, estimar la cantidad presente, de forma tal de establecer su rentabilidad. Dichos estudios contienen variada información: perforación, perfilaje del pozo abierto, obtención de muestra y cementación. [15].

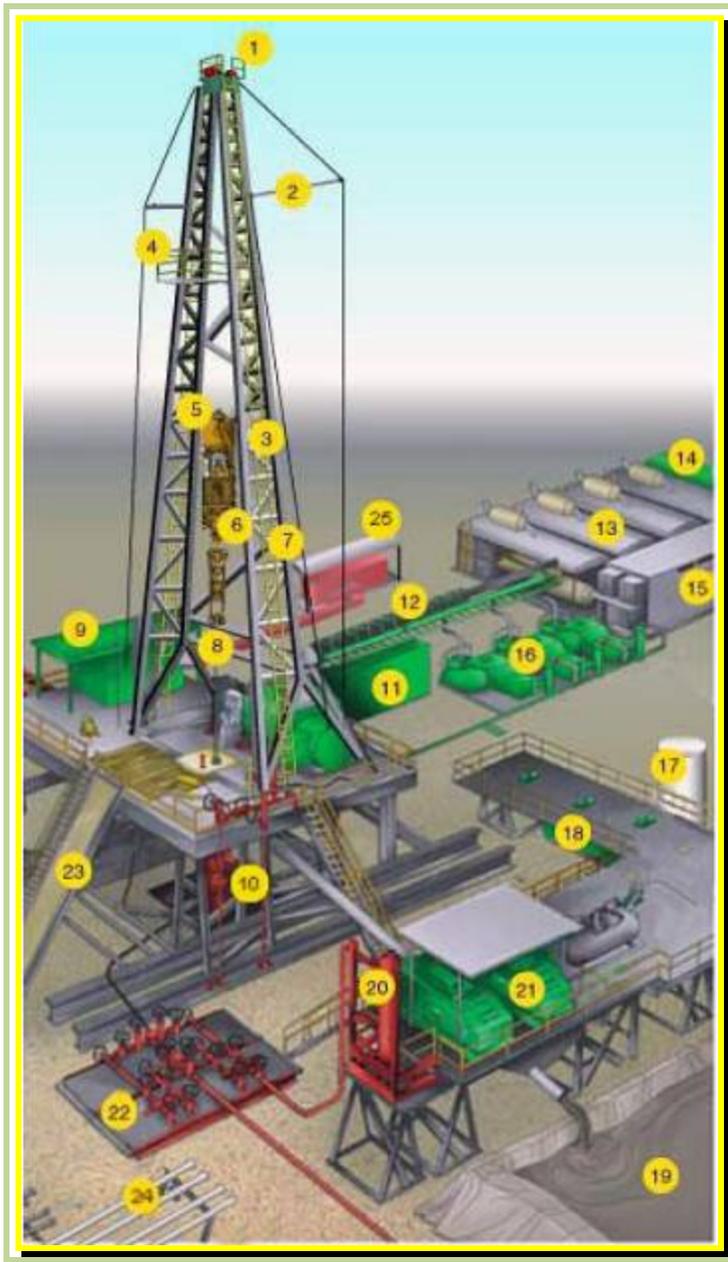
La etapa de perforación se inicia realizando la selección del taladro a utilizarse, dicha selección se realiza basado en las características del pozo a perforar, como por ejemplo el tipo de suelo así como del taladro adecuado para realizar el pozo. Se considera para la selección del taladro la potencia del mismo, así como otras especificaciones técnicas.

Seguido a la selección del taladro esta el acondicionamiento del terreno mediante la construcción de "planchadas" y los caminos de acceso, puesto que el equipo de perforación moviliza herramientas y vehículos voluminosos y pesados. Hay diversas formas de efectuar la perforación, pero el modo más eficiente y moderno es la perforación rotatoria o trepanación con circulación de barro. [15]

Los taladros de perforación poseen diversos sistemas los cuales son los que permiten su operación y funcionamiento, estos sistemas son:

- a) **Sistema de potencia.**
- b) **Sistema de levantamiento.**
- c) **Sistema de control.**
- d) **Sistema de transmisión.**
- e) **Sistema de rotación.**
- f) **Sistema de circulación.**
- g) **Sistema de seguridad.**

Los diversos componentes de estos sistemas se presentan en la **figura 2.4.** mostrada a continuación. [15]



- 1) Bloque corona, 2) Cable de seguridad, 3) Cable de acero, 4) Encuelladero, 5) Bloque viajero, 6) Top Drive, 7) Torre o cabria, 8) Tubería, 9) Casilla del perforador, 10) Equipamiento de BOP de hoyo, 11) Tanque de agua, 12) Sostén de cables, 13) Generadores eléctricos, 14) Tanque de aceite, 15) Casa de fuerza, 16) Bomba de lodo, 17) Tanque de barita, 18) Tanque de líquido de perforación, 19) Depósito de líquido de perforación, 20) Deshidratador, 21) Tamiz vibrador, 22) Conjunto de tubos moderadores, 23) Muelle, 24) Soporte de tubería, 25) Depósito de energía.

Figura.2.4. Esquema de componentes de un taladro de perforación rotaria.

Fuente: “Manual adiestramiento de perforación”. (PDVSA). (2004)

2.2.9. Sistema de potencia.

La función principal del sistema de energía es proporcionar energía a todo el equipo. Este se compone por el motor diesel, el motor AC de frecuencia variable y otros aparatos de protección y control. En la **Figura 2.5**, se muestra un motor utilizado en el taladro PDV-02 como generador de energía. [16]



Figura. 2.5. Motor Diesel (Generador eléctrico).

Fuente: Autor.

2.2.10. Sistema de Levantamiento.

La función del sistema de elevamiento es la elevación y baja de la tubería, baja del casing, control de la presión de perforación e inyección de la barrena, cuyos componentes son: el malacate, el freno auxiliar, el bloque corona, el bloque viajero, el gancho, el cable de acero, la llave mecánica, el elevador, el clamp, la cuña, y la máquina de transportación de tuberías, etc. [16]

El malacate es el núcleo del sistema de elevamiento, siendo una de las tres máquinas más importantes en el funcionamiento del equipo de perforación. En la **Figura 2.6** se encuentra el malacate que forma parte del sistema de levantamiento.



Figura. 2.6. Malacate.

Fuente: Autor.

2.2.11. Sistema de control.

La función del sistema de control y los medidores de inspección es dirigir y controlar los equipos de trabajo para que estos estén concertados, supervisar el funcionamiento de los aparatos sobre tierra, tomar los parámetros del pozo y realizar el control de vía de hoyo. A continuación en la **Figura 2.7**, se presenta un diagrama de control de comunicación de equipos del taladro (Control computarizado). [15]

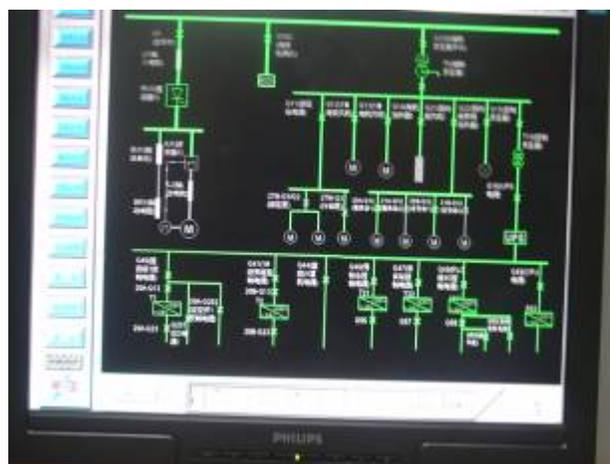


Figura. 2.7. Diagrama de control de comunicación del taladro.

Fuente: Autor.

2.2.12. Sistema de transmisión, La función del sistema de transmisión es conectar los equipamientos de energía y de trabajo, realizar la transmisión y repartición de energía como también el cambio de la forma del movimiento. Sus componentes son: reducción de velocidad, cambio de velocidad, sincronización, retroceso y el dispositivo de transmisión eléctrica. [16]

2.2.13. Sistema de circulación, Su función principal es forzar la circulación del líquido de perforación, limpiar el fondo del pozo y los residuos de roca, proteger la pared del pozo y proporcionar líquido dinámico de alta presión a la tubería de rosca. Sus componentes principales son: la bomba de lodo, el múltiple de tubos de alta presión en tierra, los equipos de control sólido de lodo y los aparatos de coordinación. En la **figura 2.8.** se encuentra tres bombas de lodo las cuales forman parte del sistema de circulación del taladro. [16]



Figura. 2.8. Bombas de lodo.

Fuente: Autor.

2.2.14. Sistema de seguridad, Formado por válvulas impide reventones (BOP), cuya función principal es controlar mecánicamente una arremetida que si no se controla a tiempo puede convertirse en un reventón. A continuación en la **Figura 2.9,** se muestra parte del sistema de seguridad del taladro. [16]



Figura.2.9. Válvulas de seguridad (Previene reventones).

Fuente: Autor.

2.2.15. El sistema de rotación, es aquel que permite girar la sarta de perforación y que la mecha perfora un hoyo desde la superficie hasta la profundidad programada. Está localizado en el área central del sistema de perforación y es uno de los componentes más importantes de un taladro. Sus componentes principales son: la mesa rotatoria, el swivel, el Top Drive ó comando superior, el tubo de perforación, mecha de perforación y el portamechas o lastrabarrenas. La mesa rotatoria y el Top Drive son el núcleo del sistema de rotación, siendo a su vez el núcleo de los más importantes tres sistemas de trabajo del equipo de perforación. [15], [16].

2.2.16. El Top Drive es un dispositivo rotatorio instalado dentro del espacio de la torre y suspendido por el bloque viajero. Combinando el swivel convencional, el motor de perforación y equipado con el dispositivo de estructura novedosa para enroscar y desenroscar la tubería, esta hace girar la tubería directamente desde la parte arriba de la torre, guiar y bajar la tubería a lo largo de la vía especial para completar la perforación rotatoria, la perforación invertida, la circulación de fluido de perforación, la conexión de tubería de perforación, bajar el casing, enroscar y desenroscar tubería, etc. El equipo a su vez debe de ser capaz de soportar los

máximos requerimientos de potencia y torque a las mayores profundidades del pozo, así como cuando se hacen cambios en la dirección de la perforación (se cambia de perforación vertical a horizontal o inclinada), a su vez estos cambios de dirección se realizan para facilitar la extracción del hidrocarburo. [15].

El Top Drive es una de las cuatro tecnologías (Top Drive, freno hidráulico de disco, bomba hidráulica de perforación y propulsión con frecuencia variable) desarrolladas desde los años 80 del siglo pasado en el área de equipo de perforación. Las prácticas de perforación ya han demostrado las ventajas sobresalientes del Top Drive incluyendo un ahorro de 20% a 25% del tiempo de perforación, reduce significativamente la accidentalidad de perforación, evita eficazmente reventones, tiene eficiencia y beneficio económico cuando se perforan pozos profundos, superprofundos, inclinados o direccionados y complicados. En la **figura 2.10** se muestran las partes y componentes principales del Top Drive. [15].

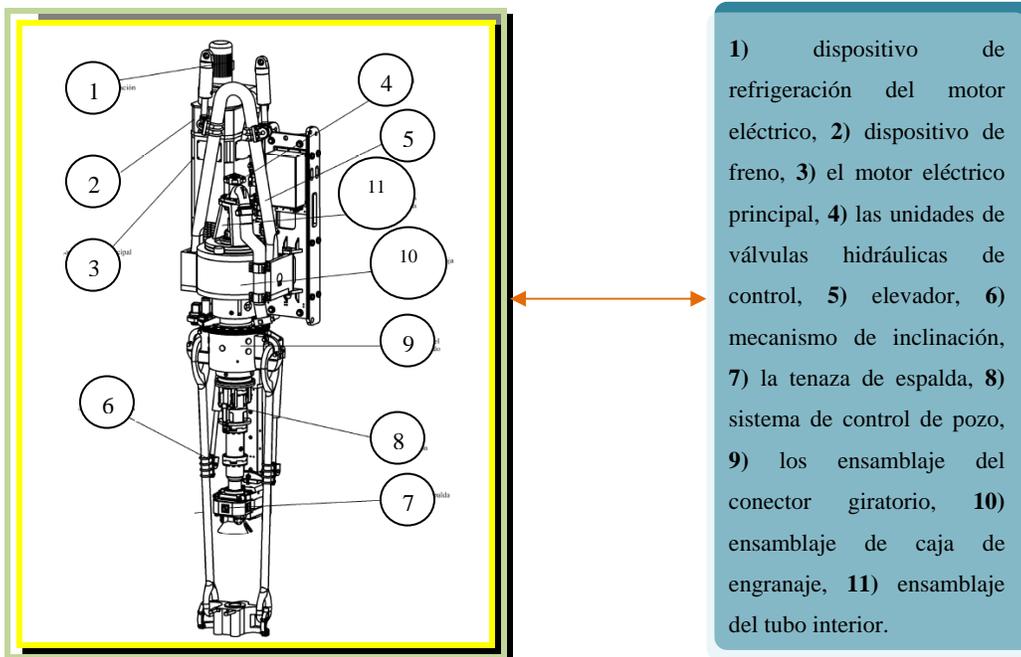


Figura. 2.10. Esquema descriptivo de algunos componentes del Top Drive.

Fuente: Manual adiestramiento de perforación (PDVSA). (2004)

CAPÍTULO III

Marco metodológico.

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Según el nivel de conocimiento

Desde el punto de vista del tipo de investigación según el nivel de conocimiento, el presente trabajo es de tipo **descriptivo**, debido a que se realizó caracterización, descripción, registro e interpretación de la problemática presente, sirviendo para ordenar, agrupar y sistematizar lo concerniente al trabajo de investigación.

3.1.2. Según el diseño

Se aplicaron una serie de estrategias para resolver la problemática planteada, por lo tanto se recurrió a dos tipos de investigación: **Documental y de campo**.

La **investigación documental** se adoptó debido a la cantidad de información que fue necesaria para la realización del proyecto, tales como análisis e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos en fuentes documentadas (impresas, audiovisuales o electrónicas), buscando en todo momento el aporte de conocimientos.

La **investigación es de campo**, ya que se recolectaron datos directo del equipo investigado, sin manipulación o control de las variables consideradas

3.1.3. Según el propósito

Es de tipo **aplicada**, debido a que se puso en práctica diversos conocimientos adquiridos durante el periodo académico comprendido por los 10 semestres previos a la tesis de grado, sumados a la investigación de documentos y trabajos previos, para de esta manera proponer mejoras de mantenimiento a la organización y encontrar solución al problema planteado.

3.2. Poblacion y muestra

3.2.1. Población.

En activos, comprendida por el **Top Drive** del taladro **PDV-02**, incluyendo sus diversos componentes, casa de fuerza, unidad hidráulica, sistema de refrigeración, sistema de freno motor eléctrico, etc.

En recursos humanos, la cual esta comprendida por el personal encargado de mantenimiento a taladros, incluyendo desde mantenedores hasta superintendentes de mantenimiento, en total suman **cincuenta (50) personas**.

3.2.2. Muestra.

En activos, la muestra tomada es de igual magnitud a la población total.

En recursos humanos, la muestra viene dada por el personal que en específico su labor se relaciona con el **Top Drive del taladro PDV-02**, y por poseer mayor experiencia en equipos de perforación, en total son once **(11) personas**.

Entre estas, se encuentran personal especialista en mantenimiento de Top Drive **(03)** personas, Un **(01)** Ingeniero Electricista capacitado en equipos de

perforación con gran experiencia en campos de perforación, dos **(02)** Ingenieros de mantenimiento industrial especialistas en mantenimiento de equipos de perforación y de elaboración de planes de mantenimiento, dos **(02)** técnicos electricistas encargados de realizar mantenimiento e inspecciones rutinarias al equipo en sus componentes eléctricos en el campo, y dos **(02)** técnicos en mantenimiento mecánico los cuales realizan las labores de mantenimiento e inspecciones rutinarias en los sistemas mecánicos del equipo, un **(01)** Ingeniero Mecánico, con conocimiento en equipos dinámicos y tareas de mantenimiento en equipos industriales, que ocupara las labores de organizar y planificar los estudios realizados al Top Drive, además del autor de esta investigación como **Facilitador**.

3.4. Etapas de la investigación

Etapa I. Revisión Bibliográfica. En esta primera etapa se procedió a la búsqueda de información en manuales, libros, revistas, internet, bitácoras, trabajos de grado previos, acerca de lo concerniente a los taladros de perforación, y específicamente del Top Drive, así como de las diversas técnicas de mantenimiento predictivo existentes en la actualidad.

Etapa II. Diagnóstico del estado actual en que se encuentra el equipo. En esta segunda etapa se ejecutaron inspecciones al equipo para obtener características técnicas tales como capacidad, dimensiones, además de establecer el estado actual en que se encuentra, así como inspeccionar el tipo de ambiente en el cual realiza la operación, para de esta manera poder determinar con suficiente base el estado en que se encuentra el Top Drive.

Etapa III. Determinación Mediante un ACR, de las Causas por las cuales se Presentaron las Fallas en el Top Drive. En esta etapa se procedió a investigar las raíces físicas, humanas y latentes, que pudieron ocasionar las fallas del

Top Drive, para de esta manera fomentar la toma de decisiones y acciones de mantenimiento en etapas posteriores.

Etapa IV. Aplicación de una Herramienta Predictiva que más se adapte al contexto operacional del Top Drive. En esta etapa se procedió a la aplicación de la técnica predictiva que mejor se adapte al contexto en que opera el equipo proveniente de las recomendaciones del A.C.R, bien sea por disponibilidad, accesibilidad y beneficios para la organización empresarial (PDVSA) y para la **Universidad De Oriente.**

Etapa V. Reestructuración de los Planes de Mantenimiento existente para el Top Drive, basado en las recomendaciones del A.C.R. y la Herramienta Predictiva que se adapte. En esta etapa, se procedió a la reestructuración de los planes de mantenimiento existentes para el Top Drive, tomando como base las recomendaciones arrojadas por el Análisis Causa Raíz y los resultados procedentes de las pruebas realizadas con la herramienta predictiva seleccionada, identificando para ello la frecuencia de las actividades, y así reducir las ocurrencias de fallas y mejorar la productividad del equipo.

Etapa VI. Propuesta de Mejoras de Mantenimiento al Top Drive, mediante la aplicación de un A.C.R. y el uso de la Herramienta Predictiva que se adapte. En esta etapa, se realizaran las propuestas a la empresa, para lograr que el mantenimiento del Top Drive en estudio mejore, y en consecuencia poder disminuir las ocurrencias de fallas y obtener el mayor aprovechamiento del equipo.

Etapa VI. Conclusiones y Recomendaciones. Conclusiones y recomendaciones provenientes del análisis de los resultados obtenidos para el desarrollo del trabajo.

CAPÍTULO IV

Desarrollo del trabajo

4.1 Diagnostico del estado actual del equipo de perforación Top Drive

4.1.1 Especificaciones técnicas

Existen diversos modelos de Top Drive, variando de diseño (según fabricante) así como de potencia y fuente de energía. Algunas de las características técnicas del Top Drive del taladro PDV-02, más resaltante son las que se mencionaran en la **tabla 4.1**.

El Top Drive consta de tres sistemas principales los cuales son: **Sistema Hidráulico, Sistema de Control y Sistema de Potencia**, estos son sistemas independientes a los que posee el taladro en si. Cada uno de estos sistemas posee una serie de componentes que lo conforman y tienen sus funciones en específico, por ejemplo:

El Sistema de Hidráulico, esta compuesto por la unidad hidráulica del Top Drive, así como las mangueras que transmiten el fluido hidráulico a los cilindros hidráulicos del Top Drive, de igual manera se encuentran las electroválvulas como parte de este sistema hidráulico.

El Sistema de Control, el cual esta conformado por **PLC** así como otros instrumentos de control, los cuales están en su mayoría dispuestos en la casa de fuerza del Top Drive, y posee cables de comunicación entre esta casa de fuerza y el Top Drive propiamente dicho.

El Sistema de Potencia, esta conformado por los transformadores y rectificadores de energía eléctrica lo cuales tienen la función de llevar a los requerimientos que tenga el Top Drive la energía suministrada por los generadores de energía del taladro. Estos componentes se encuentran dispuestos en la casa de fuerza del Top Drive.

En la **figura 2.10**, del capítulo II, se encuentra un esquema descriptivo de algunos componentes del Top Drive, entre esos componentes se encuentran los siguientes:

- **Dispositivo de refrigeración:** Es un dispositivo disipador de calor, que utiliza el giro del motor eléctrico para hacer girar en su mismo eje un aspa, la cual hace que aumente el flujo de aire, y se disipe el calor ayudado por el diseño de aletas del dispositivo. En la **figura 4.1**, se observa el dispositivo de refrigeración para el motor principal el cual se encuentra en buen estado de funcionamiento y en su exterior, no ha presentado fallas hasta la fecha, la flecha roja muestra los disipadores de calor.

- **La unidad de válvulas hidráulicas de control:** son una serie de electroválvulas, las cuales responden a estímulos eléctricos que permiten abrir o cerrar el paso del fluido (aceite), para de esta manera generar el movimiento del sistema de gatos hidráulicos necesarios para la mejora del proceso de perforación. En la **figura 4.2**, se aprecia la unidad de válvulas hidráulicas de control en el Top Drive, las cuales aparentemente en su exterior se encuentran en buenas condiciones, además de no ser causantes de paradas en el equipo hasta la última fecha de inspección.

Tabla 4.1. Especificaciones técnicas del Top Drive del taladro PDV-02.

Fuente: Autor.

GERENCIA DE MANTENIMIENTO DE TALADROS		
DISTRITO SOCIAL SAN TOME.		
FICHA TECNICA TOP DRIVE	Sistema Internacional de	Sistema Ingles de
DQ70BC	unidades.	unidades.
Capacidad:	500 Toneladas.	1.102.311,31 Lb
Masa neta:	11,5 Toneladas.	25.353,16013
Tipo de motor:	Eléctrico.	
Voltaje:	600 V	
Velocidad de Giro:	0 – 220 RPM	
Potencia nominal:	400 HP	
Torque de perforación:	50 KN.m	36.900 Lbf.ft.
Torque de desenrosque:	75 KN.m	55.300 Lbf.ft.
Presión de circulación del lodo:	35 MPa	5000 psi.
Presión del sistema hidráulico:	16 MPa	2.280 psi.
Altura del cuerpo:	5.9 m	19.5 ft.
Profundidad de perforación nominal:	7000 m	22.965,88 ft.
Angulo de inclinación del brazo inclinado:	30° hacia adelante y 55 ° hacia atrás.	



Figura. 4.1. Dispositivo de refrigeración del Motor Principal del Top Drive.

Fuente: Autor.



Figura. 4.2. Electro-válvulas de control y sus respectivas conexiones.

Fuente: Autor.

- **Ensamblaje de caja de engranaje:** Es un diferencial de engranaje el cual convierte el giro suministrado por el motor eléctrico, en mayor torque, para esto tiene un diseño específico de los engranajes. Utiliza aceite para su lubricación.

- **Sistema de control de pozo:** son unas válvulas de seguridad IBOP, utilizadas para evitar reflujos del lodo de perforación por diferencia de presión, así como de arremetidas del pozo a causa de elevadas presiones en la perforación, en el caso puntual del Top Drive del taladro PDV-02, estas presentaban imperfecciones internas, las cuales se solucionaron realizando una sustitución del tramo que presentó desperfectos. Se pueden observar en la **figura 4.3** la ubicación de las IBOP en el Top Drive.



Figura. 4.3. Sistema de Válvulas de Control de pozo.

Fuente: Autor.

A su vez el Top Drive, posee dos (02) unidades externas en la parte trasera del taladro ubicadas en el suelo, dichas unidades tienen funciones específicas cada una, involucrando tecnología de avanzada para el monitoreo y control del equipo, así como un sistema hidráulico de presión continua, estas dos unidades externas son:

a) La casa de fuerza, es la unidad donde se encuentran los componentes de control del equipo, así como los componentes eléctricos necesarios para adaptar los parámetros a los requerimientos del equipo, en esta unidad se realiza principalmente la búsqueda de soluciones a las fallas que se presentan, puesto que el sistema automatizado puede detectar si el problema es por alguna mala conexión o si algún

sensor detecta alguna falla. En la casa de fuerza se ha realizado varias reparaciones y sustituciones de componentes electrónicos, como tarjetas de control entre otros. A través de la **figura 4.4**, se observa la conexión de los cables de potencia y control del Top Drive desde la casa de fuerza, estos cables transmiten la energía necesaria para el accionamiento del equipo (los cables de potencia) así como permiten la comunicación del sistema de control entre el Top Drive y la casa de fuerza del equipo.



Figura. 4.4. Conexión de cables de potencia y control en la casa de fuerza del Top Drive.

Fuente: Autor.

A continuación en la **figura 4.5**, se muestran algunos componentes electrónicos presentes en el sistema de control del Top Drive, que se encuentran ubicados en la casa de fuerza.



Figura. 4.5. Tarjeta electrónica de control presente en la casa de fuerza.

Fuente: Autor.

b) La unidad hidráulica, es una unidad conformada por dos bombas centrifugas un tanque de aceite, sensores, acumuladores de presión y otros componentes, es la encargada de suministrar la presión hidráulica al Top Drive, para la activación y uso de los cilindros hidráulicos que posee el equipo, en las inspecciones que se han realizado se aprecia el buen estado y funcionamiento de estos equipos, los cuales no han sido causales de parada del equipo. A través de la **figura 4.6**, se muestra el interior de la unidad hidráulica y algunos equipos que la componen. En la parte externa de la unidad hidráulica se encuentran dispuestos un trío de manómetros, los cuales permiten el monitoreo por parte del personal de la presión que sale de la unidad hidráulica, esta presión debe estar aproximadamente en un valor de 2.200 Psi. En la **figura 4.7** se muestran los manómetros presentes en el exterior de la unidad. Dos manómetros son para la medición de la presión de las dos bombas y el tercero para la medición de la presión existente en el acumulador.

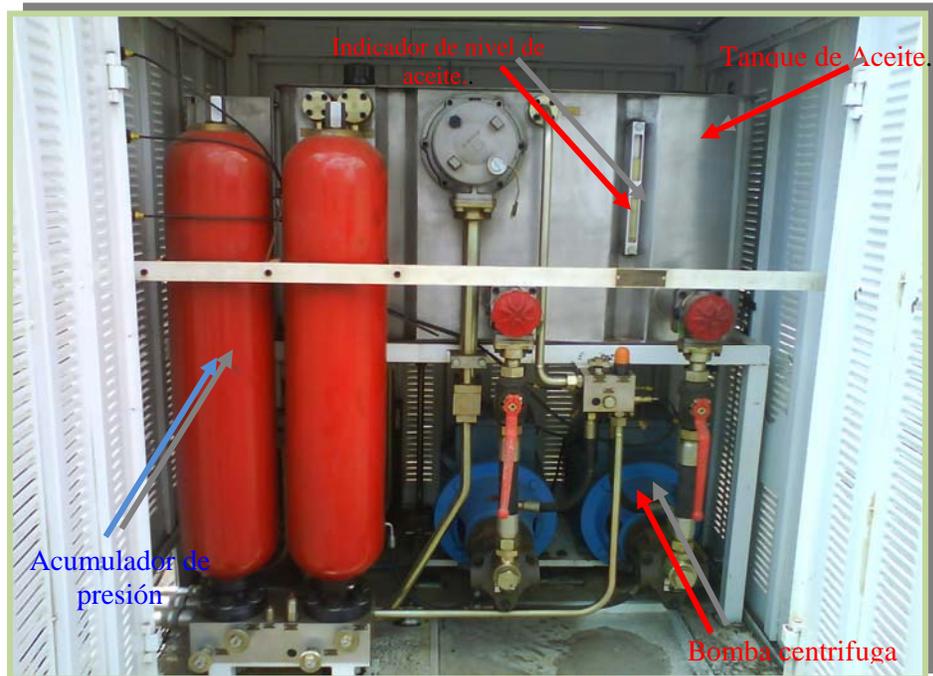


Figura. 4.6. Interior de la unidad hidráulica y los diversos equipos que la conforman.

Fuente: Autor.



Figura. 4.7. Manómetros presentes en la parte externa de la unidad hidráulica del Top Drive.

Fuente: Autor.

4.1.2 Situación actual.

El Top Drive del taladro PDV-02, actualmente tiene *Mil veintiséis (1026) horas de operación* para la fecha de la última inspección realizada en el tiempo de estudio (19/05/2009), en las cuales ha perforado seis (06) pozos los cuales son: MFC-036, MFB-786, MFB-788, MFA-789, MFA-249, MFA-251, distribuidos en tres zonas estratégicas, Bare, Carapa y Arecuna. Durante este período de vida el equipo a presentado fallas menores, en el sistema de control del freno del equipo y otras fallas (Las cuales se desconoce en detalle debido a que el Top Drive no cuenta con un histórico de falla individual del resto del taladro), en la actualidad presenta falla con el accionamiento del equipo, es decir que el equipo no llega a generar torque, la causa de esta falla es totalmente desconocida por el equipo de mantenimiento del taladro. Se han realizado inspecciones a diversos componentes del Top Drive en busca del inconveniente, sin tener éxito.

Mediante inspección visual directa, se puede constatar que el equipo en líneas generales se encuentra en buen estado, sin embargo necesitando actividades de mantenimiento, como por ejemplo se observó deterioros en mangueras del sistema de accionamiento hidráulico, así como pintura externa defectuosa en algunas partes, producto de la operación que realiza el equipo. El equipo de mantenedores encargado de realizar las labores, explica que este activo posee una rutina diaria básica, entre las cuales se incluyen labores de limpieza, e inspección, y que para la ejecución de mantenimientos de mayor magnitud generalmente se espera a una parada del taladro (el taladro realiza paradas aproximadamente cada 3 o 4 meses) para evitar demoras de operación.

Como se puede constatar en la **figura 4.8**, el equipo externamente no presenta señales de daño alguno, por tanto en su exterior el equipo se encuentra en buen estado.



Figura 4.8. Top Drive del taladro PDV-02 en posición horizontal y vista lateral derecha, desmontado del sistema de transmisión, para realizar mudanza de taladro.

Fuente: Autor.

En la **figura 4.9**, se muestra el Top Drive del taladro PDV-02 desde otro ángulo visual.



Figura 4.9. Top Drive del taladro PDV-02 en posición horizontal y vista lateral izquierda, desmontado del sistema de transmisión, para realizar mudanza de taladro.

Fuente: Autor.

Con las **figuras 4.8 y 4.9**, se constata que el equipo exteriormente no posee desperfectos aparentes.

Al realizarse inspecciones a la parte interna del motor principal del Top Drive, se encontró grasa, lo cual es una situación poco común, debido a que la presencia de esta en dicho lugar puede ocasionar fallas en el equipo. La **figura 4.10**, constata el estado del motor principal cuando se realizó la inspección visual, la flecha roja apunta donde se encuentra la grasa acumulada.

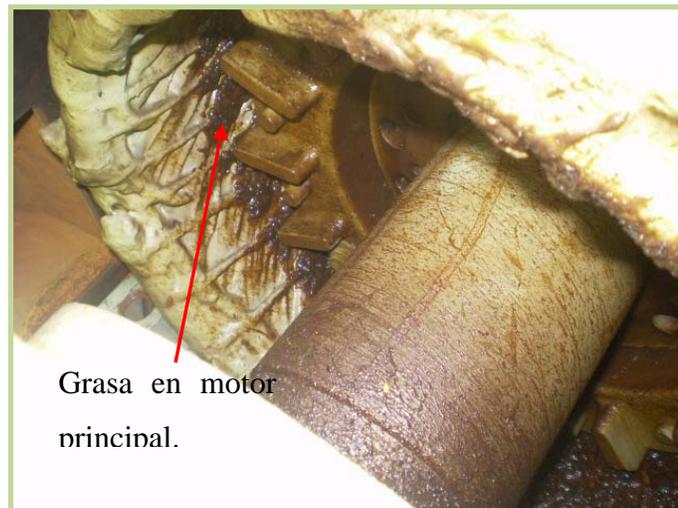


Figura 4.10. Rotor motor eléctrico principal del Top Drive.

Fuente: Autor.

Este exceso de grasa es un indicativo que el mantenimiento, no se está realizando de forma eficiente, por lo que se dio pie a este trabajo de investigación

para documentar las aptitudes y carencias del mantenimiento que actualmente se le realiza al Top Drive.

A partir de este momento se realizaron revisiones a los planes de mantenimiento utilizados, buscando en ellos la mayor información posible, para luego establecer, si el plan de mantenimiento se encuentra acorde con los requerimientos del equipo o las fallas son ocasionadas por mala ejecución del personal que realiza las labores de mantenimiento.

Se puede observar en la **figura 4.11**, como se encuentra un cable de control del Top Drive en el suelo y a la intemperie, lo cual puede ser causante de fallas de comunicación entre los equipos de control presentes en la casa de fuerza, y el Top Drive.



Figura 4.11. Cables de control del Top Drive, en la superficie donde se realiza la operación.

Fuente: Autor.

4.1.3 Ambiente operacional.

El clima ambiental donde el equipo opera, es un clima tropical como en todo el territorio venezolano, en esta zona se presentan básicamente dos estaciones, verano e invierno. Al ser el Top Drive un equipo netamente de campo, esta expuesto a la intemperie de la naturaleza, debiendo soportar cambios de temperaturas, así como la humedad en periodos lluviosos, por lo que su superficie externa debe estar siempre cubierta y protegida con pinturas resistentes a los estragos de la naturaleza.

Generalmente la zona donde el taladro se ubica para realizar la perforación, son zonas arenosas, lo cual genera suciedad en partes y componentes del equipo, los cuales se requiere que se encuentren libres de suciedad. En la **figura 4.11**, presentada previamente se observan cables de comunicación del sistema de control del equipo, en el suelo. Se aprecia como es un suelo arcilloso que presenta facilidad de expandirse en el ambiente, y con esto “contaminar” o ensuciar componentes importantes para el funcionamiento del equipo.

En la **figura 4.12**, presentada a continuación, se observa las condiciones del suelo arcilloso presente en la localización donde se encuentra perforando el taladro.

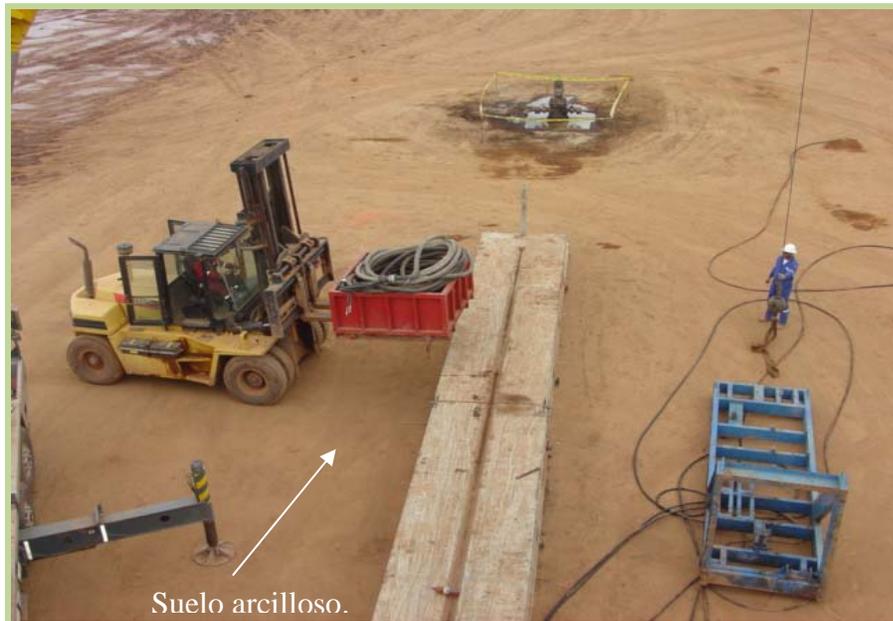


Figura 4.12. Imagen de las condiciones del suelo en el lugar de trabajo del equipo.

Fuente: Autor.

Cuando equipos, circulan por las adyacencias de la planchada, se produce una gran nube de polvo, pudiendo esto influir en el funcionamiento de componentes como las bombas centrífugas del sistema hidráulico, debido a que en su eje de giro se acumula suciedad ocasionando falla.

Completando el diagnostico del estado actual del equipo, se determina que en su parte exterior se encuentra en buen estado, sin embargo las mangueras presentan deterioro en su superficie externa sin muestra de fugas, algunas raspaduras en la pintura protectora de óxidos.

El Top Drive, carece de un histórico de fallas individual al resto del taladro, el registro que se lleva es un histórico de operaciones del taladro en el que se toman nota las operaciones realizadas por el taladro, y cuando éste se detiene en forma imprevista. En tal sentido, todo esto dificulta las labores de planificación y mejoras de

mantenimiento, debido a que no se tiene con certeza que componente falló, el tiempo fuera de servicio ni la causa de la falla.

La falta de información referente a las fallas históricas del equipo, trae como efecto la realización de una serie de entrevistas no estructuradas al personal encargado de realizar el mantenimiento en el campo con el fin de establecer a su juicio cuales son las fallas de mayor incidencia en el equipo. Entre las respuestas que ellos brindaron de los componentes que fallaron se encuentran:

- **Falla por temperatura de freno:** El equipo arroja una alarma en la consola de operación impidiendo el accionamiento del equipo, al inspeccionar el equipo se encuentra todo “normal”, se procede a revisar el sistema de control, donde se observa un desperfecto con un componente electrónico y se solventa, pero sin realizar especificación del método que se realizó para solventarlo, ni qué componente en específico falló.
- **Falla por fugas:** Fugas de aceite, en los conectores de las mangueras de circulación de fluido hidráulico para el accionamiento de los cilindros hidráulicos.
- **Falla en arranque del equipo:** El equipo luego de una mudanza de localidad, posterior a su instalación no acciona, se revisa todo el sistema, encontrándose fallas de instalación del cableado de control.

Para el personal entrevistado estas son las fallas que en específico ha presentado el Top Drive, presentando recurrencia de éstas antes de ser solventados los inconvenientes.

La falla de mayor impacto para la organización se presenta en la actualidad con el impedimento de accionamiento del motor principal. Se dice que es la de mayor impacto en cuanto a tiempo fuera de operación perdido, debido a que el equipo pasa mucho tiempo fuera de servicio cuando esta se presenta.

4.2 Determinación mediante un análisis causa raíz (acr), de las causas por la cual se presentan las fallas en el top drive.

En base al desconocimiento de la falla presentada en el accionamiento del equipo, se pretende por medio de un Análisis Causa Raíz determinar la causa de la falla, solventarla y realizar las propuestas para minimizar la recurrencia de esta. Los cargos ejecutivos de la gerencia de mantenimiento de taladro, establecen la conformación de un **Equipo Natural de Trabajo**, con la intención de realizar el **Análisis Causa Raíz**, poniendo a su disposición, recursos de personal altamente capacitado en equipos de perforación, y los demás recursos que este equipo requiera para el desarrollo de la investigación.

El **Equipo Natural De Trabajo** se conformó en las instalaciones de mantenimiento de taladros base San Tome, y cuenta con un equipo profesional multidisciplinario. Los miembros del equipo natural de trabajo son:

- **Ingeniero electricista (01):** Ingeniero electricista, con alto conocimiento en los equipos de perforación y el mantenimiento al que son regularmente sometidos.
- **Ingeniero Mantenimiento Industrial (02):** Ingenieros con conocimientos en equipos de perforación y equipos dinámicos, además de conocimientos en la elaboración de planificación de mantenimiento.
- **Técnicos de campo (04):** Técnicos que se encuentran en el taladro, son los encargados directos de realizar el mantenimiento a los equipos de perforación.

- **Técnicos Especialistas en Top Drive (03):** Técnicos especializados en mantenimiento y reparaciones al Top Drive, con experiencia y conocimiento detallado de las funciones de cada componente y sus respectivos modos de fallas.

- **Tesista/Planificador (01):** Persona con conocimientos en equipos de perforación y mantenimiento, así como de técnicas de análisis de datos como por ejemplo: Diagramas causa – efecto, Análisis de Modos y Efectos de Fallas, Análisis causa - raíz, etc.

Establecido el **E.N.T**, y siendo todos miembros del equipo que labora en la **Operaciones de Mantenimiento de Taladros (O.M.T)**, se inician las labores de logística y ejecución de la construcción del **Análisis Causa - Raíz**, con el cual se pretende encontrar las causas concretas que originaron la falla del equipo, para su posterior análisis.

Basado en la experiencia del personal que conforma el E.N.T se obtuvo el diagrama mostrado en la **figura 4.13**, del cual se descartaran algunas hipótesis y encontrar la raíz del problema.

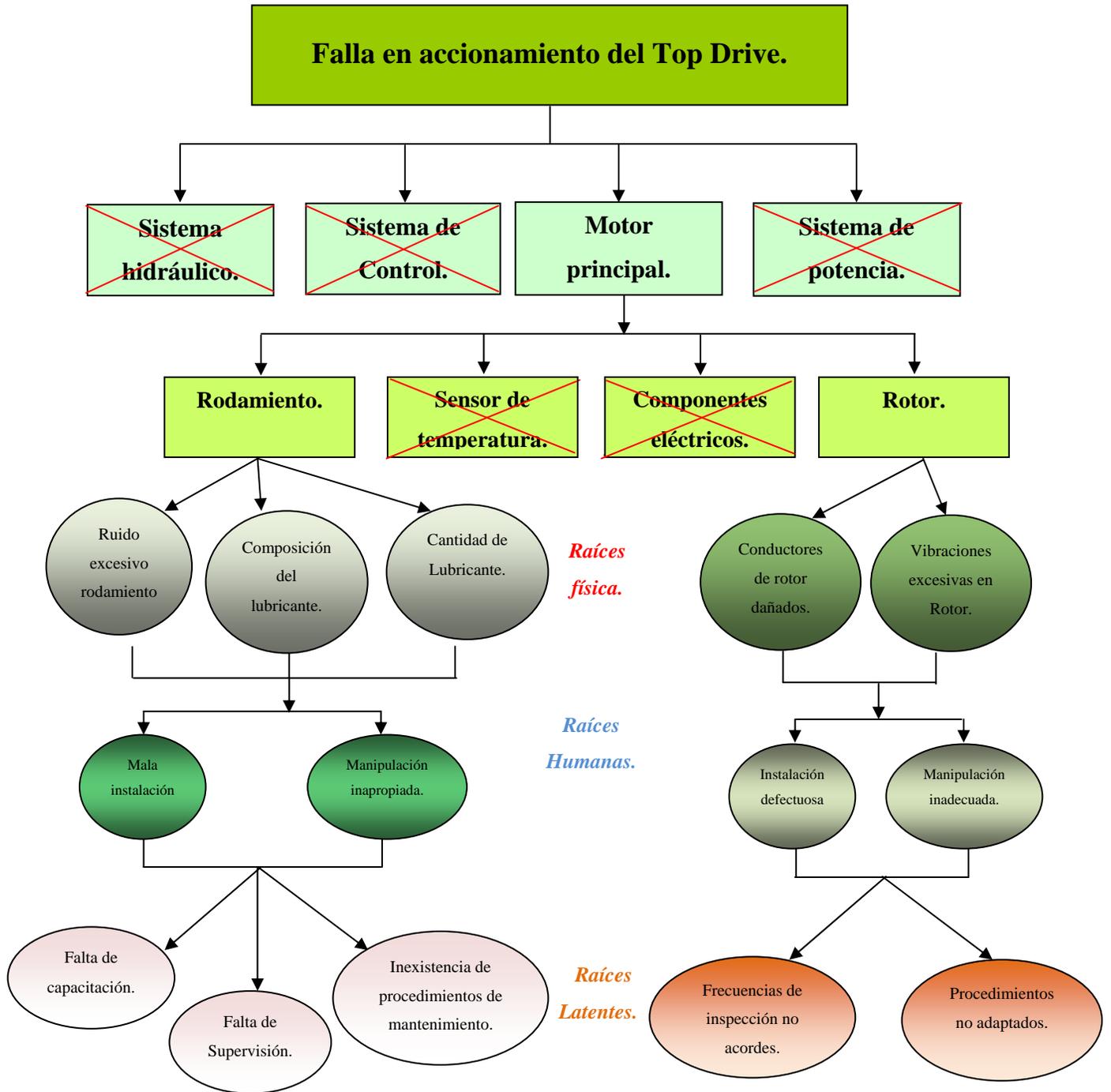


Figura 4.13. Esquema del Análisis Causa Raíz para la Falla de Accionamiento del Top Drive.

Fuente: Autor.

En la **figura 4.13** se encuentra el esquema del **análisis causa raíz**, con las hipótesis planteadas por el equipo natural de trabajo.

En el bloque superior se encuentra el evento, en este caso es la **falla en el accionamiento del Top Drive**, seguidamente se encuentran los modos por lo cual se produjo el evento, entre estos modos están *el Sistema Hidráulico, Sistema de control, Motor Principal, Sistema de potencia*. Analizando dichos modos independientemente, se tiene que el **Sistema Hidráulico** cuenta con diversos componentes en su sistema, los cuales en inspecciones realizadas al taladro, se verifica su correcto funcionamiento por lo que no posee fallas en la actualidad, resultando en descarte la posibilidad de abrir una investigación profunda, sobre este sistema en específico, *el Sistema de Control* es el encargado de monitorear los procesos que realiza el equipo, a este sistema se le realizaron una serie de pruebas de funcionamiento y respuesta, dichas pruebas muestran que los componentes de control funcionan exitosamente, por lo que se decide no profundizar en las inspecciones y el estudio del sistema.

El **Sistema de Potencia**, del Top Drive se encarga de suministrarle la energía necesaria al equipo para su accionamiento, a este sistema se le realizaron mediciones de los parámetros como por ejemplo voltajes de entrada y salida y dichos valores se encuentran en los valores normales del equipo por lo que no se realizan investigaciones mas profundas, El *Motor Principal*, es el que realiza la transformación de energía eléctrica en energía dinámica para la transmisión del torque necesario, en inspecciones al motor, se le observan anomalías en su parte interna, condiciones de trabajo distintas a las de diseño, basado en lo encontrado en las inspecciones se plantean una serie de **hipótesis** como posibles causas de la falla.

Las hipótesis que se presentan como posibles causantes de falla en el **motor principal** son: **Rodamientos, Sensor de Temperatura, Componentes Eléctricos**, y

el Rotor. De estas Hipótesis se descarta que sean los **Componentes Eléctricos**, debido a que se realiza inspección a dichos componentes sin encontrar muestra de anomalías, de igual manera al **Sensor de Temperatura** se le realizan inspecciones encontrándose que el sensor se encuentra en buen estado. En inspecciones a los **Rodamientos**, se obtienen evidencias de un mal funcionamiento, ruidos excesivos, así como cantidad de grasa lubricante excesiva y composición de ésta irregular, de igual manera el **Rotor**, presenta otros desperfectos como vibraciones excesivas. Seguidamente se apertura la búsqueda de las evidencias físicas, Humanas y latentes, que generan las hipótesis planteadas, encontrándose para cada caso lo siguiente:

Raíces físicas:

- **Para el Rodamiento:** Se aprecian ruidos excesivos y fuera de lo que se considera normal en los rodamientos, de igual manera se observa exceso de grasa lubricante, además de presentarse desbalance lo cual puede indicar desgaste en rolines.
- **Para el Rotor:** Los conductores del rotor se aprecian con agentes contaminantes externos lo cual puede inducir en una deficiencia en su condición de energía necesaria para que el motor realice sus funciones, anexo se presentan vibraciones excesivas en el rotor, originadas por algún desalineamiento o desbalance en el eje.

De estas raíces físicas, la composición y cantidad de lubricante genera mayor atención y cuidado para el E.N.T., ya que al tratarse de un equipo eléctrico, una mala lubricación puede determinar la falla en el accionamiento del Top Drive. Entre los principales argumentos presentados, se discute que al existir grasa en el motor (los rodamientos utilizados son abiertos, cuando se lubrica en exceso la grasa cae en el interior del motor) puede llegar a producir efectos que van desde, aumento en su

temperatura, hasta un corto circuito producto de la disminución del aislamiento, si el lubricante llegase a actuar como agente conductor de la energía.

Además de las raíces físicas, se continúa en la búsqueda de raíces humanas, y latentes, para lo cual se tiene:

Raíces Humanas:

- **Para el Rodamiento:** Se plantea la posibilidad de que el personal encargado de hacer la instalación del motor, tenga errores tanto en los ajustes necesarios para los rodamientos, así como una instalación defectuosa por alguna otra causa. Además de la posibilidad de una instalación defectuosa, se presenta una manipulación inadecuada por parte de los encargados de realizar las rutinas de mantenimiento.

- **Para el Rotor:** Se tienen como posibles raíces humanas una instalación defectuosa, así como una manipulación inadecuada para este componente.

Raíces Latentes:

Las raíces físicas y humanas derivan de las raíces latentes, involucrando la parte ejecutiva de la organización, entre estas raíces se tienen:

- Entre las fallas latentes, se presentan dos vertientes las cuales tienen que ver con la parte gerencial encargada de mantenimiento de taladros. Al presentarse falta de capacitación del personal que realiza las labores de mantenimiento, así como la posibilidad de inexistencia de procedimientos de mantenimientos detallados, que eviten que el personal pueda incurrir en equivocaciones de instalación y/o manipulación.

- Por otro lado se plantea la posibilidad de que existan los procedimientos, mas no sean adecuados para el equipo, recordando que los planes de

mantenimiento se tiene que ajustar a las condiciones de cada equipo, puesto que las condiciones varían de acuerdo al escenario en que se presente.

- La inclusión de herramientas de tipo predictivo en los planes de mantenimiento minimizan la ocurrencia de este tipo de fallas, puesto que estas herramientas permiten un monitoreo constante de las condiciones en que se encuentra el equipo.

A partir del esquema y las discusiones generadas para su conformación, se procede a plantear una serie de recomendaciones a la organización:

Recomendaciones provenientes del A.C.R.

- ✓ Investigar la composición de la grasa empleada para la lubricación del motor principal, de manera de establecer su conductividad eléctrica, viscosidad y otros parámetros necesarios para la utilización en equipos eléctricos.

- ✓ Establecer frecuencias de inspección que permitan evitar deterioros en los equipos que puedan acarrear paradas en el Top Drive.

- ✓ Revisar los procedimientos de mantenimiento utilizados por el personal, a manera de determinar el grado de información contenido en estos y así establecer acciones que permitan disminuir la recurrencia de fallas.

- ✓ Realizar cursos de capacitación al personal con regularidad, de manera de contar con un equipo de mantenimiento con conocimientos técnicos aptos para la solución de futuros incidentes, en esto se involucra la capacitación de personal específicamente para el Top Drive, puesto que es un equipo que posee gran diversidad de componentes y tecnologías entrelazadas.

- ✓ Utilizar metodologías o herramientas de mantenimiento preventivo, las cuales permitan a la organización monitorear las condiciones del equipo sin necesidad de detener el proceso.

- ✓ Realizar seguimiento a las labores establecidas de manera de verificar su fiel cumplimiento.

4.3 Aplicación de la herramienta predictiva que mejor se adapte al contexto operacional del top drive.

El **E.N.T.** luego de realizado el **A.C.R.**, propone la aplicación de una herramienta predictiva que permita a **PDVSA** y al personal encargado del mantenimiento obtener información sobre el estado en que se encuentra el Top Drive, condiciones de desgaste de componentes, dicha herramienta debe a su vez ser de fácil utilización, aplicación, y comprobada rentabilidad, tomando en cuenta que los taladros generalmente se ubican en zonas de difícil acceso y bajo condiciones naturales de intemperie.

Entre las raíces o causas de la falla encontradas en A.C.R. están evidencias de falta de monitoreo, (en el caso de la composición del lubricante empleado en los rodamientos) si se implementa alguna herramienta predictiva, se evitaría el colapso y consecuente parada imprevista del equipo.

La empresa **Tecnotest (especialista en mantenimiento basado en condición)** diseñó una tabla comparativa en la cual se especifica la adaptabilidad de las técnicas predictivas según el uso requerido, la tabla 4.2, muestra la recomendación diseñada por Tectonest.

Tabla 4.2. Recomendación de la empresa Tecnotest para la selección de tecnologías predictivas.

	Vibraciones	Termografía	Tribología	Ultrasonido.
Máquinas Rotativas: Motores, turbinas, compresores, bombas, cajas engranajes.....	✓✓✓✓	✓	✓✓✓✓	✓✓
Equipos Eléctricos: Paneles, líneas de alta tensión, cableado, transformadores.....	✗	✓✓✓✓	✗	✓
Equipos Estáticos: Tanques, tuberías.....	✓	✓✓	✗	✓✓✓✓
Equipos Térmicos: Hornos, calderas, intercambiadores de calor, columnas de procesos.....	✗	✓✓✓✓	✗	✓

Leyenda: ✓✓✓✓ Excelente ; ✓✓ Buena ; ✓ Regular; ✗ Poco Usada

Fuente: Tecnotest. (2006)

Analizando la tabla presentada y ubicando el Top Drive entre esos parámetros, se ubica dentro del renglón de máquinas rotativas. Según **Tecnotest**, para máquinas rotativas brindan **excelentes** resultados la técnica de **Análisis de Vibraciones**, y la **Tribología (medición de desgaste, análisis de lubricante)**, el **ultra sonido** brinda resultados **buenos**, mientras que la **Termografía** ofrece resultados **regulares**.

Al observar estas recomendaciones y adaptarlas al Top drive, surgen dos posibles herramientas a utilizar las cuales brindan en teoría excelentes resultados al aplicarse, sin embargo hay que hacer la salvedad de que el Top Drive es un equipo que gira a bajas revoluciones (Max. 220 RPM) por tanto no se generan espectros de vibratorios con la amplitud recomendables como para tomar esta herramienta como factor de relevancia en el mantenimiento del equipo. La **Termografía** y el **análisis por ultrasonido**, presentan beneficios limitados para la organización, dejando de esta manera **la tribología** como la más recomendable según el análisis dado a las recomendaciones de Tecnotest.

No obstante para la toma de decisión de cual herramienta predictiva se debe utilizar en este equipo, se plantea realizar una encuesta al personal de mayor experiencia y capacitación en el mantenimiento de Top Drive, para esto se les proveyó con anterioridad de material informativo, donde se explican los beneficios y carencias que presentan las distintas herramientas.

En las **figuras 4.14 y 4.15**, se observa la encuesta que se le realizó al personal miembro del E.N.T., por ser estos el personal con mayor experiencia y conocimientos en el mantenimiento de Top Drive y equipos de perforación en general, y a su vez tener el conocimiento de las condiciones ambientales que deben considerarse en campo. Dicha encuesta podrá servir de base para la selección de la herramienta a utilizarse en el equipo.

En la **Tabla 4.3**, se encuentran los resultados de la encuesta realizada, totalizando de esta manera el número de personas de acuerdo con el uso de determinada herramienta para de esta forma llegar a la toma de decisión, para su posterior aplicación. La elección se realizó basada en criterios operacionales, beneficios, costo, aplicabilidad en campo.



**GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS
SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA**

FECHA: _____

Pág. 1 de 2

UBICACIÓN: _____

CARGO: _____

TIEMPO DE EXPERIENCIA: _____

SUPERVISOR: _____

**ENCUESTA PARA ESTABLECER LA HERRAMIETA DE MANTENIMIENTO
PREDICTIVO A IMPLEMENTARSE EN EL TOP DRIVE DEL TALADRO PDV-02.**

MARQUE CON UNA X LA OPCION QUE A SU CRITERIO SE ADAPTA Y EL PORQUE DE SU ELECCION.

NOTA: ESCOGER SOLO UNA OPCION.

1) **ANALISIS DE VIBRACIONES** JUSTIFIQUE SU ELECCION:

2) **TERMOGRAFIA** JUSTIFIQUE SU ELECCION:

3) **ANALISIS DE ONDAS DE ALTA FRECUENCIA** JUSTIFIQUE SU
ELECCION: _____

Figura 4.14. Encuesta para determinar herramienta predictiva que mejor se adapte al Top Drive.

Fuente: Autor.



**GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS
SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA**

FECHA: _____

Pág. 2 de 2

UBICACIÓN: _____

CARGO: _____

TIEMPO DE EXPERIENCIA: _____

SUPERVISOR: _____

**ENCUESTA PARA ESTABLECER LA HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO
PREDICTIVO A IMPLEMENTARSE EN EL TOP DRIVE DEL TALADRO PDV-02.**

MARQUE CON UNA X LA OPCION QUE A SU CRITERIO SE ADAPTA Y EL PORQUE DE SU ELECCION.

NOTA: ESCOGER SOLO UNA OPCION.

4) ANALISIS DE CORRIENTE ELECTRICA JUSTIFIQUE SU
ELECCION: _____

5) ANALISIS POR ULTRASONIDO JUSTIFIQUE SU ELECCION:

6) ANALISIS DE LUBRICANTES JUSTIFIQUE SU ELECCION:

**Figura 4.15. Encuesta para determinar herramienta predictiva que mejor
se adapte al Top Drive.**

Fuente: Autor.

Tabla 4.3. Resultado de la selección de la técnica predictiva a utilizarse en el Top Drive.

Técnica predictiva	PERSONAL ENCUESTADOS	Numero personas que se consideran aplicable la técnica.	Porcentaje.
Análisis de Vibraciones.	10	3	30%
Termografía	10	0	0%
Análisis de ondas de alta Frecuencia.	10	1	10%
Análisis de Corriente eléctrica.	10	2	20%
Análisis por ultrasonido	10	0	0%
Análisis de lubricantes	10	4	40%

Luego de estudiada y discutida la encuesta realizada se fortalece la recomendación previamente establecida, por lo tanto el E.N.T. toma la decisión de utilizar como herramienta principal a incluirse en el mantenimiento el **Análisis de Lubricante**, sin embargo se decide complementarla con el **Análisis de Vibraciones** como herramienta secundaria para darle mayor fortaleza al mantenimiento predictivo en el Top Drive, todo esto con la finalidad de formar parte de las actividades de

mantenimiento al momento de la elaboración o reestructuración de planes de mantenimiento.

Entre los argumentos del porqué aplicar el análisis de lubricantes, es debido a que permite de manera fácil obtener una muestra para su análisis, el cual a su vez arroja condiciones de desgaste presentes en el equipo sin necesidad de realizarle paradas para inspecciones, el tiempo de reemplazo del lubricante, así como las propiedades que posee y los beneficios o carencias respecto al equipo, así como el análisis de vibraciones puede determinar desalineamientos en los ejes y fallas mayores.

El **Análisis de Lubricante**, debe ser aplicado en primera instancia a la grasa utilizada para lubricación de los rodamientos del motor eléctrico principal para determinar las condiciones de desgaste actual de los rodamientos, analizar los compuestos presentes en la grasa y sus principales ventajas o desventajas al equipo. Seguidamente se debe realizar un análisis de lubricante al aceite de la caja reductora y del sistema hidráulico, para de esta manera establecer el grado de deterioro que presentan los componentes y aditivos, así como las propiedades que ofrecen cada uno de ellos, y compararlo con los requerimientos del Top Drive en su campo operacional, para de esta manera facilitar una selección de lubricantes acordes al desgaste que vaya sufriendo el equipo en el tiempo.

En **figura 4.16.**, se presentan los resultados de los análisis a los aceites lubricantes del Top Drive, realizados en la gerencia de mantenimiento de PDVSA, en la sección de equipos dinámicos, los análisis se realizaron al aceite de la caja de engranajes y al aceite del sistema hidráulico.

DATOS GENERALES		EQUIPOS DE INSPECCIÓN		LIMITES CONDENATORIOS DE MOTORES CATERPILLAR 15 W-40												
FECHA DE INSPECCIÓN	05/05/2009	SPECTROIL M	X	Fe	Cu	Al	Pb	Cr	Si	Sn	Na	P	Mg	Zn	Ca	SOLIDOS DISUELTOS (ppm)
FECHA DE ULTIMA INSPECCIÓN		VISCOSIMETRO HSV-802	X	100	45	15	40	15	10	10	20	1152	267,19	1421	1795	VISCOSIDAD @ 100 °C
REALIZADO POR	G. GALINDO / C. QUIJADA	CONTADOR DE PARTICULAS	X	12,5 - 16,3cSt										CONTADOR DE PARTICULA (µm)		
REVISADO POR	RAMÓN GONZÁLEZ	F.T.I.R	X	Fluidos Hidraulicos			Motores			Turbinas				F.T.I.R (abs/mm2)		
CODIFICACIÓN	IM-ED-STM-09-282			12/9 - 20/17			14/11 - 22/19			12/9 - 18/15						
				H2O	Hollin(%)	Oxidación	Nitración	Aditivo	Sulfatación	Glicol						
				0,0224	-0,0555	17,837	8,703	27,299	20,258	1,4265						
ANALISIS DE ACEITE GRUPO I PDV02																
TALADRO A ANALIZAR		TALADRO PDV02 TOP DRIVE														
EQUIPO	VISCOCIDAD @ 100°C (cSt)	CONDICIÓN DE VISCOSIDAD OBSERVADA	CONDICIÓN DE SOLIDOS DISUELTOS OBSERVADA	CONDICIÓN DE PARTICULAS PRESENTES EN EL ACEITE (ISO 4406)	CONDICIÓN DE OXIDACIÓN, NITRACIÓN, SULFATACIÓN, AGUA, GLICOL, COMBUSTIBLE Y AGOTAMIENTO DE ADITIVOS (NORMA ASTM E 2412-04)	RECOMENDACIONES	AVISO SAP									
PDV 15W-40 ACEITE BASE	14,02	NORMAL	NORMAL	23/21/16	H2O= 0,0224 abs/mm2, Oxid=17,837 abs/mm2, Nitra=8,703 abs/mm2, Adit=27,299 abs/mm2, Hollin=-0,0555 abs/mm2, Sulf=20,527 abs/mm2, Glicol=1,4265 abs/mm2,	N/A										
SISTEMA HIDRAULICO	11,80	NORMAL	NORMAL	N/A	N/A	N/A										
CAJA DE ENGRANAJE	12,23	NORMAL	ALTO CONTENIDO DE Fe=281,65 ppm	N/A	N/A	REVISAR COJINETES Y REEMPLAZAR FILTROS DE ACEITE										
OBSERVACIONES GENERALES																
MANTENER OPERATIVO EL EQUIPO POR LO MENOS UNA HORA ANTES DE REALIZAR LA TOMA DE MUESTRA DE ACEITE																

Figura 4.16. Análisis de aceite a componentes dinámicos del Top Drive.

Fuente: Gerencia de mantenimiento PDVSA.

Como se observa en **Figura 4.16**, las pruebas realizadas muestran anomalía en el aceite lubricante de la caja de engranajes, en dicho aceite se encuentra un porcentaje de Fe (Hierro) elevado, el hierro presente se considera un contaminante en el aceite, por tanto se puede inducir desgaste en los engranajes. Entre las recomendaciones que considera el equipo que realiza el estudio, sugiere realizar cambio de aceite y filtro antes de empezar a utilizar nuevamente el equipo.

Otro punto de vista al estudio realizado es que los cambios de aceite al equipo tienen un periodo muy largo, o que el lubricante no cubre los requerimientos del equipo. Los aceites de base mineral como el analizado, presentan mayor inestabilidad en condiciones extremas que los aceites sintéticos, además de que los aceites minerales presentan menor rendimiento antes cargas elevadas, como la que es sometido el Top Drive en condiciones de perforación a mas de 5.000 pies.

Existen diversidad de ventajas y sobre todo desventajas del uso de aceites minerales en equipos de la importancia que tiene el Top Drive, pero queda a criterio de quienes realicen la planificación de mantenimiento el tipo de lubricante a emplear.

En la **figura 4.17**, se encuentra el análisis realizado a la grasa utilizada en los rodamientos del motor principal del Top drive.

		GERENCIA DE MANTENIMIENTO SPTCIA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO SECCIÓN DE EQUIPOS DINÁMICOS REPORTE DE ANALISIS DE GRASA											
		DATOS GENERALES		EQUIPOS DE INSPECCIÓN									
FECHA DE INSPECCIÓN	05/05/2009	PENETROMETRO		X									PENETRACION (mm-1)
FECHA DE ULTIMA INSPECCIÓN		PUNTO DE GOTA		X									VISCOSIDAD @ 40 °C
REALIZADO POR	G. GALINDO / C. QUIJADA	VISCOSIMETRO		X									PUNTO DE GOTA (°C)
REVISADO POR	RAMÓN GONZÁLEZ												
CODIFICACIÓN	IM-JED-STM-09-282												
ANALISIS DE GRASA PDV02													
TALADRO A ANALIZAR		TALADRO PDV02											
EQUIPO	VISCOSIDAD @ 40°C (cSt)	CONDICIÓN DE VISCOSIDAD OBSERVADA	PENETRACION	ESPEANTE / ACEITE BASE	PUNTO DE GOTA	RECOMENDACIONES							
MOBIL /GREASE FM 462	460	NORMAL	273	AL K / PAO+WO	220	N/A							
COJINETE ABIERTO MOTOR PRINCIPAL TOP DRIVE	430	NORMAL	288	AL K / PAO+WO	210	N/A							
OBSERVACIONES GENERALES													
MANTENER OPERATIVO EL EQUIPO POR LO MENOS UNA HORA ANTES DE REALIZAR LA TOMA DE MUESTRA DE GRASA													

Figura 4.17. Análisis de grasa a rodamiento abierto del Top Drive.

Fuente: Gerencia de mantenimiento PDVSA.

Luego de presentado el estudio a la grasa utilizada, se resaltan las siguientes características:

- **Viscosidad:** El valor de viscosidad de **430 (centiStokes) cSt**, se considera elevado para el funcionamiento del equipo, según lo expuesto por personal de la empresa **TESCO** mediante entrevistas no estructuradas, dicha empresa es especialista en fabricación de Top Drive. Se consideran que los valores ideales oscilan entre **100 - 130 cSt**.

- **Punto de Gota:** El punto de gota establece la temperatura a la cual la grasa pasa de un estado solido o semi-solido a estado líquido, mediante esta temperatura se establece la temperatura de trabajo máximo, estando entre 40 y 60 ° C por debajo del valor del punto de gota. Por tanto el valor de 210 °C (máxima de operación 170°C), representa un valor bajo puesto que en condiciones de operación extrema el equipo puede llegar a temperaturas elevadas, por encima de los 160 °C pudiendo llegar la grasa a sufrir cambios en su consistencia considerables y perjudiciales para el equipo.

- **Penetración:** El valor de penetración de 288 mm-1, se encuentra en valores aceptables para ser utilizado en el equipo, lo ubica en la clasificación de NLGI como 2, significa que según esta clasificación es de tipo “blanda” como de hecho, se requiere para el equipo.

- **Espesante Aluminio:** Los espesantes de jabones metálicos simples como aluminio proveen protección limitada. Estas grasas son buenas para uso general, pero en el caso de funciones específicas como las que requieren los rodamientos abiertos del motor del Top Drive, se necesitan grasas con características más complejas.

En la búsqueda de lograr soluciones a la problemática planteada por considerarse la grasa no adecuada para el uso en este equipo, el E.N.T., presenta las características de la grasa **ULTREX** de la casa de fabricantes de Top Drive **TESCO**.

Principalmente se requiere este tipo de grasa, por los rodamientos utilizados en el motor eléctrico del Top Drive, son rodamientos abiertos, los cuales tienen la característica de dejar pasar cierta cantidad de lubricante (grasa) al interior del motor, por lo tanto el lubricante debe ser especial para equipos eléctricos, para ello se requiere que tenga bajo nivel de conductividad eléctrica de forma que no exista la posibilidad de cortos circuitos u otro efecto adverso en el equipo. Estas grasas son conocidas como *grasas dieléctricas*, y tienen como compuesto al *sulfato de calcio como espesante*, además de otras características, como lo son:

- **Agentes antiextremos:** Aditivos que forman una película lubricante sobre la superficie del metal en presencia de cargas pesadas y altas temperaturas, previenen las soldaduras en frío.
- **Inhibidor de oxidación:** extiende el tiempo de servicio de lubricación por aditivos retardantes de la oxidación o procesos de ruptura.
- **Disulfuro de Molibdeno:** Capas de lubricante sólidos, que colocadas en la superficie del metal proveen una excelente protección contra las cargas extremadamente pesadas y polvorientas, ambientes sucios, ideales para los trabajos a la intemperie que realiza el Top Drive.
- **Viscosidad:** 110 cSt.
- **Punto de Gota:** 302 °C.

Teniendo presentes estas y otras características la grasa ULTREX de TESCO puede ser utilizada para la lubricación de los rodamientos del motor principal del Top Drive, pero existen otras que poseen características similares adaptables a los requerimientos del equipo como lo son:

- **AEROSHEEL N°7:** De la mundialmente conocida Sheel.
- **MOBILTEMP SHC 100 SPECIAL:** de la multinacional y especialista en lubricación Mobil.

Es importante para la organización realizar los análisis para poder determinar el grado de protección que brinda el lubricante (bien sea grasa o aceite) al equipo,

puesto que de esta manera se logra minimizar las fallas que puedan ocasionar retrasos de producción y gastos extras en las labores de reacondicionamiento del equipo.

4.4. Reestructurar los planes de mantenimiento existente para el top drive, basado en las recomendaciones del A.C.R. y la herramienta predictiva que se adapte.

Tomando como punto de partida las recomendaciones arrojadas por el **A.C.R.** y teniendo ya definido el **análisis de lubricante**, como la herramienta predictiva a utilizarse principalmente, se pueden realizar las mejoras, reorganización y reestructuración del plan de mantenimiento, en busca de aumentar el tiempo sin fallas del Top Drive, en pro de lograr este objetivo el E.N.T., establece utilizar las frecuencias de mantenimiento planteadas en la planificación de mantenimiento previa, pero con la inclusión de actividades diarias que según experiencia del personal miembro del E.N.T, consideran necesario esta frecuencia, por consiguiente el nuevo plan de mantenimiento tendrá las siguientes frecuencias:

- 1) Diaria.
- 2) Semanal.
- 3) Mensual.
- 4) Trimestral.
- 5) Semestral.
- 6) Anual.

A continuación se presenta en las **tablas 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8** las cuales representan el plan de mantenimiento utilizado por **PDVSA**, antes de realizarse este estudio en cuestión.

Tabla 4.4. Lista de chequeo de mantenimiento semanal utilizado por la organización.



PDVSA

GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS

SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA

TALADRO DE PERFORACION PDV-02

LISTA DE CHEQUEO DE MANTENIMIENTO SEMANAL

Top Drive	OK			
	1	2	3	4
1) VERIFICAR CONDICIONES FISICAS DEL EQUIPO				
2) VERIFICAR QUE NO EXISTA FUGA DE ACEITE POR SELLOS, EMPACADURAS Y TAPONES, ETC., EN TAL CASO, CORRIJA.				
3) VERIFIQUE QUE LAS LÍNEAS, MANGUERAS Y CONECTORES DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y DE CONTROL, NO ESTEN ROTAS O DETEREORADAS, EN TAL CASO REEMPLACE				
4) MEDIR NIVEL DE ACEITE, SI LE FALTA, AGREGAR.				
5) VERIFIQUE QUE LOS PUNTOS DE ENGRASE TENGAN SU GRASERA, EN CASO CONTRARIO COLÓQUESELA.				
6) ENGRASAR PUNTOS DE ENGRASE.				
7) INSPECCIONAR SI EXISTE DESGASTE O GRIETAS EN:				
**CUERPO DEL TOP DRIVE				
**ASA Y PASADORES				
** CUELLO DE GANSO.				
8) CHEQUEE QUE LOS PERNOS DEL CUELLO DE GANSO NO SE ENCUENTREN FLOJOS, AJUSTE SI ES NECESARIO.				
9) VERIFICAR QUE NO EXISTAN RUIDOS Y VIBRACIONES ANORMALES, EN TAL CASO, ANALICE LAS CAUSAS Y CORRIJA LA FALLA.				
REALIZADO POR: _____ NOMBRE: _____ CARGO: _____ FIRMA: _____	OBSERVACIONES _____ _____ _____ _____			

Tabla 4.5. Lista de chequeo de mantenimiento mensual utilizado por la organización antes de la realización de la investigación.

LISTA DE CHEQUEO DE MANTENIMIENTO MENSUAL

TOP DRIVE		Ok
1) <i>CHEQUEAR BOMBAS HIDRAULICAS, LINEAS, CONEXIONES, CORREAS Y/O PTO.</i>		
2) CHEQUEAR CUERPO PRINCIPAL DE VALVULAS, SELLOS, MANGUERAS Y CONEXIONES.		
3) CHEQUEAR CUERPO SECUNDARIO DE VALVULAS, SELLOS, MANGUERAS Y CONEXIONES.		
4) CHEQUEAR ACEITE HIDRAULICO SI HAY CONTAMINANTE Y CAMBIAR ACEITE Y FILTROS		
5) REALIZAR SERVICIO DE LIMPIEZA AL CILINDRO CON DESENGRASANTE		
6) SERVICIO DE ENGRASE.CILINDROS HIDRAULICOS		
7) CHEQUEAR PASADOR DEL CILINDRO HIDRAULICO DEL MECANISMO DE INCLINACION		
8) VERIFICAR QUE NO EXISTAN RUIDOS Y VIBRACIONES ANORMALES EN MOTOR ELECTRICO PRINCIPAL, EN TAL CASO, ANALICE LAS CAUSAS Y CORRIJA LA FALLA.		
REALIZADO POR: _____ NOMBRE: _____ CARGO: _____ FIRMA: _____	OBSERVACIONES _____ _____ _____ _____	

Tabla 4.6. Lista de chequeo de mantenimiento trimestral utilizado por la organización antes de la realización de la investigación.

LISTA DE CHEQUEO DE MANTENIMIENTO TRIMESTRAL

TOP DRIVE		Ok
<i>1) REEMPLAZAR ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE REDUCTOR</i>		
2) REEMPLAZAR ACEITE DEL SISTEMA HIDRAULICO		
3) REEMPLAZAR MALLA DE FILTRO DE ACEITE DE LA SUCCION		
4) REEMPLAZAR SELLOS.		
REALIZADO POR: _____ NOMBRE: _____ CARGO: _____ FIRMA: _____	OBSERVACIONES _____ _____ _____ _____	

Tabla 4.7. Lista de chequeo de mantenimiento semestral utilizado por la organización antes de la realización de la investigación.

LISTA DE CHEQUEO DE MANTENIMIENTO SEMESTRAL.

TOP DRIVE		Ok
<i>1) LUBRICAR RODAMIENTOS Y COJINETES</i>		
2) CHEQUEAR ELEVADOR Y PASADOR.		
3) VERIFICAR ESTADO DE ACUMULADOR.		
REALIZADO POR: _____ NOMBRE: _____ CARGO: _____ FIRMA: _____	OBSERVACIONES	
	_____ _____ _____	

Tabla 4.8. Lista de chequeo de mantenimiento anual utilizado por la organización antes de la realización de la investigación.

**LISTA DE CHEQUEO DE MANTENIMIENTO
ANUAL**

TOP DRIVE		Ok
<i>1) CHEQUEAR Y CAMBIAR EN CASO NECESARIO, LA VIA DEL TOP DRIVE</i>		
2) REALIZAR MANTENIMIENTO MAYOR A EQUIPOS QUE LO REQUIERAN.		
REALIZADO POR: _____ NOMBRE: _____ CARGO: _____ FIRMA: _____	OBSERVACIONES	
	_____ _____ _____	

Esta es la lista de las labores de mantenimiento que se realizan en la actualidad en los Top Drive, son adaptaciones a planes de mantenimiento para tecnologías anteriores, las cuales son más robustas y con características distintas a las que actualmente posee el equipo en referencia, en donde no se evidencia un control o monitoreo de las condiciones del equipo mediante aplicación de ninguna herramienta predictiva, no se realizan por consiguiente análisis de la condición del lubricante empleado, sino se limita a reemplazar el aceite trimestralmente.

A continuación se presenta *“la reestructuración”* del plan de mantenimiento para el **Top Drive del taladro PDV -02**, dicha reestructuración se realiza basado en el **A.C.R** y sus recomendaciones además del uso de análisis de lubricante como herramienta predictiva y teniendo la amplitud suficiente de incluir el restante de componentes del equipo que no se analizaron en el A.C.R por no presentar falla, para esta inclusión se analizaron las actividades realizadas por el plan de mantenimiento utilizado anteriormente pero haciéndole adaptaciones para el equipo y especificando las labores a realizarse y anexando componentes que no estaban incluidos. Adicionalmente se incorpora la *clasificación según los niveles de las labores de mantenimiento de PDVSA*, el cual consta de cinco niveles que varían de acuerdo al tipo de actividad a realizarse y las frecuencias de estas actividades, en el apéndice A se encuentran estos niveles especificados y definidos.

Los lubricantes, y demás herramientas o productos recomendados en el plan de mantenimiento, se toman en cuenta por las características técnicas de cada uno y verificando que brindan mayores ventajas que otros productos de su misma categoría, sin embargo en caso de que la organización prefiera utilizar algún otro producto se recomienda que tengan características similares a las recomendadas en el plan.

Tabla 4.9. Planificación de mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, para actividades de frecuencia diaria.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades diarias).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 1/4
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
1	Realizar inspección visual, a todo el Top Drive.	Inspeccionar toda la parte externa del Top Drive, de ser necesario realizar limpieza.	Top drive, unidad hidráulica, casa de fuerza.	1	02 Mecánico. 02 Eléctrico.	- Trapos esterilizados.
2	Verificación de las conexiones de las mangueras y tubos de circulación del aceite hidráulico y conexiones eléctricas.	- En caso de fugas reemplazar la manguera y/o tubo que lo requiera. Aparición de burbuja de aire en las conexiones. (De ser necesario se detiene el proceso). - Conexiones flojas, ajustar conectores.	Top drive, unidad hidráulica, casa de fuerza.	1	02 Mecánico. 02 Eléctrico.	- Caja de herramientas, con llaves. - Trapos esterilizados.
3	Lubricación del ensamblaje del tubo interior de tubo medio.	- Posee un (01) punto de lubricación, lubricar con Grasa Shell Supergrease EP2, cant. 1,5 cm ³	Top drive	1	02 Mecánico.	- Grasea manual.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades diarias).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 2/4
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
4	Lubricación del circo centralizador para Tenaza.	- Posee dos (02) puntos de lubricación, lubricar con Grasa Shell Supergrease EP2, cant. 0,8 cm3	Top drive	1	02 Mecánico.	-Grasera manual.
5	Inspección del Motor principal del Top drive, pernos, hilos de seguridad, pasadores, así como ruidos, vibraciones y fugas de grasa.	- Ajustar o reemplazar según sea el caso. - En caso de vibración excesiva, ruido anormal o fugas, notificar al supervisor de mantenimiento, y de ser necesario detener el proceso.	Top drive.	1	02 Mecánico.	- Caja de herramientas, con llaves y torquimetro. - Trapos esterilizados.
6	Inspección del ensamblaje de tenaza de espalda, pernos, hilos de seguridad, pasadores.	- Ajustar o reemplazar según sea el caso.	Top drive.	1	02 Mecánico.	- Caja de herramientas, con llaves y torquimetro.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades diarias).				 Universidad De Oriente. Pág. 3/4
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
7	Revisión de operatividad de la IBOP.	Reparar o reemplazar en caso que sea necesario. Nota: de presentar rayas la bola, o algún paso de luz, reemplazar.	Top drive.	1	02 Mecánico.	- Llaves Allen, utilizadas para esta válvula. - Linternas.
8	Revisión del ensamblaje del tubo interior de tubo medio.	Verificar nivel de desgaste, fugas u obstrucción	Top drive.	1	02 Mecánico	- Linternas, para observar el interior de la válvula.
9	Inspección del carrito y vía de desplazamiento vertical. Pasadores, prisioneros, etc.	- Ajustar o reemplazar según sea el caso.	Top drive.	2	02 Mecánico.	- Caja de herramientas con llaves y dados.
10	Verificación del sistema hidráulico. Bombas centrifugas, nivel de aceite, presión.	- Verificar funcionamiento del sistema, presión de operación (2200 psi), válvulas y verificar que no exista fugas de aceite hidráulico.	Unidad hidráulica del Top Drive.	1	02 Mecánico.	- Caja de herramientas, con llaves. - Trapos esterilizados.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades diarias).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 4/ 4
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
11	Inspección de caja de engranaje y aceite lubricante.	Inspeccionar el nivel de aceite, la temperatura del mismo, condición del filtro de aire, etc. En caso de alguna anomalía detener el proceso y tomar acciones necesarias.	Top Drive	1	02 Mecánico.	
12	Inspección de la condición de los equipos de control.	Inspeccionar los valores apropiados de temperatura, humedad y corriente eléctrica de los elementos de control.	Casa de fuerza del Top Drive.	1	02 Eléctrico.	Tabla de valores de operación.
Realizado por: Abrahan Rodríguez. _____ Revisado por: Rafael Avis. _____ Observaciones _____ _____			Aprobado por: _____ En Fecha: _____			

Nota: Es necesario realizar las 12 operaciones de mantenimiento establecidas con el apoyo de tablas de inspección, de manera Diaria y anotar cualquier anomalía.

A continuación se presentan las **tablas 4.10 y 4.11**, en la cual se ilustra la ubicación a la cual se debe efectuar el mantenimiento, **el número de Ítem, guarda concordancia con el ítem de la planificación diaria del mantenimiento.**

Tabla 4.10. Imágenes ilustrativas de los ítems Planteados en la Planificación de Mantenimiento Diaria.

Item	Imagen Ilustrativa.
3	 <p data-bbox="760 842 1062 1003">Ensamblaje del tubo interior de tubo medio. Posee un punto de lubricación justo a la señalización de la flecha.</p>
4	 <p data-bbox="760 1094 1127 1255">Circo centralizador de la tenaza de espalda. Posee dos puntos de lubricación visibles justo donde esta dirigida la flecha.</p>
5	 <p data-bbox="662 1398 1062 1514">Motor principal del Top Drive, ubicado en la parte superior izquierda del Top Drive.</p>

Tabla 4.11. Imágenes ilustrativas de los ítems Planteados en la Planificación de Mantenimiento Diaria.

Item	Imagen Ilustrativa.
6	 <p data-bbox="743 552 1156 716">Ensamblaje de tenaza de espalda inspeccionar ajustes de pernos así como condición de hilos de seguridad, etc.</p>
7	 <p data-bbox="618 863 993 982">Válvula IBOP, revisar operatividad, inspeccionar su interior con la ayuda de la linterna.</p>
10	 <p data-bbox="751 1129 1068 1249">Verificación del estado de las bombas conexiones y demás elementos.</p>
11	 <p data-bbox="776 1371 1081 1491">Indicador del nivel de aceite lubricante de la caja de engranajes del Top Drive.</p>

Tabla 4.12. Planificación de Mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades semanales.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Semanales).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 1 /5
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
1	Lubricación del sello de la tapa compresora superior.	- Posee un (01) punto de lubricación, lubricar con grasa Shell Supergrease EP2 y cantidad 3,6 cm ³	Top drive.	2	02 Mecánico.	- Grasea manual. - Trapos esterilizados.
2	Lubricación del pasador del elevador.	- Posee dos (02) puntos de lubricación, lubricar con grasa Shell Supergrease EP2 y cantidad 0,8 cm ³	Top drive.	2	02 Mecánico.	- Grasea manual. - Trapos esterilizados.
3	Lubricación de la “mesa rotaria”.	- Posee dos (02) puntos de lubricación, lubricar con grasa Shell Supergrease EP2 y cantidad 3,6 cm ³	Top drive	2	02 Mecánico.	- Grasea manual. - Trapos esterilizados.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Semanales).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 2/5
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
4	Lubricación de la válvula IBOP (superior).	- Posee un (01) punto de lubricación, lubricar con grasa Shell Supergrease EP2, y cantidad 0,6 cm3	Top drive	2	02 Mecánico.	- Grasea manual. - Trapos esterilizados.
5	Lubricación de los pasadores del sistema de equilibrio.	- Posee dos (02) puntos de lubricación, lubricar con grasa Shell Supergrease EP2 y cantidad 0,6 cm3	Top drive.	2	02 Mecánico.	- Grasea manual. - Trapos esterilizados.
6	Lubricación de los pasadores de los cilindros hidráulicos del mecanismo de inclinación.	- Posee dos (02) puntos de lubricación, lubricar con grasa Shell Supergrease EP2 y cantidad 0,6 cm3	Top drive.	2	02 Mecánico.	- Grasea manual. - Trapos esterilizados.
7	Revisión de Trompeta y casing centralizador.	- Revisión de los aspectos de desgaste, mal funcionamiento, etc. - Reparar o reemplazar en caso que sea necesario.	Top drive.	2	02 Mecánico.	- Caja de herramientas, con llaves y dados. - Linternas.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Semanales).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 3 /5
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
8	Revisión del dispositivo contra desajuste.	Verificar Torque de pernos tornillos y demás elementos de sujeción	Top drive.	2	02 Mecánico	- Caja de herramientas, con llaves y dados. - Torquimetro.
9	Revisión de la válvula IBOP.	Verificar Torque de pernos tornillos y demás elementos de sujeción. Ajustar o reemplazar cuando sea necesario.	Top drive.	2	02 Mecánico.	- Caja de herramientas, con llaves Allen y dados.
10	Revisión del rodillo del dispositivo impulsador de IBOP.	- Verificar condición de desgaste. Reemplazar cuando sea necesario.	Top Drive.	2	02 Mecánico.	- Caja de herramientas, con llaves. - Llaves Allen.
11	Inspección del carrito, la vía y el brazo del soporte.	- Verificar condición de las piezas de conexión, prisioneros, soldadura y demás puntos de conexión y elementos de sujeción. Reemplazar cuando sea necesario.	Top Drive	2	02 Mecánico.	- Caja de herramientas, con llaves. - Trapos esterilizados.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Semanales).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 4 /5
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
12	Revisión del rodillo del Carrito de desplazamiento.	- Verificar condición de desgaste. Reemplazar cuando sea necesario.	Top Drive.	2	02 Mecánico.	- Caja de herramientas, con llaves. - Trapos esterilizados.
13	Inspección de la salida de aire del motor eléctrico principal del Top Drive.	- Verificar condición de limpieza y de estado externo, de la persiana y malla de protección. Reparar o Reemplazar cuando sea necesario.	Top Drive	2	02 Mecánico.	- Trapos esterilizados. - Linternas.
14	Revisión del Ventilador de refrigeración del dispositivo de refrigeración del Top Drive.	- Verificar condición de ajuste de pernos, presión de aire. - Verificar condición del dispersor de calor en la entrada de viento, y verificar condición de freno. Ajustar o Reemplazar cuando sea necesario.	Top Drive.	2	02 Mecánico.	- Caja de herramientas, con llaves. - Trapos esterilizados.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Semanales).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 5 /5
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
15	Inspección a los cables del motor eléctrico	- Verificar condición de los cables, tanto externo, como conductividad realizando pruebas de continuidad. Reemplazar cuando sea necesario. Nota: Los cables no pueden llevar empates.	Top Drive.	2	02 Eléctrico.	Equipos de medición de continuidad eléctrica.
16	Inspección del sistema de freno.	- Verificar condición de desgaste. Verificar que no existan fugas en las zapatas.	Top Drive	2	02 Mecánico.	- Caja de herramientas con llaves.
Realizado por: Abrahan Rodríguez. _____ Revisado por: Rafael Avis. _____ Observaciones _____ _____			Aprobado por: _____ En Fecha: _____			

A continuación se presentan las **tablas 4.13 y 4.14**, en la cual se ilustra la ubicación a la cual se debe efectuar el mantenimiento, **el número de Ítem, guarda concordancia con el ítem de la planificación semanal del mantenimiento.**

Tabla 4.13. Imágenes ilustrativas de los ítems Planteados en la Planificación de Mantenimiento Semanal.

Item	Imagen Ilustrativa.
1	 <p>Sello de la tapa superior. Nótese que posee un punto de lubricación. Ubicado justo debajo de la lubricación del ensamble del tubo medio interior.</p>
2	 <p>Punto de lubricación del pasador del elevador del Top Drive. Posee un punto de lubricación a cada lado del Top Drive, en total son dos (02) puntos a lubricar.</p>
3	 <p>Puntos de lubricación de “la mesa rotaria”. En la zona señalada con la flecha se encuentran dos (02) puntos los cuales se deben lubricar semanalmente. Nota: La mesa rotaria del Top Drive, es distinta a la mesa rotaria del taladro de perforación, la cual va ubicada en la planchada del mismo.</p>
4	 <p>Posee un (01) punto de lubricación, ubicada en la parte superior de la válvula IBOP (denotado con la flecha roja) Nota: Justo en el momento en que fue realizada la toma de la imagen se inspeccionaba la condición de accionamiento de la válvula.</p>

Tabla 4.14. Imágenes ilustrativas de los ítems Planteados en la Planificación de Mantenimiento Semanal.

Item	Imagen Ilustrativa.	
5	<p>La flecha de color verde señala lo que es el cilindro hidráulico del sistema de equilibrio del Top Drive</p>	 <p>Posee un punto de lubricación de cada lado (en total son dos puntos a lubricar) del sistema de equilibrio. Nota: El sistema de equilibrio es formado entre los gatos hidráulicos y el elevador del Top Drive.</p>
10		<p>Verificación del estado de las bombas conexiones y demás elementos.</p>
11		<p>Indicador del nivel de aceite lubricante de la caja de engranajes del Top Drive.</p>

Tabla 4.15. Planificación de Mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades mensuales.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Mensuales).				 Universidad De Oriente. Pág. 1 / 2
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
1	Lubricación de rodamiento del Motor eléctrico principal del Top Drive.	- Posee cuatro (04) puntos de lubricación, lubricar con grasa ULTREX ó Especial Aeroshell N° 7, cant 4,4 cm3 . Aplicar con el equipo girando a 5 RPM tomando medidas de seguridad. <i>Nota Tomar Muestra de Grasa Para Análisis de Grasa.</i>	Top drive.	2	02 Mecánico.	- Grasera manual. - Trapos esterilizados.
2	Lubricación del motor eléctrico de la bomba hidráulica.	- Posee dos (02) puntos de lubricación, lubricar con grasa MOBILTEMP SHC 100 SPECIAL y cantidad 2,8 cm3	Unidad Hidráulica.	1	02 Mecánico.	- Grasera manual. - Trapos esterilizados.
3	Inspección del Bushing de eje principal superior.	- Verificar condición de corrosión, fisuras, etc. Utilizar líquidos penetrantes. Reemplazar de ser necesario.	Top drive	3	02 Mecánico.	- Equipo para realizar prueba de líquidos penetrantes.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Mensuales).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 2/2
Ítem.	Descripción de la Inspección.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
4	Inspección del pasador del cilindro hidráulico del mecanismo de inclinación del elevador.	- Verificar condición de desgaste del pasador. Reemplazar cuando sea necesario.	Top drive	1	02 Mecánico.	- Vernier.
5	Revisión de la oreja de corona y conexión de vía.	- Verificar condición de desgaste, daño en la soldadura o presencia de fisura.	Top drive.	2	02 Mecánico.	
6	Inspección de la plancha de ajuste, pernos y dispositivo de desenrosque de la mecha.	- Verificar condición del dispositivo de desenrosque. - Verificar condición de desgaste de la chapa de elevación. - Verificar condición de los pasadores de seguridad. Reparar o reemplazar cuando sea necesario.	Top drive.	2	02 Mecánico.	.
Realizado por: Abrahan Rodríguez. _____ Revisado por: Rafael Avis. _____ Observaciones _____ _____			Aprobado por: _____ En Fecha: _____			

Tabla 4.16. Planificación de Mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades trimestrales.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Trimestral).				 Universidad De Oriente. Pág. 1 / 1
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
1	Revisión del aceite de la caja de engranaje reductor.	- Realizar cambio de aceite. - Enviar muestra, a <i>realizar análisis de lubricante.</i>	Top drive.	3	02 Mecánico.	- Caja de herramientas. - Aceite XXX.
2	Revisión del aceite del sistema hidráulico.	- Realizar cambio de aceite. - Enviar muestra, a <i>realizar análisis de lubricante.</i>	Unidad Hidráulica.	3	02 Mecánico.	- Caja de herramientas. - Aceite XXX.
3	Inspección de la malla de filtro de la succión de aceite.	- Realizar cambio de la malla del filtro de la succión de aceite.	Top drive	2	02 Mecánico.	- Malla del filtro de la succión de aceite.
Realizado por: Abrahan Rodríguez. _____ Revisado por: Rafael Avis. _____ Observaciones _____ _____			Aprobado por: _____ En Fecha: _____			

Tabla 4.17. Planificación de Mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades semestrales.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Semestral).				 Universidad De Oriente. Pág. 1 /2
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
1	Revisión de los dientes de engranaje.	- Verificar condición de desgaste y juego entre dientes. Reemplazar cuando sea necesario.	Top drive.	3	02 Mecánico.	-----
2	Revisión de la bomba de lubricación de la caja de engranaje.	- Verificar condición de desgaste o daño. Reparar o reemplazar cuando sea necesario.	Top Drive.	3	02 Mecánico.	-----
3	Inspección del eje principal.	- Verificar condición de alineamiento, desviación axial, mediante análisis de Vibraciones . Ajustar o reemplazar cuando sea necesario	Top drive	3	02 Mecánico.	- Equipo para medir alineación con laser.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Semestral).				 Universidad De Oriente. Pág. 2/2
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
4	Inspección del elevador y pasador.	- Verificar condición de desgaste del pasador y elevador. Reemplazar cuando sea necesario.	Top drive	3	02 Mecánico.	- .Líquidos penetrantes. - Partículas magnéticas. - Ultrasonido.
5	Revisión de los acumuladores de nitrógeno.	- Verificar condición.	Top drive y Unidad Hidráulica.	3	02 Mecánico.	- Equipo para medir presión de nitrógeno.
6	Inspección del Tubo “Cuello de cisne”	- Verificar condición de desgaste del interior del tubo, así como condición de limpieza. Reemplazar cuando sea necesario	Top Drive	3		- Linternas. - Equipo de medición de espesores.
Realizado por: Abrahan Rodríguez. _____ Revisado por: Rafael Avis. _____ Observaciones _____ _____			Aprobado por: _____ En Fecha: _____			

Tabla 4.18. Planificación de Mantenimiento para el Top Drive del taladro PDV-02, con frecuencia de actividades anuales.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Anual).				 Universidad De Oriente.
						Pág. 1 /2
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
1	Inspección de condición de electroválvulas	Realizar inspección y prueba de respuesta a electroválvulas del sistema de control hidráulico.	Top Drive	3	02 Mecánico	-
2	Inspección, de la vía de desplazamiento del Top Drive	Realizar inspección Con ensayos no destructivos (partículas magnéticas, líquidos penetrantes, etc) de condición general de vía del Top drive.	Top Drive.	3	02 Mecánico.	- .Equipo de ensayos no destructivos
3	Inspección de la condición de desgaste de motor principal.	Realizar inspección y reemplazo de componentes y piezas del Motor del Top drive, como lo son estado del embobinado, etc.	Top drive	3	02 Mecánico. 02 Eléctrico.	- Equipo para sacar el motor principal del Top drive.

		Planificación de Mantenimiento Para el Top Drive del Taladro PDV-02 (Actividades Anual).				 Universidad De Oriente. Pág. 2/2
Ítem.	Descripción de la Actividad.	Acción a tomar.	Unidad.	Nivel de Mtto. PDVSA	Personal a realizar la actividad.	Recursos a utilizar.
4	Restauración del sistema de frenos del Top Drive.	- Cambio de todo el sistema de frenos	Top drive	4	02 Mecánico.	- Repuestos y accesorios para el sistema de frenos. - Llaves y herramientas.
5	Inspección al Rotor del Motor eléctrico Principal	Inspección de conductores, y demás componentes.	Top drive	4	02 Mecánico. 02 Eléctrico.	Montacargas, llaves especiales, extractor.
Realizado por: Abrahan Rodríguez. _____ Revisado por: Rafael Avis. _____ Observaciones _____ _____			Aprobado por: _____ En Fecha: _____			

Nota: Los intervalos o frecuencias de mantenimiento establecidos en el plan de mantenimiento antes descrito, puede tener variantes dependiendo de las cargas de operación, así como de la atmosfera y las condiciones ambientales del pozo a perforar. (Condiciones como; ambientes polvorientos, temperaturas extremas, ambientes corrosivos, etc. Pueden acelerar el deterioro del equipo y con esto aumentar la cercanía al mantenimiento siguiente). **Cada 3 años el E.N.T,** recomienda realizar **Inspección con partículas magnéticas, ultrasonido y líquidos penetrantes** a toda la superficie externa del Top Drive.

4.5 Propuesta de mejoras de mantenimiento al top drive, mediante la aplicación de un A.C.R. y el uso de la herramienta predictiva que se adapte.

Tomando como punto de partida el **A.C.R.** y lo establecido en éste por el **E.N.T.**, y en concordancia con los resultados obtenidos luego de realizar los **análisis predictivos** establecidos, se realizan una serie de propuestas para lograr eficiencia en los procesos de mantenimiento, propuestas que no pueden incluirse en un plan de mantenimiento. Estas propuestas son:

- ✓ Mejorar las condiciones del lugar de operación del Top Drive. Como lo puede ser el asfaltado a las zonas en las cuales se encuentra el pozo, debido a que el trabajo de maquinarias, como montacargas, además del flujo de viento, hacen que el equipo presente impurezas y suciedad, perjudicial para su correcto funcionamiento, además de ser foco de posibles enfermedades para el personal que labora en campo.
- ✓ Se propone investigar sobre el uso de rodamientos abiertos en equipos eléctricos, y el tipo de lubricante que se debe emplear en ellos a fin de evitar errores futuros que puedan ocasionar la repetición de fallas de accionamiento.
- ✓ Crear procedimientos específicos de armado y desarmado de piezas, componentes y conexiones, debido a que la falta de información en los procesos de mudanza del taladro pueden ocasionar que el equipo se deteriore.
- ✓ En la actualidad la lubricación del Top Drive se realiza con lubricantes minerales. Los aceites sintéticos brindan mayor estabilidad y rendimiento, además de mayor aprovechamiento del equipo, por lo que se propone el uso de aceites sintéticos en la lubricación de los componentes del Top Drive que así lo requieran.

- ✓ Crear un registro histórico de fallas del equipo individual al resto del taladro, en donde se especifiquen en detalle, el tipo de falla, el tiempo de parada que ocasionó la falla, el tiempo de reparación y personal responsable de realizar la reparación.

- ✓ Realizar control al personal encargado de realizar las labores de mantenimiento, de manera de poder verificar que se están realizando dichas labores como el plan de mantenimiento lo establece.

- ✓ Realizar las actividades predictivas establecidas en el plan de mantenimiento, como lo son; el análisis de lubricantes, tanto a los aceites lubricantes como a la grasa utilizada en el motor principal.

- ✓ Se recomienda utilizar los nuevos planes de mantenimiento tal como están expuestos en el trabajo, ya que en el se engloba mantenimiento predictivo (preventivo) y mantenimientos correctivos, acorde a las operaciones que realiza el Top Drive.

CONCLUSIONES

1. El Top Drive del taladro PDV-02, se encuentra en buenas condiciones en su parte física exterior, sin embargo en su parte interna, se observa en el motor principal alto contenido de grasa.

2. El Top Drive carece de un histórico de fallas individual al resto del taladro, lo que afecta la recopilación de información y la investigación de causas de fallas presentadas.

3. El Análisis Causa Raíz muestra evidencia de raíces físicas humanas y latentes que afectan a la falla de accionamiento, las más relevantes son la composición y cantidad de lubricante utilizado en los rodamientos del motor principal, y con ello los errores en que incurrió el personal de mantenimiento por causa de inexistencia de procedimientos específicos además de falta de capacitación.

4. El E.N.T., basado en recomendaciones provenientes del A.C.R., propone la utilización de herramientas predictivas que permitan monitorear la condición del Top Drive, y que a su vez se adapte al contexto de operaciones del equipo.

5. En reuniones el E.N.T., establece las frecuencias de mantenimiento Diario, Semanal, Mensual, Trimestral, Semestral y Anual como las frecuencias a utilizarse para la reestructuración de los planes de mantenimiento.

6. Se realizó una reestructuración de los planes de mantenimiento del Top Drive, logrando que los nuevos planes de mantenimiento sean específicos, con frecuencias de inspecciones acordes a la operación del equipo y que sean didácticos para el

personal de mantenimiento a fin de facilitar las labores a realizar minimizando con esto errores en la actividad.

7. Con la utilización de los nuevos planes de mantenimiento se puede mitigar la ocurrencia de fallas, proporcionando mejor aprovechamiento del equipo por parte de la organización, y con esto una mayor producción y rentabilidad en el tiempo.

RECOMENDACIONES

✓ Es necesario para las labores de mantenimiento del equipo llevar un histórico de fallas detallado, en el que se especifique el tipo de falla, el tiempo fuera de servicio, el tiempo en reparación, etc.

✓ Con los datos obtenidos a partir de la toma de data por medio del histórico de fallas, realizar cálculos de indicadores de mantenimiento, así como de frecuencias de inspección, las cuales para este trabajo fueron imposible realizar por la falta de datos asociados.

✓ Para las mejoras en el mantenimiento del Top Drive, se sugiere que en las próximas oportunidades, se prepare la zona a realizarse la perforación, todo esto con el fin de minimizar los efectos del medio ambiente (polvo y suciedad) sobre el equipo.

✓ Estandarizar el proceso de montaje y desmontaje del Top Drive, es decir tener un proceso específico para el equipo y no como un subconjunto del taladro, lo que lo hace menos específico.

✓ Se recomienda la contratación y/o capacitación de un mayor número de personas con especialidad en el mantenimiento de Top Drive, por ser un equipo complejo, que involucra tecnología de avanzada en diversos campos de la ingeniería actual.

✓ Incluir un estudio económico en el cual se comparen los gastos de mantenimiento con los planes de mantenimiento previos, y los resultados económicos obtenidos con las propuestas de mantenimiento realizadas en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA.

[1] Medina Velázquez, Rubén Alejandro, **“Diseño de practicas operativas que mejoren la gestión de mantenimiento de las herramientas HEL y MFR”**. Universidad de Oriente (2008).

[2]. Jiménez Bastardo, Leidys C. **“Desarrollo y selección de gestión de lubricantes en máquinas industriales”**. Universidad de Oriente (2007).

[3] Grave L. Livio A. **“Plan de mantenimiento preventivo de la unidad de explotación de yacimiento liviano, PDVSA distrito san tome estado Anzoátegui”**. Universidad Gran Mariscal de Ayacucho. (2004).

[4]. Comisión venezolana de normas industriales, **“norma venezolana de mantenimiento COVENIN 3049-93”**, Editorial Fondonorma (1993).

[5] Organización y Ventajas del mantenimiento predictivo disponible en:
<http://www.industrialtijuana.com/mantenimiento.htm>

[6]. Bravo Darwin. Suarez, Diógenes. **“Guía teórico – practica de mantenimiento mecánico”**. Universidad de Oriente. (2008).

[7]. Jesús Valenzuela. **“fundamentos para el análisis dinámico”** Tema 8. Vibraciones en Máquinas. Mantenimiento Predictivo. Universitat naverrensis (2004).

[8]. Mantenimiento predictivo, técnicas más comunes, disponible en:
http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/mantenimientopredictivo/

[9]. Teoría básica de lubricación y viscosidad, disponible en la página:

<http://www.lubricar.net/teoria.htm>.

[10]. Díaz J. **“Lubricación”** J.D. Trainig and Consultancy, Venezuela. (2004).

[11] WGM. **“Charla técnica de lubricantes”**. Ediciones Shell, (2005).

[12]. Programa de mantenimiento, disponible en la página:

<http://www.solomantenimiento.com/articulos/programa-mantenimiento.htm>.

[13]. Definición y utilización del ACR, disponible en:

http://www.12manage.com/methods_root_cause_analysis_es.html

[14] Ing. Palencia G. Oliverio. **“El análisis causa raíz, estrategia de confiabilidad operacional”**. Conferencia de confiabilidad. (2005).

[15]. Manual de adiestramiento de perforación **PDVSA. Año 2004.**

[16]. Ing. Roberto Salas. **“Curso de inducción a la perforación”**.

[17] **“MECANALISIS”** publicado por **TECNOTEST** soluciones industriales. Barcelona Anzoátegui. **Año 2006**

APENDICE A.

(Niveles de mantenimiento de **PDVSA.**)



MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA
VOLUMEN 2
LINEAMIENTOS
PROCESO DE GERENCIA DE ACTIVOS

PDVSA N°	TITULO
MR-02-02-03	NIVELES DE MANTENIMIENTO

0	JUN.08	EMISIÓN ORIGINAL	10	L.N.	L.T.	L.C.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	PAG.	REV.	APROB.	APROB.
APROB. Luis Tovar	FECHA JUN.08	APROB. Loumary Carrasco		FECHA JUN.08		

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA		PDVSA MR-02-02-03	
	REVISION	FECHA		
	0	JUN.08		
NIVELES DE MANTENIMIENTO			Página 1	

"La información contenida en este documento es propiedad de Petróleos de Venezuela, S.A. Está prohibido su uso y reproducción total o parcial, así como su almacenamiento en algún sistema o transmisión por algún medio (electrónico, mecánico, gráfico, grabado, registrado o cualquier otra forma) sin la autorización por escrito de su propietario. Todos los derechos están reservados. Ante cualquier violación a esta disposición, el propietario se reserva las acciones civiles y penales a que haya lugar contra los infractores."

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA	PDVSA MR-02-02-03
	NIVELES DE MANTENIMIENTO	REVISIÓN FECHA 0 JUN.08
		Página 2

Índice

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETIVO	3
3	ALCANCE	3
4	REFERENCIAS	3
4.1	Normas PDVSA	3
5	DEFINICIONES	4
5.1	Aplicación Proactiva	4
5.2	Elemento	4
5.3	Falla	4
5.4	Función	4
5.5	Mantenimiento Correctivo	4
5.6	Mantenimiento Preventivo	4
5.7	Sistemas Productivos (S.P.)	4
5.8	Software	4
6	RESPONSABILIDADES	5
6.1	De los Niveles Directivos y los Gerentes de Cada Área Operacional, de Negocio o Filiales	5
6.2	De los Superintendentes, Líderes y Supervisores (Gerencias Técnicas, de Operaciones y de Mantenimiento)	5
6.3	De los Analistas e Ingenieros de Confiabilidad	5
6.4	Del Planificador/Programador	6
6.5	Del Ejecutor de las Actividades de Mantenimiento (Operaciones y Mantenimiento)	6
7	LINEAMIENTOS	7
8	NIVELES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS	7
8.1	Nivel 1	7
8.2	Nivel 2	7
8.3	Nivel 3	8
8.4	Nivel 4	8
8.5	Nivel 5	8
9	CONSIDERACIONES	8
10	ANEXOS	9

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA		PDVSA MR-02-02-03	
	NIVELES DE MANTENIMIENTO	REVISIÓN 0	FECHA JUN.08	
		Página 3		

1 INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de los Sistemas Productivos (Ver definición 5.6) debe ser gerenciado para obtener altos niveles de eficiencia, efectividad y eficacia en su contexto operacional. Para ello se hace necesario establecer una clasificación en función de su complejidad y magnitud que permita establecer y definir los planes de mantenimiento, asegurando con ello la gestión y la oportuna intervención del activo.

Para la definición de los niveles de mantenimiento, se utilizaba la información indicada en el anteproyecto de norma COVENIN 18:1-001, el cual fue desincorporado al emitirse la norma COVENIN 3049:1993 titulada: "Mantenimiento. Definiciones"; esta norma omite la clasificación de los niveles de mantenimiento incluida en dicho anteproyecto, por lo que se ha retomado la clasificación establecida para crear la presente Norma con lo que se asegura el uso en el tiempo de estos conceptos y principios, garantizándose además, la información veraz en el momento que sea requerido.

2 OBJETIVO

Definir los niveles de mantenimiento de los Sistemas Productivos (S.P.), que permitan establecer las acciones generales requeridas para el mantenimiento a ejecutar en las instalaciones de PDVSA, haciendo uso efectivo de los recursos necesarios.

3 ALCANCE

Esta norma aplica a las acciones de gestión de mantenimiento preventivo en PDVSA, sus negocios y filiales, empresas mixtas, servicios contratados y cualquier otro negocio con terceros dentro y fuera del territorio nacional, siempre y cuando no contravenga las legislaciones de las regiones o de los países involucrados.

En el caso de presentarse un mantenimiento correctivo, la aplicación de la norma debe limitarse a las consideraciones establecidas en la Sección 9.

4 REFERENCIAS

4.1 Normas PDVSA

MR-02-02-04 "Guía de Actividades Asociadas a los Niveles de Mantenimiento".

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA		PDVSA MR-02-02-03	
	NIVELES DE MANTENIMIENTO		REVISIÓN 0	FECHA JUN.08
	Página 4			

5 DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se definen los términos a continuación:

5.1 *Aplicación Proactiva*

Es la diligente, oportuna y óptima actuación con la que se aplica la presente norma.

5.2 *Elemento*

Se refiere a partes, piezas, dispositivos, equipos, software, instalaciones y/o edificaciones que conforman el S.P.

5.3 *Falla*

Es cuando un elemento o S.P. llega a ser completamente inoperante o puede todavía operar, pero no realiza satisfactoriamente su función ó que por su condición insegura no se permita su uso.

5.4 *Función*

Capacidad de un elemento o S.P. de brindar un determinado servicio según las condiciones de trabajo, respetando su diseño.

5.5 *Mantenimiento Correctivo*

Es un conjunto de actividades que se llevan a cabo después de haber reconocido la existencia de una falla, con el fin de devolver al elemento o S.P. a una condición de funcionamiento adecuada y de acuerdo a los estándares establecidos.

5.6 *Mantenimiento Preventivo*

Es un conjunto de actividades predeterminadas, planificadas y programadas, cuyo fin es evitar la ocurrencia de una falla en un elemento o S.P.

5.7 *Sistemas Productivos (S.P.)*

Son aquellos elementos tangibles o intangibles, sujetos a acciones de mantenimiento.

5.8 *Software*

Es un conjunto de aplicaciones, programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA		PDVSA MR-02-02-03	
	NIVELES DE MANTENIMIENTO		REVISIÓN	FECHA
			0	JUN.08
			Página 5	

6 RESPONSABILIDADES

6.1 *De los Niveles Directivos y los Gerentes de Cada Área Operacional, de Negocio o Filiales*

- 6.1.1 Promover y exigir el cumplimiento y efectividad de los requisitos establecidos en esta norma, para la aplicación proactiva de los Niveles de Mantenimiento de los Sistemas Productivos.
- 6.1.2 Suministrar los recursos para el cumplimiento exitoso de los requisitos establecidos en esta norma.
- 6.1.3 Exigir el cumplimiento y efectividad de los Planes de Mantenimiento, resultantes de la aplicación de esta norma y que deban aplicarse en las diferentes instalaciones de PDVSA y sus empresas filiales.
- 6.1.4 Establecer, en la Gerencia de Mantenimiento, Gerencia Técnica o entes técnicos, Gerencia de Operaciones y Custodios de las Instalaciones de PDVSA y sus empresas filiales, la sinergia entre las responsabilidades del equipo de planificación, programación, ejecución y control de los planes de mantenimiento, que se obtendrán como producto de la aplicación de la presente norma.
- 6.1.5 Asegurar que los trabajadores y trabajadoras que laboran en las instalaciones bajo su custodia, tengan el conocimiento y las competencias necesarias para dar cumplimiento con lo establecido en esta norma.

6.2 *De los Superintendentes, Líderes y Supervisores (Gerencias Técnicas, de Operaciones y de Mantenimiento)*

- 6.2.1 Asegurar la delimitación adecuada de los Sistemas Productivos a los que se les realizará mantenimiento preventivo.
- 6.2.2 Validar la clasificación de las actividades de mantenimiento preventivo a realizar a los Sistemas Productivos, de acuerdo a los niveles establecidos en la presente norma y al contexto operacional en que se encuentren.
- 6.2.3 Promover y hacer cumplir la aplicación de los Niveles de Mantenimiento establecidos en la presente norma y velar por la efectividad de los mismos.
- 6.2.4 Mantener sinergia con el personal interno de su organización y con las Gerencias de Mantenimiento, Operaciones, Técnicas o entes técnicos y custodios de las instalaciones de PDVSA y sus empresas filiales, mediante informes escritos, reuniones de trabajo y cualquier otro medio disponible, para informar sobre avances, desviaciones y realizar seguimiento a las acciones preventivas.

6.3 *De los Analistas e Ingenieros de Confiabilidad*

- 6.3.1 Delimitar adecuadamente los Sistemas Productivos a los que se les realizará mantenimiento preventivo.

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA		PDVSA MR-02-02-03	
	REVISIÓN	FECHA		
	0	JUN.08		
NIVELES DE MANTENIMIENTO		Página 6		

- 6.3.2 Clasificar las actividades de mantenimiento preventivo a realizar a los Sistemas Productivos, de acuerdo con los niveles establecidos en la presente norma y al contexto operacional en que se encuentren, lo cual constituye insumo para la planificación y programación de los Planes de Mantenimiento Preventivo a los Sistemas Productivos.
- 6.3.3 Promover y asegurar el cumplimiento de la aplicación de los Niveles de Mantenimiento establecidos en la presente norma y velar por la efectividad de los mismos.
- 6.3.4 Transferir e intercambiar con el personal interno de su organización y con las Gerencias de Mantenimiento, Operaciones, Técnicas o entes técnicos, y custodios de las instalaciones de PDVSA y sus empresas filiales, las mejores prácticas y lecciones aprendidas producto de la implementación de los Niveles de Mantenimiento establecidos en esta norma.
- 6.3.5 Analizar y procesar en conjunto con el planificador/programador, custodios, ejecutores y operadores de mantenimiento, la información de la ejecución real de los Niveles de Mantenimiento, para establecer las acciones en búsqueda del mejoramiento continuo.

6.4 Del Planificador/Programador

- 6.4.1 Planificar y programar los planes de Mantenimiento Preventivo de los Sistemas Productivos, teniendo como insumo la clasificación de las actividades de mantenimiento de acuerdo con los niveles establecidos en esta norma.
- 6.4.2 Realizar seguimiento y control de la gestión de los planes y programas asociados a los niveles de mantenimiento, para garantizar la implementación de los mismos.
- 6.4.3 Analizar y procesar en conjunto con los analistas e ingenieros de confiabilidad, custodios, ejecutores y operadores de mantenimiento, la información de la ejecución real de los Niveles de Mantenimiento, para establecer las acciones en búsqueda del mejoramiento continuo.

6.5 Del Ejecutor de las Actividades de Mantenimiento (Operaciones y Mantenimiento)

- 6.5.1 Cumplir estrictamente con la ejecución de los planes y programas asociados a los niveles de mantenimiento, para asegurar la implementación efectiva de la presente norma.
- 6.5.2 Asegurar la veracidad del dato y resultados de las acciones de mantenimiento basados en la aplicación de los niveles definidos en esta norma.
- 6.5.3 Registrar y notificar al planificador/programador y a su línea supervisoría, los resultados de las acciones de mantenimiento basados en la aplicación de los niveles definidos en esta norma.

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA		PDVSA MR-02-02-03	
	NIVELES DE MANTENIMIENTO		REVISIÓN	FECHA
			0	JUN.08
		Página 7		

- 6.5.4 Analizar y procesar en conjunto con los analistas e ingenieros de confiabilidad, custodios y planificador/programador de mantenimiento, la información de la ejecución real de los Niveles de Mantenimiento, para establecer las acciones en búsqueda del mejoramiento continuo.

7 LINEAMIENTOS

- 7.1** Las diferentes acciones en los Niveles de Mantenimiento, deben estar enmarcadas en las normativas de Seguridad Industrial, Ambiente e Higiene Ocupacional, a fin de garantizar la integridad de los trabajadores, las instalaciones y el ambiente.
- 7.2** Cada área de trabajo debe identificar, clasificar e implementar las actividades de mantenimiento de acuerdo con los Niveles establecidos en esta Norma, considerando el contexto operacional donde se encuentre y teniendo como referencia la norma PDVSA MR-02-02-04 "Guía de Actividades Asociadas a los Niveles de Mantenimiento".
- 7.3** En el caso de modificar o revisar la presente norma, se debe revisar la norma PDVSA MR-02-02-04 "Guía de Actividades Asociadas a los Niveles de Mantenimiento".

8 NIVELES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

8.1 Nivel 1

En este nivel se describe el mantenimiento que involucra servicios básicos y las actividades de prevención, que no requieren desmontaje, apertura o parada del Sistema Productivo, así como registros de parámetros operacionales y la conservación de los aspectos de Seguridad Industrial, Higiene Ocupacional y Ambiente. Por ejemplo: todas las actividades dirigidas a la conservación externa, inspección visual, completación de niveles de fluidos de lubricación y/o enfriamiento de los equipos, orden y limpieza del sistema productivo en general.

8.2 Nivel 2

En este nivel se describen todas las actividades de inspección no intrusiva, pruebas, ensayos no destructivos, mantenimiento de elementos que requieran o no paradas del Sistema Productivo y adicionalmente, monitoreo, registro de datos de mantenimiento y confiabilidad que permitan establecer la condición del elemento. Las paradas en este nivel no comprometen la continuidad operacional o el arranque del Sistema Productivo. Ejemplo: cambio de elementos consumibles.

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA		PDVSA MR-02-02-03	
	NIVELES DE MANTENIMIENTO		REVISIÓN 0	FECHA JUN.08
	Página 8			

8.3 Nivel 3

En este nivel se describen todas las actividades de inspección intrusiva, pruebas, ensayos no destructivos especializados, ensayos destructivos y mantenimiento preventivo para restituir las condiciones operacionales que requieran, con o sin parada del Sistema Productivo. La parada en este nivel compromete la continuidad operacional o el arranque del Sistema Productivo.

8.4 Nivel 4

En este nivel se describen en general las actividades de restitución parcial del Sistema Productivo llevándolo a las condiciones de diseño, que permitan prolongar su vida útil e impliquen parada. Por ejemplo: Fabricación y/o reparación de piezas, armado y reparación de conjuntos.

8.5 Nivel 5

En este nivel se realizan todas aquellas actividades de restitución total de las condiciones originales de diseño, que impliquen parada del Sistema Productivo. Igualmente, reparaciones del Nivel 4 asignadas a este nivel por razones económicas o de oportunidad, pudiéndose referir a mejoras o incorporación de nuevas tecnologías.

Nota: En el Anexo 1 se muestra un flujograma que permite visualizar de manera didáctica, el proceso de clasificación de las actividades de mantenimiento por nivel

9 CONSIDERACIONES

- 9.1** Cuando sea necesario la aplicación de un mantenimiento correctivo, este deberá ser atendido de acuerdo a la magnitud y complejidad de la falla, estableciendo una analogía con los niveles de mantenimiento descritos en la presente norma.
- 9.2** Los mantenimientos correctivos deben ser minimizados, considerando la implementación eficiente de planes de mantenimiento preventivo basados en metodologías de confiabilidad, lecciones aprendidas o mejores prácticas. Adicionalmente, se dispone de análisis de riesgo, planes de contingencia, procedimientos e instructivos de trabajo y definición de los niveles de protección ante la aparición de cualquier evento, para controlar, mitigar y/o eliminar las consecuencias de los mismos.

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA		PDVSA MR-02-02-03	
	NIVELES DE MANTENIMIENTO		REVISIÓN	FECHA
			0	JUN.08
			Página 9	

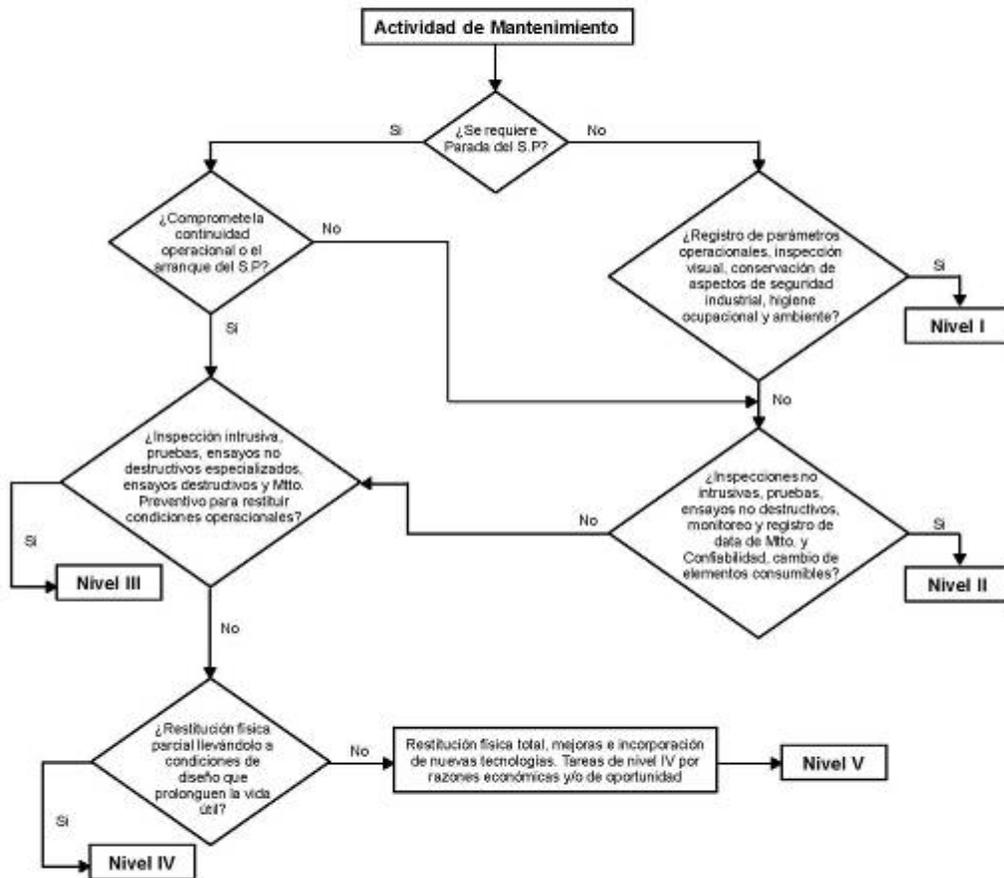
- 9.3** Dada la importancia que reviste el hecho de la aparición de fallas que representen una alta frecuencia en los niveles bajos (por ejemplo: en los Niveles 1, 2 y 3) o que ésta aparezca en los niveles más altos (por ejemplo: en los Niveles 4 y 5), análogos a los de mantenimiento preventivo, se debe promover en cualquiera de los dos casos el estudio o análisis de las causas que lo originan para establecer las medidas que permitan controlarlas y/o mitigarlas, dado que en cualquiera de los escenarios se están produciendo gastos o un mayor número de acciones de mantenimiento o ambos, que pudieran estar comprometiendo la eficiencia del S.P.

10 ANEXOS

- Anexo 1 "Flujograma para la Clasificación de las Actividades de Mantenimiento por Nivel"

 PDVSA	MANUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA	PDVSA MR-02-02-03	
	NIVELES DE MANTENIMIENTO	REVISIÓN 0	FECHA JUN. 08
		Página 10	

**ANEXO 1 FLUJOGRAMA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO POR NIVEL**



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	PROPUESTA DE MEJORAS DE MANTENIMIENTO AL TOP DRIVE DEL TALADRO PDV-02, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ Y EL USO DE HERRAMIENTAS PREDICTIVAS
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Rodríguez H., Abrahan N.	CVLAC: 17.360.615 E MAIL: arodher@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**Mantenimiento****Perforación Petrolera****Top Drive****Análisis Causa Raíz****Herramientas Predictivas****Análisis de Lubricante****Plan de Mantenimiento**

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Mecánica

RESUMEN (ABSTRACT):

El objetivo perseguido con el desarrollo de este trabajo consistió en proponer mejoras de Mantenimiento al Top Drive del taladro PDV-02, mediante la aplicación del Análisis Causa Raíz y el uso de herramientas predictivas. Para lograrlo fue necesario realizar un diagnostico del estado actual del equipo, en el que se realizaron inspecciones y entrevistas, a fin de identificar el estado en que se encuentra, luego se procedió a la realización de un análisis de causa raíz buscando identificar las causas por las cuales se presenta la falla en el accionamiento del Top Drive. Para ello fue necesario la conformación de un equipo natural de trabajo con personal altamente capacitado. Seguidamente se procedió a la selección y posterior aplicación de la herramienta predictiva que mejor se adaptó al entorno operacional, siendo esta el análisis de lubricante, para luego realizar la reestructuración de los planes de mantenimiento del Top Drive. Para esto se presenta el plan de mantenimiento utilizado con anterioridad en el equipo, y luego basado en las recomendaciones obtenidas del A.C.R. y la aplicación de los análisis de lubricante, reestructurar dichos planes adaptándolos a los requerimientos reales del equipo. Y finalmente realizar las propuestas de mejoras de mantenimiento al Top Drive.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Prof. Bravo G. Darwin J.	CVLAC:	8.298.181			
	E_MAIL	darwinjbg@gmail.com			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ing. Avis P. Rafael	CVLAC:	11.824.561			
	E_MAIL	avisrw@pdvsa.com			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Prof. Virralloel Delia.	CVLAC:	5.189.938			
	E_MAIL	deliavs@cantv.net			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Prof. Griffith Luis.	CVLAC:	5.194.170			
	E_MAIL	Luisgriffith21@cantv.net			
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	06	02
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Propuesta de mejoras de Mantenimiento al Top Drive	Application / msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u
v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

INGENIERO MECÁNICO

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PREGRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE / NÚCLEO ANZOÁTEGUI

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva Propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”

Rodríguez H. Abrahan N.

AUTOR

AUTOR

AUTOR

Prof. Darwin Bravo

Prof. Delia Villarroel
Griffith

Prof. Luis

TUTOR

JURADO

JURADO

Prof. Diógenes Suárez

POR LA COMISION DE TESIS