


	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 2</b>

Neiva, 17 de diciembre de 2014

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

GERARDO ZAMBRANO PERDOMO, con C.C. No. 1'075.268.076

SERGIO ALBERTO CUELLAR FERNANDEZ, con C.C. No. 1'075.266.589

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_





titulado GUÍA TÉCNICA DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ROTATORIO CONVENCIONAL PARA EQUIPOS DE PERFORACIÓN TERRESTRE

presentado y aprobado en el año 2014 como requisito para optar al título de

INGENIERO DE PETRÓLEOS \_\_\_\_\_;

autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

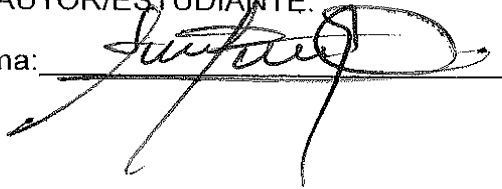
- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 2</b>

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:





Firma:



EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:



	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 4</b>

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** GUÍA TÉCNICA DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ROTATORIO CONVENCIONAL PARA EQUIPOS DE PERFORACIÓN TERRESTRE.

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
ZAMBRANO PERDOMO	GERARDO
CUELLAR FERNANDEZ	SERGIO ALBERTO

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
VARGAS CASTELLANOS	CONSTANZA

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** INGENIERO DE PETRÓLEOS

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA O POSGRADO:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS





**CIUDAD:** NEIVA

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2014

**NÚMERO DE PÁGINAS:** 160

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>				  		
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 4</b>

Diagramas\_\_\_ Fotografías X Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general X Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_  
 Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_\_\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o  
 Cuadros X

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):





**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>PERFORACIÓN</u>	<u>DRILLING</u>	6. _____	_____
2. <u>INSPECCIÓN</u>	<u>INSPECTION</u>	7. _____	_____
3. <u>MANTENIMIENTO</u>	<u>MAINTENANCE</u>	8. _____	_____
4. <u>TALADRO DE PERFORACIÓN</u>	<u>OIL RIG</u>	9. _____	_____
5. <u>SISTEMA ROTATORIO</u>	<u>ROTARY SISTEM</u>	10. _____	_____

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

En este documento se presentan los métodos, procedimientos y equipos para realizar la inspección y el mantenimiento del sistema rotatorio convencional para equipos de perforación terrestre, siguiendo los lineamientos y recomendaciones tanto de normas API y ASTM, como de manuales del fabricante de los equipos. Así mismo, en conjunto con los procedimientos de inspección presentados, los autores sugieren criterios de aceptación y/o rechazo para cada procedimiento y tipo de inspección; lo anterior, basados en las especificaciones del equipo.

De modo práctico se aplica un procedimiento de inspección al equipo de perforación Petroworks 124, teniendo en cuenta las especificaciones de sus componentes y sus condiciones de operación.

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>3 de 4</b>

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

This document provides methods, procedures and equipment to realize inspection and maintenance for conventional rotary system of land drilling rig, by the guidelines and recommendations of both API - ASTM Standars and manufacturer's manuals. Based on equipment specifications, Authors suggest, acceptance or rejection criteria for each procedure and inspection method.

Taking into account his components, operation conditions and specifications, The Petroworks 124 Drilling rig was inspected on a very practical way.



## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 4

Empty box for the description of the thesis or degree work.

#### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: CONSTANZA VARGAS CASTELLANOS

Firma:

Nombre Jurado: HECTOR ENRIQUE SANCHEZ

Firma:

Nombre Jurado: LUIS HUMBERTO ORDUZ

Firma:

*Constanza Vargas C, Gerardo Zambrano P. & Sergio A. Cuellar F.*

**GUÍA TÉCNICA DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA  
ROTATORIO CONVENCIONAL PARA EQUIPOS DE PERFORACIÓN  
TERRESTRE**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA PETROLEOS - PRESENCIAL  
DE 2014  
NEIVA, HUILA**

**GUÍA TÉCNICA DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA  
ROTATORIO CONVENCIONAL PARA EQUIPOS DE PERFORACIÓN  
TERRESTRE**

**SERGIO ALBERTO CUELLAR FERNANDEZ COD: 2010192502  
GERARDO ZAMBRANO PERDOMO COD: 2010191864**

**Director del Proyecto  
ING. CONSTANZA VARGAS CASTELLANOS**

**Presentado a:**

**COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO  
Facultad de Ingeniería**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA PETROLEOS - PRESENCIAL  
DE 2014  
NEIVA, HUILA**



**GUÍA TÉCNICA DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA  
ROTATORIO CONVENCIONAL PARA EQUIPOS DE PERFORACIÓN  
TERRESTRE**

**ÁREA DE INVESTIGACIÓN: PERFORACIÓN**

**PRESENTADO AL COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO  
DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS**

**Director:** \_\_\_\_\_  
**Ing. Constanza Vargas.**

**Jurado:** \_\_\_\_\_  
**Ing. Enrique Sánchez.**

**Jurado:** \_\_\_\_\_  
**Ing. Luis Humberto Orduz.**

## **DEDICATORIAS**

### **GERARDO ZAMBRANO PERDOMO**

A Dios, por regalarme una vida maravillosa y permitirme, a través de sus bendiciones, cumplir a cabalidad con mis proyectos. A toda mi familia, el motor de mi vida, la cual me ha dado el soporte y ha sido mi guía en el camino de la vida; especialmente a mis padres Gerardo y Luz Ángela por sus enseñanzas, amor y sacrificios, que han permitido forjar mis valores, mis principios, mi carácter, mi perseverancia y mi coraje para lograr todos los objetivos en la vida; a mis hermanos Ángela, Ana y Félix quienes han sido mis compañeros en la vida y me han dado a diario su apoyo, su conocimiento y su confianza. A cada uno de mis amigos por hacer parte de mi vida y regalarme su apoyo incondicional y sus palabras de aliento. Finalmente, a mis maestros que marcaron, con sus enseñanzas frente a un tablero, mi futuro como una persona ejemplar y como un profesional íntegro.

### **SERGIO ALBERTO CUELLAR FERNANDEZ**

Primero a Dios, porque sin él no habría sido posible alcanzar esta meta, por su guía y todas sus bendiciones que han hecho de mi vida una experiencia inigualable. A toda mi familia, porque siempre me dio el apoyo y encamino mi rumbo para alcanzar todas mis metas; a los mejores padres que Dios pudo disponer para mí, Alberto Cuellar y Lucy Fernández, pilares fundamentales en mi vida, por su apoyo y amor incondicional, por todo su sacrificio que hicieron de mí quien soy ahora; a mis hermanos Johan, Camilo y Mayra por compartir conmigo el camino de la vida, por brindarme siempre el amor y la confianza que he necesitado; a mi novia Tatiana Ospina, por enseñarme lo bello que es amar y por brindarme siempre su apoyo incondicional, por quien madure y crecí como persona. A todos mis amigos por hacer parte de mi vida y acompañarme siempre en todas las aventuras y experiencias que me marcaron como persona. Y de manera especial a mis maestros, que con sus enseñanzas y sabias palabras, forjaron en mí todas las habilidades necesarias, para lograr ser siempre una mejor persona y ahora convertirme en un excelente profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestros más sinceros agradecimientos a Dios por acompañarnos en la realización de este proyecto.

A la Ing. Constanza Vargas, directora de tesis, que con su amabilidad y colaboración fue nuestra guía a través de todo el proceso, gracias a sus aportes, recomendaciones e historias de vida.

Al Ing. Enrique Sánchez, quien nos compartió sus conocimientos y nos regaló el apoyo y la crítica necesaria para la correcta realización de este trabajo.

Al Ing. Luis Humberto Orduz, por su colaboración y disposición en cada etapa de este proyecto.

Al Ing. Yesid Cely, que a través de su conocimiento, experiencia y amabilidad nos brindó siempre sus comentarios y apoyo en pro de nuestro proyecto.

A nuestros compañeros de la universidad, por su apoyo y su compañía en estos años de estudio.

Finalmente, a la Universidad Surcolombiana, nuestro segundo hogar, y a sus docentes quienes además de compartirnos sus conocimientos nos brindaron el soporte necesario para llegar a esta estancia.

## **RESUMEN**

Este documento sirve como guía técnica en los procesos de inspección y mantenimiento del sistema rotatorio convencional para equipos de perforación terrestre, por medio de procedimientos que proveen la información general para realizar procesos de inspección y mantenimiento de forma correcta y siguiendo los lineamientos y recomendaciones tanto de normas como API y ASTM como de manuales del fabricante de los equipos; así mismo se deja como opción las sugerencias que realice el propietario del equipo.

Esta guía tiene como sustento recursos bibliográficos enmarcados en la normatividad usada por la industria, donde la norma DS-1 y la norma API, son los pilares fundamentales en la realización de esta guía. Se considera, con igual importancia, las recomendaciones y procedimientos generados por personas capacitadas y con gran experiencia en los procesos de inspección de equipos.

Junto a los procedimientos de inspección presentados en esta guía, se sugieren criterios de aceptación y/o rechazo para cada procedimiento y tipo de inspección; lo anterior, basados en normas y recomendaciones del fabricante.

Para aplicar de forma práctica el procedimiento general planteado, se desarrolla adicionalmente el procedimiento de inspección aplicado a un equipo de perforación que emplea sistema rotatorio convencional. Éste procedimiento se realiza a partir de las especificaciones del equipo, sus condiciones de operación, los conocimientos del personal del taladro, así como de la información suministrada a partir del manual del fabricante. Adicionalmente, se desarrollan formatos de reportes para los equipos inspeccionados.

Finalmente, se proponen cronogramas de mantenimiento y listas de chequeo que permiten, de manera integral con los procedimientos, mantener en buenas condiciones operativas los equipos que componen el sistema rotario.

## INTRODUCCIÓN

El éxito en las operaciones de perforación de pozos, radica en alcanzar una meta, pero de manera integral, siempre velando por la integridad de todas las partes que se ven involucradas en la operación; es decir, tanto el personal que la desarrolla, como los equipos que intervienen en ella y especialmente el medio ambiente, son pilares fundamentales en toda la operación. A estos pilares se les debe garantizar un cuidado especial, y la prevalencia de su integridad hasta el momento de alcanzar la meta propuesta.

De acuerdo a lo anterior, se genera una guía con los procedimientos y recomendaciones para inspeccionar los equipos que componen el sistema rotatorio convencional de manera segura y cumpliendo con los requisitos establecidos en normas, manuales del fabricante y teniendo en cuenta las consideraciones del propietario del equipo. De este modo, el usuario podrá predecir fallas, realizar ajustes, verificar el estado mecánico-operativo de los equipos para prolongar su vida útil, efectuar mejoras y lograr, de una manera efectiva y a tiempo, solucionar diferentes problemas, prolongando el buen funcionamiento de los equipos rotativos de perforación terrestre y buscando ante todo conservar su integridad mecánica

En esta guía se encontrará información general de equipos y herramientas que se utilizan en la perforación con sistema rotatorio convencional, con procedimientos generales al momento de inspeccionar los equipos y criterios que permiten su aceptación o rechazo.

## OBJETIVOS

### General

- Elaborar una guía técnica de inspección y mantenimiento del sistema rotatorio convencional para perforación terrestre que permita mantener la integridad mecánica de los equipos.

### Específicos

- Identificar, definir y caracterizar cada uno de los elementos que componen el sistema rotatorio convencional.
- Elaborar el inventario completo de un taladro que perfore con sistema rotatorio convencional, y que se encuentre operando en la industria Colombiana.
- Definir cada uno de los tipos de mantenimiento e inspección realizados generalmente al sistema rotatorio convencional, y aplicarlos al inventario seleccionado para esta guía.
- Establecer los criterios específicos de aceptación y rechazo en la inspección por partes, del inventario seleccionado para esta guía.
- Realizar una revisión documental de los sistemas rotatorios convencionales en cuanto a fabricantes, y normativa (API y ASTM).
- Recopilar y seleccionar todos los datos bibliográficos obtenidos y elaborar la guía.

## TABLA DE CONTENIDO

### CAPÍTULO I.

<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	18
1.1. Sistema rotatorio convencional .....	18
1.2. Mesa rotaria.....	19
1.3. Buje maestro.....	19
1.4. Unión giratoria .....	20
1.5. Cuadrante .....	21
1.6. Acople protector del cuadrante .....	21
1.7. Válvula inferior del cuadrante.....	22
1.8. Válvula superior del cuadrante.....	22
1.9. Buje del cuadrante .....	23
1.10. Rotador del cuadrante.....	23
1.11. Preventor interno de influjo de pozo .....	26

### CAPÍTULO II.

<b>SEGURIDAD, RIESGOS Y ACCIDENTES LABORALES</b> .....	25
2.1. Riesgos .....	25
2.2. Accidentes .....	26
2.3. Capacitar.....	26
2.4. Elementos de protección personal.....	26
2.4.1. Protección de lesiones cerebrales .....	29
2.4.2. Protección de lesiones a los ojos y cara.....	30
2.4.3. Protección de pérdida auditiva .....	31
2.4.4. Protección respiratoria.....	32
2.4.5. Protección de lesiones en manos y brazos.....	33
2.4.6. Protección de lesiones en los pies y las piernas .....	34
2.4.7. Cinturones de seguridad para trabajo en alturas.....	35
2.4.8. Ropa de protección y de trabajo .....	35

**CAPÍTULO III.**

**INSPECCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ROTATORIO CONVENCIONAL ..... 37**

3.1. Inspección..... 37

3.2. Tipos de inspección ..... 37

    3.2.1. Inspección no formal o no planeada ..... 37

    3.2.2. Inspección formal o planeada ..... 37

    3.2.3. Inspección de orden y limpieza ..... 37

    3.2.4. Inspección general ..... 38

    3.2.5. Inspección de puntos críticos..... 38

    3.2.6. Inspección pre-uso de equipos..... 38

3.3. Niveles de Inspección..... 38

    3.3.1. Nivel I..... 38

    3.3.2. Nivel II..... 39

    3.3.3. Nivel III ..... 39

    3.3.4. Nivel IV ..... 39

3.4. Ensayos no destructivos ..... 39

    3.4.1. Ventajas y limitaciones de los ensayos no destructivos ..... 40

    3.4.2. Descripción de los ensayos no destructivos ..... 41

        3.4.2.1. Inspección visual ..... 41

            3.4.2.1.1. Requisitos de la inspección visual ..... 41

            3.4.2.1.2. Aplicaciones..... 42

            3.4.2.1.3. Ventajas ..... 42

            3.4.2.1.4. Limitaciones ..... 43

        3.4.2.2. Inspección por líquidos penetrantes ..... 43

            3.4.2.2.1. Requisitos de la inspección por líquidos penetrantes ..... 43

            3.4.2.2.2. Etapas del método de inspección por líquidos penetrantes ..... 44

            3.4.2.2.3. Clasificación de los líquidos penetrantes ..... 46

            3.4.2.2.4. Aplicaciones ..... 46

            3.4.2.2.5. Ventajas ..... 46

            3.4.2.2.6. Limitaciones ..... 46

        3.4.2.3. Inspección por radiografía industrial..... 47

        3.4.2.4. Inspección con ultrasonido ..... 48



3.4.2.5. Inspección con partículas magnéticas .....	50
3.4.2.5.1. Partículas magnéticas húmedas .....	50
3.4.2.5.2. Partículas magnéticas secas .....	51
3.4.2.5.3. Métodos de inspección con partículas magnéticas .....	52
3.4.2.5.4. Procedimiento de inspección con partículas magnéticas.....	53
3.5. Inspección del sistema rotatorio convencional.....	54
3.5.1. Procedimiento general de inspección de los equipos y/o herramientas que conforman el sistema rotatorio convencional .....	54
3.5.2. Recomendaciones para la realización de la inspección de los equipos del sistema rotatorio convencional .....	57
3.5.3. Inspección del cuadrante y buje del cuadrante .....	58
3.5.3.1. Objetivo y alcances.....	58
3.5.3.2. Equipos requeridos .....	58
3.5.3.3. Procedimiento de inspección del cuadrante .....	58
3.5.3.3.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.....	60
3.5.3.4. Procedimiento de inspección del buje del cuadrante.....	60
3.5.3.4.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.....	60
3.5.4. Inspección del acople protector del cuadrante.....	60
3.5.4.1. Objetivo y alcances.....	60
3.5.4.2. Equipos requeridos .....	61
3.5.4.3. Procedimiento de inspección del acople protector del cuadrante.....	61
3.5.4.3.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.....	64
3.5.5. Inspección de las válvulas de seguridad del cuadrante y la válvula interna preventora de influjo .....	64
3.5.5.1. Objetivo y alcances.....	64
3.5.5.2. Equipos requeridos .....	64
3.5.5.3. Procedimiento de inspección .....	64
3.5.5.3.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.....	65
3.5.6. Inspección de la unión giratoria .....	65
3.5.6.1. Objetivo y alcances.....	65
3.5.6.2. Frecuencia de inspección.....	66
3.5.6.3. Procedimiento de inspección .....	66
3.5.6.3.1. Inspección visual .....	67
3.5.6.3.2. Inspección dimensional .....	67

3.5.6.3.3. Inspección con partículas magnéticas .....	70
3.5.7. Inspección de la mesa rotaria y buje maestro .....	70
3.5.7.1. Objetivo y alcances.....	70
3.5.7.2. Procedimiento de inspección de la mesa rotaria.....	70
3.5.7.2.1. Inspección mensual de la mesa rotaria .....	72
3.5.7.2.2. Inspección trimestral de la mesa rotaria .....	72
3.5.7.2.3. Inspección semestral de la mesa rotaria .....	72
3.5.7.2.4. Criterios de aceptación y/o rechazo en inspección de la mesa rotaria .....	73
3.5.7.3. Procedimiento de inspección del buje maestro .....	73
3.5.7.3.1. Criterios de aceptación y/o rechazo en inspección del buje maestro .....	74
3.5.8. Inspección del rotador del cuadrante .....	74
3.5.8.1. Objetivo y alcances.....	74
3.5.8.2. Procedimiento de inspección del rotador del cuadrante .....	75
3.5.8.2.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.....	75

## **CAPÍTULO IV.**

### **MANTENIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA ROTATORIO**

<b>CONVENCIONAL .....</b>	<b>76</b>
4.1. Mantenimiento .....	76
4.2. Tipos de mantenimiento .....	76
4.2.1. Mantenimiento predictivo .....	76
4.2.2. Mantenimiento preventivo.....	77
4.2.3. Mantenimiento correctivo .....	78
4.3. Lubricación.....	79
4.3.1. Funciones de los lubricantes.....	80
4.3.2. Características físicas y químicas de los lubricantes .....	81
4.4. Grasas .....	83
4.4.1. Características de las grasas .....	84
4.5. Análisis para la selección de un fabricante .....	84
4.6. Problemas en lubricantes.....	85
4.7. Puntos críticos que requieren lubricación .....	85
4.8. Componentes fundamentales de los equipos del sistema rotatorio convencional.....	85

4.8.1. Rodamientos .....	85
4.8.1.1. Mantenimiento de los rodamientos .....	86
4.8.1.2. Almacenamiento de los rodamientos de repuesto .....	86
4.8.1.3. Manejo correcto de los rodamientos.....	86
4.8.1.4. Limpieza de los rodamientos.....	87
4.8.1.5. Lubricación correcta de los rodamientos.....	87
4.8.1.6. Inspección de los rodamientos.....	88
4.8.2. Cadenas de transmisión .....	89
4.8.2.1. Técnica para ajuste de transmisión.....	90
4.8.2.2. Instalación y mantenimiento.....	90
4.8.3. Engranés .....	93
4.8.3.1. Tipos de engranes .....	93
4.8.3.2. Factores de diseño .....	95
4.8.3.3. Composición material de los engranes .....	96
4.8.3.4. Variables que determinan los requerimientos de lubricación.....	97
4.8.3.5. Tipos de lubricantes para engranes.....	97
4.8.3.6. Sistemas de lubricación para engranes .....	98
4.8.3.7. Selección del lubricante y método de lubricación.....	98
4.8.3.7.1. Selección del lubricante.....	99
4.8.3.7.2. Selección del sistema de lubricación.....	99
4.8.3.8. Falla en engranajes por defecto en la lubricación .....	100
4.8.4. Mantenimiento de la mesa rotaria .....	102
4.8.4.1. Instalación de la mesa rotaria .....	103
4.8.5. Mantenimiento de la unión giratoria .....	104
4.8.5.1. Instalación de la unión giratoria .....	105
4.8.6. Mantenimiento del cuadrante .....	106
4.8.7. Mantenimiento del rotador del cuadrante.....	107
4.8.8. Mantenimiento de las válvulas de seguridad: Superior, inferior e interna.....	108

**CAPÍTULO V.**

**INVENTARIO DE EQUIPOS TALADRO DE PERFORACIÓN**

**PETROWORKS 124** ..... 109

5.1. Inventario de equipos ..... 109

5.2. Especificaciones de equipos ..... 110

    5.2.1. Mesa rotaria ..... 110

    5.2.2. Cuadrante ..... 110

    5.2.3. Unión giratoria ..... 111

    5.2.4. Buje del cuadrante ..... 111

    5.2.5. Válvulas del cuadrante ..... 112

    5.2.6. Preventor interno de influjo de pozo ..... 112

    5.2.7. Rotador del cuadrante ..... 113

**CAPÍTULO VI.**

**INSPECCIÓN DE EQUIPOS DEL TALADRO PETROWORKS 124** ..... 114

6.1. Certificación y calificación del personal ..... 116

6.2. Inspección del cuadrante ..... 116

    6.2.1. Inspección visual de conexiones ..... 118

    6.2.2. Inspección de conexiones por el método dimensional 2 ..... 124

    6.2.3. Calibración del diámetro externo del cuerpo (O.D Gauge) ..... 126

    6.2.4. Inspección de pared con ultrasonido ..... 128

    6.2.5. Inspección con partículas magnéticas ..... 132

6.3. Inspección del buje del cuadrante ..... 133

6.4. Inspección del acople protector del cuadrante ..... 134

    6.4.1. Inspección visual ..... 135

        6.4.1.1. Procedimiento de inspección visual de conexiones del acople ..... 136

        6.4.1.2. Procedimiento de inspección visual del cuerpo del acople ..... 137

    6.4.2. Inspección dimensional ..... 138

6.5. Inspección de la unión giratoria ..... 138

    6.5.1. Inspección visual ..... 139

    6.5.2. Inspección dimensional ..... 141

6.5.3. Inspección con partículas magnéticas .....	141
6.6. Inspección de la mesa rotaria y el buje maestro .....	142
6.6.1. Procedimiento de inspección de la mesa rotaria.....	142
6.6.1.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.....	144
6.6.2. Procedimiento de inspección del buje maestro .....	145
6.6.2.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.....	145
6.7. Inspección del rotador del cuadrante.....	145
6.8. Inspección de las válvulas de seguridad del cuadrante y válvula interna preventora de influjo .....	146

## **CAPÍTULO VII.**

<b>CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO Y LISTAS DE CHEQUEO PARA EQUIPOS DEL TALADRO PETROWORKS 124 .....</b>	<b>151</b>
---	------------

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA CITADA**

### **ANEXO 1**

REGISTRÓ FOTOGRAFICO DE PRUEBA DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS  
MAGNÉTICAS REALIZADO POR AUTORES

### **ANEXO 2**

ESPECIFICACIÓN PARA TUBERIA DE PERFORACIÓN SEGÚN NORMA DS-1

### **ANEXO 3**

FORMATOS UTILIZADOS PARA EL REPORTE DE LA INSPECCIÓN DE LOS  
EQUIPOS DEL TALADRO PW-124

**INDICE DE FIGURAS**

- Figura 1: Mesa Rotaria
- Figura 2: Buje maestro
- Figura 3: Unión giratoria
- Figura 4: El cuadrante
- Figura 5: Acople protector del cuadrante
- Figura 6: Válvulas de seguridad del cuadrante
- Figura 7: Buje del cuadrante
- Figura 8: Rotador de cuadrante
- Figura 9: Preventor interno de influjo de pozo
- Figura 10: Elementos de protección personal
- Figura 11: Casco de seguridad
- Figura 12: Caretas y gafas de seguridad
- Figura 13: Orejeras y tapa oídos
- Figura 14: Filtros y respiradores
- Figura 15: Tipos de guantes de seguridad
- Figura 16: Tipos de zapatos de seguridad
- Figura 17: Cinturones de seguridad para trabajo en alturas
- Figura 18: Ropa de protección y de trabajo
- Figura 19: Interior de una tubería de perforación vista con un baroscopio
- Figura 20: Mojabilidad
- Figura 21: Limpieza y eliminación de recubrimientos.
- Figura 22: Aplicación y permanencia del penetrante.
- Figura 23: Eliminación del exceso de penetrante.
- Figura 24: Aplicación del revelador.
- Figura 25: Observación.
- Figura 26: Radiografía industrial
- Figura 27: Inspección por ultrasonido
- Figura 28: Magnetización Circular Directa (Con cabezales)
- Figura 29: Partículas Magnéticas Húmedas
- Figura 30: Aplicación de partículas Magnéticas secas.
- Figura 31: Tipos de acoples protectores
- Figura 32: Procedimiento de instalación de cuello de ganso.
- Figura 33: Rodamiento de balines
- Figura 34: Cadena de Rodillos
- Figura 35: Medidor de Profundidad de defectos
- Figura 36: Regla metálica 12" para inspección visual de uniones
- Figura 37: Compases para inspección visual de diámetro interior y exterior de las uniones
- Figura 38: Medidor de perfil de roscas.
- Figura 39: Marca en la base del Pin del cuadrante
- Figura 40: Sellos reparados (refacing)

Figura 41: Sellos reparados y cubiertos con protección de cobre (Refacing)

Figura 42: OD Gauge y barra calibradora.

Figura 43: Empleo de la herramienta OD Gauge.

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación líquidos penetrantes

Tabla 2. Categorías de Inspección.

Tabla 3. Programas de Inspección recomendados para el cuadrante.

Tabla 4: Longitudes mínimas para acoples

Tabla 5: Categorías y frecuencia para inspección y mantenimiento

Tabla 6: Dimensiones de desgaste para buje maestro

Tabla 7: Funciones de los lubricantes

Tabla 8: Características de las grasas de acuerdo a su densificador

Tabla 9: Fallas comunes de rodamientos

Tabla 10: Problemas frecuentes en las cadenas

Tabla 11: Tipos de engranes

Tabla 12: Fallas asociadas al lubricante

Tabla 13: Fallas no asociadas al lubricante

Tabla 14: Inventario sistema rotatorio convencional taladro PW-124

Tabla 15: Especificaciones de Mesa rotatoria

Tabla 16: Especificaciones de Cuadrante

Tabla 17: Especificaciones de Unión Giratoria

Tabla 18: Especificaciones de Buje del cuadrante

Tabla 19: Especificaciones de Válvulas del cuadrante

Tabla 20: Especificaciones de preventor interno de influjo de pozo

Tabla 21: Especificaciones de Rotador del cuadrante

Tabla 22: Normas de inspección aplicables a los equipos

Tabla 23: Categorías del programa de inspección

Tabla 24: Área y tipo de inspección

Tabla 25: Cronograma de mantenimiento para mesa rotaria y buje maestro

Tabla 26: Cronograma de mantenimiento para unión giratoria

Tabla 27: Cronograma de mantenimiento para cuadrante y accesorios

Tabla 28: Lista de chequeo para mesa rotaria

Tabla 29: Lista de chequeo para unión giratoria

Tabla 30: Lista de chequeo para cuadrante y accesorios

Tabla 31: Lista de chequeo para elementos de protección personal

## CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Sistema rotatorio convencional

Este sistema es el resultado de un ensamblaje correcto de equipos que proporcionan la rotación y suspensión necesaria a la sarta de perforación, que de esta manera realiza su aporte para que se pueda cumplir el objetivo principal de cualquier taladro “perforar”. Cada uno de los equipos que conforman este sistema, cumple una función única y específica que es fundamental para la operación óptima del mismo. Por tal razón, es de vital importancia velar por la integridad de cada uno de los equipos nombrados a continuación:

### 1.2. Mesa rotaria

La mesa rotaria está conformada por el buje maestro y en algunos casos por un motor eléctrico independiente, con el cual se le puede impartir potencia. Pero generalmente su fuerza de rotación se la imparte la planta motriz del taladro, a través del malacate, por medio de transmisiones, acoplamientos y mandos apropiados.

Su función principal es transmitir el movimiento giratorio a la sarta de perforación y sostener la sarta cuando se realizan las conexiones. La mesa está sostenida por rodamientos de rodillos o de bolas, capaces de soportar el peso muerto de la sarta de perforación o de la tubería de revestimiento que pudiera bajarse al pozo.

Según la capacidad del taladro, la mesa tiene que resistir cargas estáticas o en rotación que varían según la profundidad del pozo. Estas cargas pueden ir desde 70 hasta 1,000 toneladas, de allí que la mesa sea de construcción rígida, de 1.2 a 1.5 metros de diámetro, con rodamientos de aceros de alta calidad, ya que la velocidad de rotación requerida puede ser de muy bajas a 500 revoluciones por minuto. Las dimensiones generales de ancho, largo y altura de la mesa rotaria varían según especificaciones y su robustez puede apreciarse al considerar que su peso aproximado es de 2 a 12 toneladas. La dimensión principal de la mesa y la que representa su clasificación es la apertura circular que tiene en el centro para permitir el paso de brocas y tuberías de revestimiento. Esta apertura única y máxima que tiene cada mesa permite que se les designe como de 305, 445, 521, 698, 952 ó 1,257mm, que corresponden respectivamente a 12, 17 ½, 20 ½, 27 ½, 37 ½, y 49 ½ pulgadas de diámetro.





**Figura 1:** Mesa Rotatoria

**Fuente:** Sichuan Honghua Petroleum Equipment CO

### 1.3. Buje maestro

El buje maestro está ensamblado dentro de la estructura de la mesa rotatoria y es removible para que otras partes grandes puedan ser bajadas a través de la mesa rotatoria hasta el fondo del pozo. Se usan dos tipos de buje maestro: el buje partido, el cual se divide en dos partes, ayudando a ser removido fácilmente cuando se bajan revestimientos y tubería de grandes diámetros y el buje sólido que se utiliza en operaciones rutinarias. Este equipo es usado, adicionalmente, para sostener las cuñas durante los viajes de ida y vuelta de la sarta de perforación.



**Figura 2:** Buje maestro

**Fuente:** World Petroleum Supply Inc.

#### 1.4. Unión giratoria

La unión giratoria es la herramienta instalada en el gancho en la parte inferior del bloque viajero, la cual permite hacer rotar el cuadrante y la tubería de perforación mientras soporta su peso.

Este equipo, adicionalmente, suministra una conexión para la manguera reforzada de circulación que se conecta para inyectar el lodo a la sarta de perforación, por medio de un acoplamiento giratorio, por el que circula a través de la tubería de perforación hasta el fondo del pozo. La unión giratoria está suspendida de su asa del gancho del bloque viajero. La entrada del fluido en la parte superior de la unión es un tubo suavemente curvado, al cual se le llama cuello de ganso, que proporciona una conexión dirigida hacia abajo para la manguera. La unión giratoria está clasificada de acuerdo a su capacidad de carga, la cual puede oscilar entre 1-2 millones de libras, dependiendo del taladro. La selección de su robustez depende de la capacidad máxima de perforación del taladro. La junta por sí sola puede pesar entre 0.5 y 3.3 toneladas.

Debido a su función de soportar cargas pesadas, de girar su conexión con el cuadrante y de resistir presiones de bombeo considerables, la unión giratoria tiene que ser muy sólida, contra fuga de fluido y poseer pasadores resistentes a la fricción y el desgaste.



**Figura 3:** Unión giratoria  
**Fuente:** Bronco Swivels

### 1.5. Cuadrante

El cuadrante es la primera sección de tubería bajo la unión giratoria. Generalmente tiene configuración cuadrada o hexagonal, para permitir la transmisión del momento de torsión de la mesa rotatoria a la tubería de perforación, y su longitud normalmente puede ser de 36 a 54 ft. Su diámetro nominal tiene rangos que van de 3" hasta 6", y diámetro interno de 1 ½" a 3 ½". El peso del cuadrante varía de 870 lbs a 1.6 toneladas.

La rosca de acoplamiento del extremo inferior del cuadrante tiene sello hacia la derecha mientras la rosca en la parte superior tiene su sello hacia la izquierda, de modo que la rotación normal hacia la derecha tenderá a apretar todos los acoples.

Por su función, por las cargas estáticas y dinámicas a las que está sometido, por los esfuerzos de torsión que se le imponen, porque su rigidez y rectitud son esenciales para que baje libremente por el buje y la mesa rotaria, el cuadrante es una pieza que tiene que ser fabricada con aleaciones de los aceros más resistentes, muy bien forjados y adecuadamente tratados al calor.



*Figura 4: El cuadrante*

*Fuente: Sinomach Engineering Contracting*

### 1.6. Acople protector del cuadrante

Para minimizar el desgaste en la conexión inferior del cuadrante, se utiliza un acople protector que extiende la vida del cuadrante, debido a que absorbe todo el desgaste continuo que genera la operación normal de perforación, al conectar y desconectar el cuadrante con el resto de la sarta de perforación. Generalmente, la longitud del acople protector del cuadrante oscila entre 12 y 48 pulgadas. Este accesorio es sacrificado, ya que puede ser fácilmente reparado o reemplazado a bajo costo, adicionalmente puede estar equipado con un protector

de caucho para reducir el desgaste que genera el contacto con equipos BOP o con el revestimiento.



**Figura 5:** Acople protector del cuadrante  
**Fuente:** Firestick Inc.

#### 1.7. Válvula inferior del cuadrante

Una válvula de apertura total instalada inmediatamente debajo del cuadrante, con un diámetro exterior igual al de la tubería de perforación conjunta. Esta válvula puede detener la pérdida de lodo cuando el cuadrante se desconecta de la sarta de perforación. La presión de trabajo de esta válvula varía entre 5,000 y 15,000 psi.

#### 1.8. Válvula superior del cuadrante

La válvula del cuadrante superior se fabrica con conexión de giro a la izquierda para ser utilizada entre el cuadrante y la unión giratoria; ésta se utiliza para controlar influjos que se presenten a través de la sarta de perforación. La válvula superior del cuadrante también puede ser utilizada como válvula inferior. La presión de trabajo de esta válvula varía entre 5,000 y 15,000 psi.



**Figura 6:** Válvula superior del cuadrante  
**Fuente:** Crystin Manufacturing Inc.

### 1.9. Buje del cuadrante

El cuadrante lleva un buje especial que encaja en la mesa rotaria y por medio de este buje, la mesa le imparte rotación. El movimiento vertical libre hacia arriba y hacia abajo del cuadrante es posible a través de este buje, gracias a rodamientos sobre cada una de las caras, cuadrada o hexagonal, del cuadrante, el cual ajusta exactamente dentro de su buje. Puesto que el buje del cuadrante se encuentra asegurado a la mesa rotaria, la rotación de la misma, ya sea eléctrica o mecánica, forzará al buje a rotar igualmente con el cuadrante y toda la sarta de perforación. El movimiento vertical hacia arriba y hacia abajo sigue siendo posible durante la rotación. Cuando el cuadrante se eleva para, por ejemplo, hacer una conexión, el buje del cuadrante se levantará con el mismo.



**Figura 7:** Buje del cuadrante  
**Fuente:** ALCO Corporation

### 1.10. Rotador de cuadrante

Es un dispositivo mecánico para hacer rotar el cuadrante y que puede ser neumático o hidráulico. El rotador de cuadrante es un dispositivo que maneja bajo torque, usado solamente para realizar la conexión inicial de las juntas, pues éste no tiene la suficiente fuerza para proporcionar torque a la junta o para hacer rotar la sarta de perforación. El rotador de cuadrante ha reemplazado las llaves de cadena rotadoras, que en el pasado fueron responsables de numerosos accidentes en la mesa de trabajo.



**Figura 8:** Rotador de cuadrante  
**Fuente:** Gill Services Inc.

#### 1.11. Preventor interno de influjo de pozo

Los pozos algunas veces experimentan diferenciales de presión impredecibles, que pueden generar influjos en el pozo, y que generan situaciones catastróficas para el personal y los equipos de perforación si no se controlan. Las válvulas de seguridad internas son un componente esencial para el mantenimiento de la seguridad de las operaciones de pozos en la perforación, éstas válvulas se configuran en la sarta de perforación y se utilizan en la mesa de trabajo y el fondo del pozo para gestionar las operaciones de seguridad, controlando las patadas de pozo y previendo el influjo del fluido de perforación durante el proceso.



**Figura 9:** Preventor interno de reventón de pozo  
**Fuente:** Jereh Drilltech

## **CAPÍTULO II. SEGURIDAD, RIESGOS Y ACCIDENTES LABORALES**

En las operaciones de inspección y mantenimiento de los taladros de perforación y en general de cualquier tipo de taladro, se debe tener especial cuidado, y ser muy riguroso con el cumplimiento de las políticas de seguridad de la compañía. Los riesgos laborales están presentes durante todo el desarrollo de la operación, y cualquier paso en falso o pequeña distracción, puede terminar en una fatalidad, provocando accidentes y en algunas ocasiones cobrando vidas inocentes del personal.

### **2.1. Riesgos**

El riesgo laboral está relacionado con todo aquel aspecto del contexto del trabajo que tiene la potencialidad de causar algún daño al individuo. El daño puede ser físico, social o mental. Todas las medidas tendientes a conservar la salud laboral están orientadas a identificar los riesgos laborales, realizar una evaluación de los mismos y posteriormente desarrollar medidas tendientes a conservar la salud del trabajador y controlar las posibles situaciones de riesgo. La prevención de riesgos laborales, se ha convertido en una disciplina, que si bien en algunos países tiene más de cien años de evolución social, en otros se ha intensificado desde la década del cincuenta. Esta disciplina busca promover y cuidar integralmente la seguridad y salud de los trabajadores. Como es conocido, las herramientas de acción de la prevención giran en torno a la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos que se encuentran presentes en un proceso productivo. La prevención de riesgos laborales, también está orientada a fomentar el desarrollo de actividades, normas y medidas necesarias para prevenir los riesgos derivados de la tarea laboral diaria. Es de gran importancia lograr que el trabajador se identifique y tome conciencia de la importancia del respeto de normas de seguridad y el correcto manejo de maquinarias y herramientas de trabajo.

En la seguridad laboral, la empresa tiene una gran responsabilidad frente a la protección y cuidado de sus trabajadores. Además de las normas de seguridad que pueden surgir en una etapa de evaluación de riesgos, la institución debe motivar la conciencia colectiva del cuidado y respeto de la seguridad. Las áreas de recurso humanos, tienen a gran responsabilidad de cuidar el desarrollo psicológico dentro de la rutina diaria de trabajo, además de promover las relaciones sociales y el motivar el cuidado mutuo en los equipos de trabajo. Cumplir las normas y hacerlas cumplir es una gran responsabilidad que se encuentra en manos de todos los individuos que intervienen en la vida misma de una institución.

## 2.2. Accidentes

Si bien en la actualidad existe una gran atención por parte de las empresas en la prevención de los accidentes laborales; siempre pueden ocurrir siniestros imprevistos. Frente a las diferentes posibilidades de accidentes, los trabajadores deben conocer cómo deben actuar y donde deben dirigirse en caso de un accidente de trabajo.

Los accidentes de trabajo pueden ocurrir durante la realización del trabajo, como así también en el tránsito entre el domicilio del trabajador y el lugar del trabajo. Además de las normas establecidas para la prevención de accidentes laborales existen numerosas legislaciones que motivan la intervención del estado en la protección del ciudadano trabajador. El vínculo entre la empresa y el trabajador debe ir más allá del hecho de proporcionar los instrumentos legales para formalizar la relación.

## 2.3. Capacitar

Una de las principales situaciones que contribuyen al mantenimiento de la seguridad laboral es la capacitación del personal que interviene en la tarea laboral diaria. Es de gran importancia que el trabajador sepa que hacer y donde dirigirse en caso de que ocurra un accidente en el trabajo. Dentro del ambiente laboral se deben indicar las acciones necesarias para minimizar los riesgos y para que cuando ocurra un accidente el individuo sepa que hacer. En relación a la responsabilidad empresarial se debe indicar que la institución debe adoptar las medidas pertinentes, para que los equipos y herramientas de trabajo que se ponen a disposición de los profesionales sean las indicadas para desarrollar la tarea diaria. Las herramientas y maquinarias deben cumplir las normas de calidad internacional y garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar los equipos en el trabajo diario.

## 2.4. Elementos de protección personal

En la seguridad industrial es muy importante que el trabajador profesional utilice con eficacia los equipos de protección individual que la empresa provee. Estos equipos están diseñados para proteger la integridad física del trabajador y optimizar su seguridad en la actividad. Entre otros elementos de uso común se deben destacar los destinados a proteger las vías respiratorias y oídos, utilizar gafas de seguridad en los trabajos con salpicaduras, chispas y deslumbramientos; utilizar calzado de seguridad si existe riesgo de lesión en los pies y cinturón de seguridad en los trabajos de altura. Además de la correcta utilización de los elementos y equipos de protección se debe tener en cuenta utilizar ajustada la ropa de trabajo, sin llevar partes rotas, o elementos colgantes. Cuando el equipo se deteriora o se observan fallas, se debe comunicar inmediatamente al personal responsable. Las herramientas manuales deben ser utilizadas solo para sus fines específicos. Se deben dejar en lugares que



no produzcan accidentes cuando no son utilizadas, y se deben retirar del uso cotidiano cuando sufren imperfecciones, defectos o desgastes por la utilización.

Los EPP comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones. Los equipos de protección personal constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo o controlados, como en los controles de ingeniería.



**Figura 10:** Elementos de protección personal  
**Fuente:** RIESGOLAB S.R.L. Consulting group

El uso del equipo de protección personal suele ser esencial, pero es generalmente la última alternativa luego de los controles de ingeniería, de las prácticas laborales y de los controles administrativos. Los controles de ingeniería implican la modificación física de una máquina o del ambiente de trabajo. Los controles administrativos implican modificar cómo y cuándo los trabajadores realizan sus tareas, tales como los horarios de trabajo y la rotación de trabajadores con el fin de reducir la exposición. Las prácticas laborales implican la capacitación de los trabajadores en la forma de realizar tareas que reducen los peligros de exposición en el lugar de trabajo.

Como empleador, usted debe evaluar su lugar de trabajo con el fin de determinar si existen riesgos que requieran el uso del equipo de protección personal. Si existen estos riesgos, usted debe seleccionar el equipo de protección personal y exigir que lo utilicen sus trabajadores,

comunicar sus selecciones del equipo de protección personal a sus trabajadores y seleccionar el equipo de protección personal que se ajuste a la talla de sus trabajadores.

Debe también capacitar a los empleados que tienen que hacer uso del equipo de protección personal para que sepan cómo hacer lo siguiente:

- Usar adecuadamente el equipo de protección personal.
- Saber cuándo es necesario el equipo de protección personal.
- Conocer qué tipo del equipo de protección personal es necesario.
- Conocer las limitaciones del equipo de protección personal para proteger de lesiones a los empleados.
- Ponerse, ajustarse, usar y quitarse el equipo de protección personal.
- Mantener el equipo de protección personal en buen estado.

A continuación se presentan algunas ventajas y desventajas con respecto al uso de los elementos de protección personal.

Ventajas:

- Rapidez de su implementación.
- Gran disponibilidad de modelos en el mercado para diferentes usos.
- Fácil visualización de su uso.
- Costo bajo, comparado con otros sistemas de control.
- Fáciles de usar.

Desventajas:

- Crean una falsa sensación de seguridad: pueden ser sobrepasados por la energía del contaminante o por el material para el cual fueron diseñados.
- Hay una falta de conocimiento técnico generalizada para su adquisición.
- Necesitan un mantenimiento riguroso y periódico.
- En el largo plazo, presentan un costo elevado debido a las necesidades, mantenciones y reposiciones.
- Requieren un esfuerzo adicional de supervisión.

Los elementos de protección personal generalmente han sido clasificados en la industria de acuerdo a su funcionalidad, a continuación se muestra esa clasificación:

1. Protección a la Cabeza (cráneo).
2. Protección de Ojos y Cara.
3. Protección a los Oídos.
4. Protección de las Vías Respiratorias.
5. Protección de Manos y Brazos.
6. Protección de Pies y Piernas.
7. Cinturones de Seguridad para trabajo en Altura.
8. Ropa de Trabajo.
9. Ropa Protectora.

#### 2.4.1. Protección de lesiones cerebrales

Los elementos de protección a la cabeza, básicamente se reducen a los cascos de seguridad. Los cascos de seguridad proveen protección contra casos de impactos y penetración de objetos que caen sobre la cabeza.



**Figura 11:** Protección de lesiones cerebrales  
**Fuente:** RIESGOLAB S.R.L. Consulting group

Los cascos de seguridad también pueden proteger contra choques eléctricos y quemaduras. El casco protector no se debe caer de la cabeza durante las actividades de trabajo, para evitar esto puede usarse una correa sujeta a la quijada.

También es importante recordar que es necesario inspeccionarlo periódicamente para detectar rajaduras o daño que pueden reducir el grado de protección ofrecido.

#### 2.4.2. Protección de lesiones a los ojos y cara

Cuando se habla de protección para los ojos, debemos reconocer primero que todos los trabajadores que ejecuten cualquier operación que pueda poner en peligro sus ojos, dispondrán de protección apropiada para estos órganos.



**Figura 12:** Protección de lesiones a los ojos y cara  
**Fuente:** RIESGOLAB S.R.L. Consulting group

Los anteojos protectores para trabajadores ocupados en operaciones que requieran empleo de sustancias químicas corrosivas o similares, serán fabricados de material blando que se ajuste a la cara, resistente al ataque de dichas sustancias. Para casos de desprendimiento de partículas deben usarse lentes con lunas resistentes a impactos. Para casos de radiación infrarroja deben usarse pantallas protectoras provistas de filtro.

También pueden usarse caretas transparentes para proteger la cara contra impactos de partículas.

En general los elementos diseñados para la protección de los ojos, deben cumplir con los siguientes estándares:

- Protección contra proyección de partículas.
- Protección contra líquidos, humos, vapores y gases

- Protección contra radiaciones.

Cuando se requiere la protección de la totalidad del rostro, y no solo de los ojos, encontramos que hay elementos diseñados para la protección de los ojos y cara, dentro de estos tenemos:

- Mascaras con lentes de protección (mascaras de soldador), están formados de una máscara provista de lentes para filtrar los rayos ultravioletas e infrarrojos.
- Protectores faciales, permiten la protección contra partículas y otros cuerpos extraños. Pueden ser de plástico transparente, cristal templado o rejilla metálica.

#### 2.4.3. Protección de pérdida auditiva

Cuando el nivel del ruido exceda los 85 decibeles, punto que es considerado como límite superior para la audición normal, es necesario dotar de protección auditiva al trabajador. Los protectores auditivos, generalmente pueden ser tapones de caucho u orejeras, también conocidas auriculares.



*Figura 13: Protección de pérdida auditiva  
Fuente: RIESGOLAB S.R.L. Consulting group*

Los tapones, son elementos que se insertan en el conducto auditivo externo y permanecen en posición sin ningún dispositivo especial de sujeción.

Orejeras, son elementos semiesféricos de plástico, rellenos con absorbentes de ruido, los cuales se sostienen por una banda de sujeción alrededor de la cabeza.

#### 2.4.4. Protección respiratoria

Ningún respirador es capaz de evitar el ingreso de todos los contaminantes del aire a la zona de respiración del usuario. Los respiradores ayudan a proteger contra determinados contaminantes presentes en el aire, reduciendo las concentraciones en la zona de respiración por debajo del TLV u otros niveles de exposición recomendados. El uso inadecuado del respirador puede ocasionar una sobre exposición a los contaminantes provocando enfermedades o muerte.



**Figura 14:** Protección respiratoria  
**Fuente:** PRICON S.A.

Estas son algunas limitaciones generales de su uso:

- Estos respiradores no suministran oxígeno.
- No los use cuando las concentraciones de los contaminantes sean peligrosas para la vida o la salud, o en atmósferas que contengan menos de 16% de oxígeno.
- No use respiradores de presión negativa o positiva con máscara de ajuste facial si existe barbas u otras porosidades en el rostro que no permita el ajuste hermético.

A lo largo del tiempo, en el desarrollo de la industria, se han distinguido diferentes tipos de respiradores, entre los más comunes encontramos:

- Respiradores de filtro mecánico: polvos y neblinas.
- Respiradores de cartucho químico: vapores orgánicos y gases.
- Máscaras de depósito: Cuando el ambiente está viciado del mismo gas o vapor.

- Respiradores y máscaras con suministro de aire: para atmósferas donde hay menos de 16% de oxígeno en volumen.

#### 2.4.5. Protección de lesiones en manos y brazos

Los guantes que se doten a los trabajadores, serán seleccionados de acuerdo a los riesgos a los cuales el usuario este expuesto y a la necesidad de movimiento libre de los dedos.



**Figura 15:** Protección de lesiones en manos y brazos  
**Fuente:** PRICON S.A.

Los guantes deben ser de la talla apropiada y mantenerse en buenas condiciones. No deben usarse para trabajar con o cerca de maquinaria en movimiento o giratoria. Los guantes que se encuentran rotos, rasgados o impregnados con materiales químicos no deben ser utilizados.

Dependiendo del tipo de trabajo que se esté realizando, se recomienda un tipo de guante diferente, a continuación se presentan los tipos más comunes:

- Para la manipulación de materiales ásperos o con bordes filosos se recomienda el uso de guantes de cuero o lona.
- Para revisar trabajos de soldadura o fundición donde haya el riesgo de quemaduras con material incandescente se recomienda el uso de guantes y mangas resistentes al calor.
- Para trabajos eléctricos se deben usar guantes de material aislante.
- Para manipular sustancias químicas se recomienda el uso de guantes largos de hule o de neopreno.

#### 2.4.6. Protección de lesiones en los pies y las piernas

El calzado de seguridad debe proteger el pie de los trabajadores contra humedad y sustancias calientes, contra superficies ásperas, contra pisadas sobre objetos filosos y agudos y contra caída de objetos, así mismo debe proteger contra el riesgo eléctrico.



**Figura 16:** Protección de lesiones en los pies y las piernas  
**Fuente:** PRICON S.A.

Dependiendo del tipo de trabajo que se vaya a realizar, se realizara la elección del tipo de calzado apropiado para asegurar la integridad del personal y la operación. A continuación se presentan los tipos más comunes:

- Para trabajos donde haya riesgo de caída de objetos contundentes tales como lingotes de metal, planchas, etc., debe dotarse de calzado de cuero con puntera de metal.
- Para trabajos eléctricos el calzado debe ser de cuero sin ninguna parte metálica, la suela debe ser de un material aislante.
- Para trabajos en medios húmedos se usarán botas de goma con suela antideslizante.
- Para trabajos con metales fundidos o líquidos calientes el calzado se ajustará al pie y al tobillo para evitar el ingreso de dichos materiales por las ranuras.
- Para proteger las piernas contra la salpicadura de metales fundidos se dotará de polainas de seguridad, las cuales deben ser resistentes al calor.



#### 2.4.7. Cinturones de seguridad para trabajo en alturas

Estos son elementos de protección que se utilizan en trabajos efectuados en altura, para evitar caídas del trabajador.



**Figura 17:** Cinturones de seguridad para trabajo en alturas  
**Fuente:** PRICON S.A.

Generalmente se da el uso de estos accesorios para efectuar trabajos a más de 1.8 metros de altura del nivel del piso, y básicamente la empresa debe dotar al trabajador de un cinturón o arnés de seguridad que deben ir enganchados a una línea de vida.

#### 2.4.8. Ropa de protección y de trabajo

Cuando se habla de la vestimenta utilizada en labores industriales, y en este caso específico en la industria del petróleo, es importante diferenciar y reconocer que existe ropa especial para la protección del personal en labores específicas, y existe ropa de trabajo normal otorgada por la empresa.

Al momento de seleccionar ropa de trabajo se deberán tomar en consideración los riesgos a los cuales el trabajador puede estar expuesto y se seleccionará aquellos tipos que reducen los riesgos al mínimo.

Estas son algunas restricciones del uso de la ropa de trabajo:

- La ropa de trabajo no debe ofrecer peligro de engancharse o de ser atrapado por las piezas de las máquinas en movimiento.
- No se debe llevar en los bolsillos objetos afilados o con puntas, ni materiales explosivos o inflamables.
- Es obligación del personal el uso de la ropa de trabajo dotado por la empresa mientras dure la jornada de trabajo.

En el caso de la ropa o vestimenta especial, esta debe usarse como protección contra ciertos riesgos específicos y en especial contra la manipulación de sustancias cáusticas o corrosivas y que no protegen la ropa ordinaria de trabajo.



**Figura 18:** Ropa de protección y de trabajo  
**Fuente:** LUBE Seguridad Industrial

Dependiendo del tipo de trabajo que se vaya a realizar, y del peligro al cual se esté expuesto, se debe realizar la elección del tipo de ropa protectora. A continuación se presentan los más comunes:

- Los vestidos protectores y capuchones para los trabajadores expuestos a sustancias corrosivas u otras sustancias dañinas serán de caucho o goma.
- Para trabajos de función se dotan de trajes o mandiles de asbesto y últimamente se usan trajes de algodón aluminizado que refracta el calor.
- Para trabajos en equipos que emiten radiación, se utilizan mandiles de plomo.

## **CAPÍTULO III. INSPECCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ROTATORIO CONVENCIONAL**

### 3.1. Inspección

La inspección es un proceso de observación metódica y sistemática de las condiciones de operación de un equipo, una estructura o una práctica que se ejecuta en un área de trabajo. Realizar una inspección es necesario para identificar problemas potenciales, deficiencias en un proceso o equipo y efectos de los cambios en los procesos, equipos, materiales y personas, para adicionalmente generar las acciones correctivas necesarias y reevaluar la eficiencia de los procesos.

### 3.2. Tipos de inspección

#### 3.2.1. Inspección no formal o no planeada.

Consisten en revisiones rutinarias y diarias, previas al inicio de trabajo, mediante las cuales se verifica que el área de trabajo, equipos, herramientas, máquinas y equipos de protección personal (EPP) se encuentren en buenas condiciones. Estas inspecciones deben ser realizadas por todo el personal que labora en las áreas de trabajo.

#### 3.2.2. Inspección formal o planeada.

Se realiza utilizando una guía de inspección y generando un reporte donde se consignan las observaciones, acciones requeridas, responsables y fechas para ejecutarlas. Este tipo de inspección, es realizada en forma regular, con un periodo de tiempo dependiente de las políticas de la compañía, y cubren toda la operación. De forma general, a continuación se presentan algunas inspecciones formales que se practican en la industria petrolera:

#### 3.2.3. Inspección de orden y limpieza.

Son los procedimientos que permiten mantener orden y limpieza en el espacio en el cual se van a realizar las operaciones. Éste tipo de inspección proporciona excelentes oportunidades para buscar signos de averías en los sistemas, derrames, filtraciones, etc.

#### 3.2.4. Inspección general.

Aquella en la que se controla toda un área física definida, en la que se agrupan varias instalaciones, puestos de trabajo, tareas, etc. No se trata de inspecciones detalladas de cada uno de los componentes de un equipo, sino visitas a las áreas con el fin de hacer un “barrido” desde el punto de vista de la seguridad en un enfoque amplio e integral.

#### 3.2.5. Inspección de puntos críticos.

Aquellas inspecciones de una instalación o un equipo, realizada de forma detallada y periódica atendiendo en especial a ciertas partes del mismo, debido a que han sido considerado como “crítico”. Para este tipo de inspecciones se requiere mayor especialización.

#### 3.2.6. Inspección pre-uso de equipos.

Comprobaciones en una instalación o equipo móvil realizadas previamente al uso de los mismos.

### 3.3. Niveles de inspección

Retomando lo dicho anteriormente, este compendio técnico generará, de acuerdo al seguimiento de normas y de manuales de servicio, los procedimientos adecuados y métodos idóneos para realizar inspecciones con observación directa y en vivo; de este modo no se permitirá que se afecte la integridad mecánica y operacional de los equipos del sistema rotatorio convencional.

Para desarrollar un correcto plan de inspección y mantenimientos predictivo y preventivo de los equipos del Sistema Rotatorio Convencional, se plantean los niveles de inspección a los que se debe someter.

#### 3.3.1. Nivel I

Inspección visual que deben realizar los operarios del equipo en su rutina diaria con el fin de detectar pérdidas de partes, malformaciones físicas o de seguridad, condición de los bloques de freno, recalentamiento o fugas hidráulicas. O cualquier rendimiento inadecuado del equipo durante su funcionamiento.

### 3.3.2. Nivel II

Incluye el nivel I de Inspección visual, en esta categoría se deben revisar los mecánicos retirando todas las tapas de inspección con el fin de detectar desgastes prematuros en los motores, los ejes de transmisión así como en los discos de freno, o cualquier otra condición irregular en el sistema de frenado. Además de una inspección de la corrosión, deformación, componentes flojos o faltantes, deterioro, lubricación adecuada, grietas exteriores visibles, y ajuste.

### 3.3.3. Nivel III

Además de retomar el nivel II esta categoría debe incluir el examen no destructivo (END) con partículas magnéticas o líquidos penetrantes (ASTM E709 Y E165 respectivamente), se hace exposición a áreas críticas que puedan acarrear desmontaje para acceder a componentes específicos e identificar desgaste que supera tolerancias permitidas y estipuladas por el fabricante se debe realizar cada 180 días.

### 3.3.4. Nivel IV

Recogiendo al nivel III se realiza inspección con ultra sonido y partículas magnéticas a todo el sistema de ejes, motores, sistema de ventilación, lubricantes, etc. Para realizar esta inspección se debe desarmar totalmente el equipo y la debe realizar un inspector Nivel II. Se debe utilizar el formato para su reporte, además se debe llevar a cabo END de toda la carga primaria que lleva componentes tal como se define por el fabricante.

## 3.4. Ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos son métodos de inspección que se emplean para la detección y evaluación de discontinuidades superficiales, sub-superficiales e internas de los materiales sin destruirlos, sin alterar o afectar su utilidad futura.

Según la ASTM (American Society of Nondestructive Testing) son:

- Inspección Visual (VT).
- Líquidos Penetrantes (PT).
- Partículas Magnéticas (MT).
- Electromagnetismo (Corriente de Eddy) (ET).
- Ultrasonido (UT).
- Radiografía (RT).

- Emisión Acústica (AET).
- Radiografía con neutrones (NRT).
- Termografía Infrarroja (TIR).
- Análisis de Vibraciones (VA).
- Prueba de Fuga (LT).
- Método Láser (LM).

Estos métodos pueden ser clasificados de acuerdo a su alcance:

a) Métodos de inspección superficial

Se emplean para detectar y evaluar las discontinuidades abiertas a la superficie (VT y PT) y/o muy cercanas a ella (MT y ET).

b) Métodos de inspección volumétrica

Se emplean para verificar la sanidad interna de los materiales. Comprueban el grado de integridad de un material en todo su espesor. (UT, RT, NRT, AET).

### 3.4.1. Ventajas y limitaciones de los ensayos no destructivos

Ventajas:

- El material inspeccionado sigue siendo útil.
- Son rápidos de aplicar.
- Aumentan la seguridad y confiabilidad de un producto.
- Se pueden utilizar en cualquier momento en las operaciones de la industria.

Limitaciones:

- Sus determinaciones solo son cualitativas.

- Sus resultados siempre dependen del patrón de referencia empleado en la calibración.
- La confiabilidad de los resultados dependen de gran medida de la habilidad del inspector.

### 3.4.2. Descripción de los ensayos no destructivos

#### 3.4.2.1. Inspección visual.

Dentro de los diferentes métodos de control mediante técnicas no destructivas nos encontramos con el más básico y no por ello menos importante, la Inspección Visual.

La inspección visual es el primer control de componentes nuevos y también durante y después de su ciclo de vida. Consiste en revisar la calidad de las superficies, revelando defectos de superficie durante la manufactura y posteriormente en la operación. Su objetivo es detectar y examinar una gran variedad de fallas superficiales tales como: abrasión, daños mecánicos, procesos de fabricación, corrosión, contaminación, acabado y discontinuidades en uniones, como soldaduras, sellados, conexiones soldadas etc.



**Figura 19:** Interior de una tubería de perforación vista con un baroscopio  
**Fuente:** IPI.FX Co

#### 3.4.2.1.1. Requisitos de la inspección visual.

Antes de iniciar una inspección visual, es conveniente conocer lo siguiente:

- Este método, aparentemente fácil, requiere de competencias específicas por parte del inspector, procedimientos de trabajo determinados y en algunos casos, el uso de tecnología.
- Los métodos de inspección visual pueden incluir una gran variedad de equipamientos que permiten desde la inspección visual propiamente dicha hasta la utilización de microscopios o boroscopios para medición de la profundidad de raspaduras en la terminación de superficies pulidas.

#### **3.4.2.1.2. Aplicaciones.**

Las aplicaciones son muy amplias y el control mediante la inspección visual se pone en marcha como primer elemento de juicio para dar la aceptación de una pieza individualmente o de un sistema en su conjunto, previo a la puesta en funcionamiento del mismo o bien como primer control para posteriormente realizar los siguientes ensayos concluyentes que darán el visto bueno para su operatividad. En general se aplican para:

- Proporcionar una evaluación general de la condición de un elemento tubular, herramienta o componente.
- Detectar tempranamente los defectos antes de que alcancen el tamaño crítico.
- Detectar los errores de manufactura.
- Obtener información adicional sobre la condición de un componente que muestra evidencia de algún defecto.

#### **3.4.2.1.3. Ventajas.**

- La inspección visual se puede realizar en forma directa o indirecta. En forma indirecta se hace utilizando diferentes equipos como espejos, fibroscopio, videoscopio y/o boroscopio.
- La geometría de las piezas a inspeccionar no representa un problema para la inspección.
- Es un método de inspección económico.
- Se realiza en forma rápida y sencilla.
- La inspección visual es un suplemento útil.



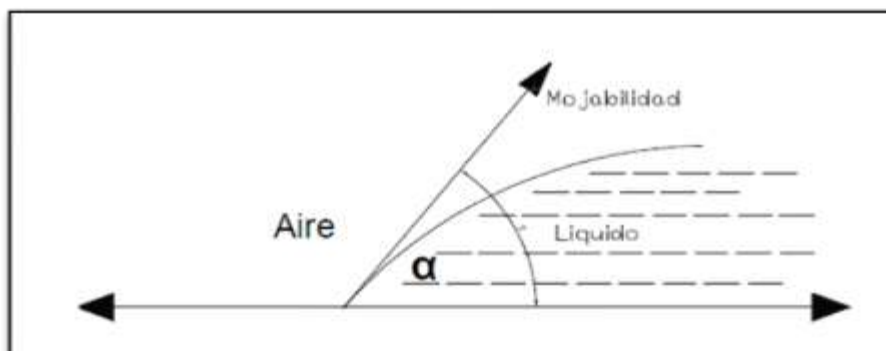
#### 3.4.2.1.4. Limitaciones.

- La principal limitación de este método es cuanto se refiere a la detección de fisuras, pues como es comprensible, la visión humana tiene sus limitaciones.
- Se requiere de personal capacitado y experimentado que utilice los procedimientos válidos y los estándares apropiados de calibración con equipos efectivos, en buen estado y dentro de un ambiente adecuado para las tareas de inspección y mantenimiento.
- Se requiere de una buena limpieza previa a la inspección.

#### 3.4.2.2. Inspección por líquidos penetrantes.

La inspección por Líquidos Penetrantes es un ensayo no destructivo empleado para detectar e indicar discontinuidades que afloran a la superficie de los materiales examinados.

La capacidad de penetración (capilaridad) de los líquidos depende principalmente de las propiedades de mojabilidad (ángulo de contacto entre líquido y sólido:  $\alpha$ ), tensión superficial ( $T$ ) y viscosidad ( $\mu$ ). Un buen poder de penetración se consigue con un líquido de elevada tensión superficial, pequeño ángulo de contacto (menor a  $90^\circ$ ) y baja viscosidad.



**Figura 20:** Mojabilidad  
**Fuente:** Autores

#### 3.4.2.2.1. Requisitos de la inspección por líquidos penetrantes.

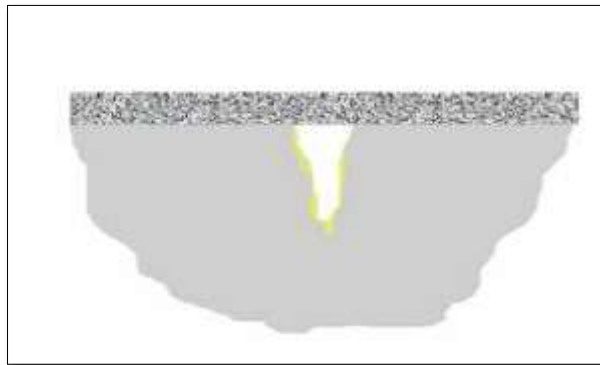
Antes de iniciar la inspección por Líquidos Penetrantes, es conveniente tomar en cuenta los siguientes datos:

- Definir las características de las discontinuidades y el nivel de sensibilidad con que se las quiere detectar.

- Verificar la condición de la superficie a inspeccionar.
- Una vez seleccionado uno o varios proveedores, nunca se deben mezclar sus productos; como por ejemplo, emplear el revelador del proveedor A con un penetrante del proveedor B.

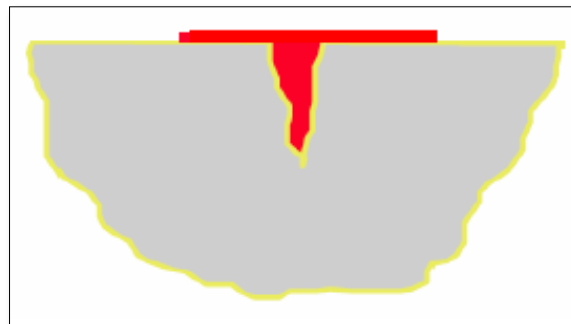
#### 3.4.2.2.2. Etapas del método de inspección por líquidos penetrantes.

a) *Limpieza y eliminación de recubrimientos.*



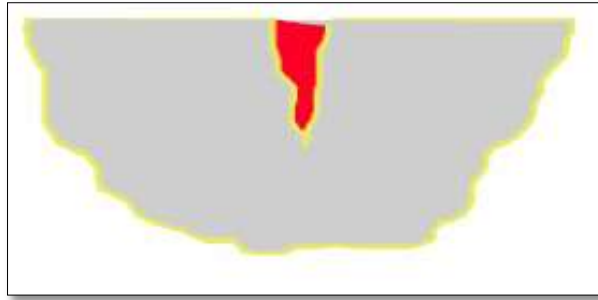
**Figura 21:** Limpieza y eliminación de recubrimientos.  
**Fuente:** Autores.

b) *Aplicación y permanencia del penetrante.*



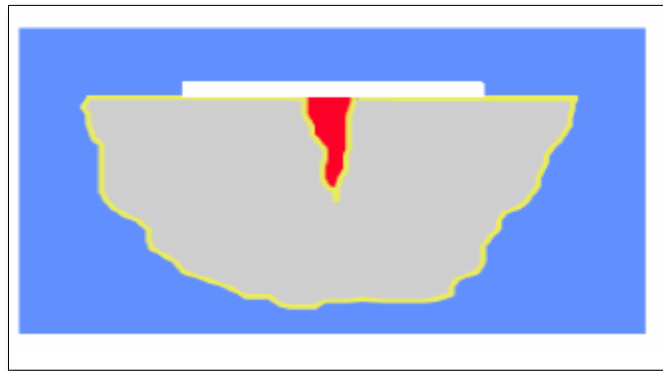
**Figura 22:** Aplicación y permanencia del penetrante.  
**Fuente:** Autores.

c) *Eliminación del exceso de penetrante de la superficie con medios como: pulverización con agua, trapos húmedos, solventes, emulsificador-agua.*



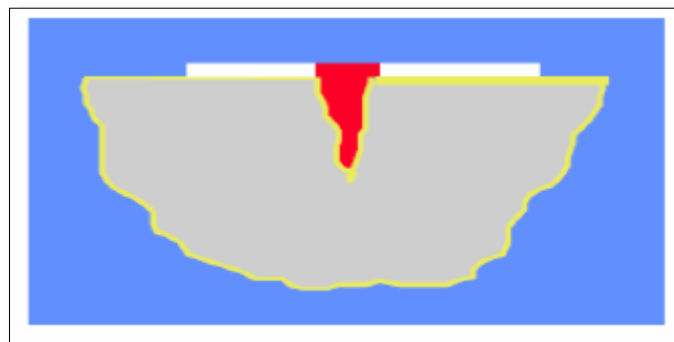
**Figura 23:** Eliminación del exceso de penetrante.  
**Fuente:** Autores.

- d) *Aplicación del revelador que generalmente puede ser talco o sustancia mineral fina como polvo seco o en suspensión acuosa, alcohólica o en solvente.*



**Figura 24:** Aplicación del revelador.  
**Fuente:** Autores.

- e) *Observación. El revelador absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y lo esparce en la superficie, amplificando la información de la discontinuidad.*



**Figura 25:** Observación.  
**Fuente:** Autores.

### 3.4.2.2.3. Clasificación de los líquidos penetrantes.

Según la norma ASTM E-156, los líquidos penetrantes se clasifican en:

**Tabla 1:** Clasificación líquidos penetrantes *Fuente:* ASTM E-156

MÉTODO	TIPO	PROCESO	PIGMENTO	REMOCIÓN DEL PENETRANTE
<b>A</b>	1	A1	Fluorescente	Lavable con agua
<b>A</b>	2	A2	Fluorescente	Post-emulsificante
<b>A</b>	3	A3	Fluorescente	Removible con solvente
<b>B</b>	1	B1	Coloreada	Lavable con agua
<b>B</b>	2	B2	Coloreada	Post-emulsificante
<b>B</b>	3	B3	Coloreada	Removible con solvente

### 3.4.2.2.4. Aplicaciones.

Las aplicaciones de los Líquidos Penetrantes son amplias y por su gran versatilidad se utilizan para la inspección en procesos de fabricación, inspección de materia prima, elementos de máquinas y componentes aeronáuticos.

Muchas de las aplicaciones descritas son sobre metales, pero esto no es un limitante, ya que se pueden inspeccionar otros materiales, por ejemplo cerámicos vidriados, plásticos, porcelanas, recubrimientos electroquímicos, etc.

### 3.4.2.2.5. Ventajas.

- La inspección por Líquidos Penetrantes es extremadamente sensible a las discontinuidades abiertas a la superficie.
- La geometría de las piezas a inspeccionar no representa un problema para la inspección.
- Son relativamente fáciles de emplear.
- Brindan muy buena sensibilidad.
- Son económicos.
- Son razonablemente rápidos en cuanto a la aplicación, además de que el equipo puede ser portátil.

### 3.4.2.2.6. Limitaciones.

- Sólo son aplicables a defectos superficiales y a materiales no porosos.
- Se requiere de una buena limpieza previa a la inspección.
- No se proporciona un registro permanente de la prueba no destructiva.
- Los inspectores deben tener una amplia experiencia, habilidad y minuciosidad para la aplicación e interpretación.

- Una selección incorrecta de la combinación de revelador y penetrante puede ocasionar falta de sensibilidad en el método.
- Es difícil quitarlo de roscas, ranuras, huecos escondidos y superficies ásperas.

### **3.4.2.3. Inspección por radiografía industrial.**

La inspección por RT es un procedimiento de inspección no destructivo, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física en una amplia variedad de materiales.

El principio físico de este método se basa en la interacción entre la materia y la radiación electromagnética, la energía de los rayos X o gamma es absorbida o atenuada al atravesar el material, esta atenuación es proporcional a la densidad, espesor y configuración del material inspeccionado. La radiación ionizante que logra traspasar el material puede ser registrada por medio de la impresión en una película radiográfica, que posteriormente se somete a un proceso de revelado para obtener la imagen del área inspeccionada.

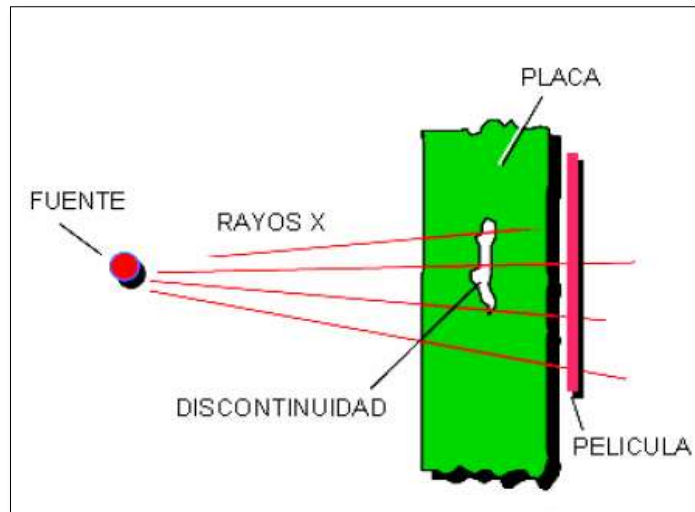
La inspección por RT es un procedimiento de inspección no destructivo, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física en una amplia variedad de materiales.

El principio físico de este método se basa en la interacción entre la materia y la radiación electromagnética, la energía de los rayos X o gamma es absorbida o atenuada al atravesar el material, esta atenuación es proporcional a la densidad, espesor y configuración del material inspeccionado.

La radiación ionizante que logra traspasar el material puede ser registrada por medio de la impresión en una película radiográfica, que posteriormente se somete a un proceso de revelado para obtener la imagen del área inspeccionada.

El equipo empleado con más frecuencia para la inspección radiográfica es el siguiente:

- Fuente de radiación (rayos X o rayos gamma).
- Controles de la fuente.
- Película radiográfica.
- Pantallas intensificadoras.
- Indicadores de calidad de la imagen.
- Accesorios.



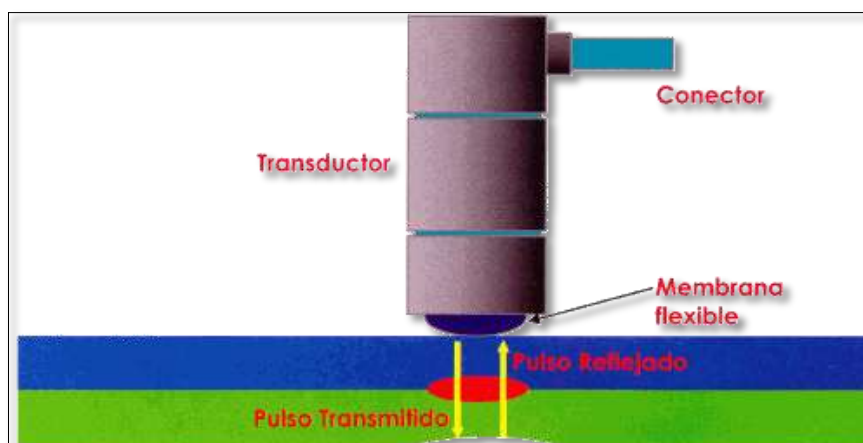
**Figura 26:** Radiografía industrial (RT)

**Fuente:** Autores.

#### 3.4.2.4. Inspección con ultrasonido.

El método de Ultrasonido se basa en la generación, propagación y detección de ondas elásticas (sonido) a través de los materiales, ya que por principio las ondas ultrasónicas pueden propagarse a través de todos los medios donde exista materia. Es una prueba confiable y rápida, que emplea ondas sonoras de alta frecuencia (0.25 a 25 MHz) producidas.

La realización del ensayo por ultrasonido requiere una serie de etapas, las cuales deben ser realizadas por personal altamente capacitado y entrenado en este ensayo.



**Figura 27:** Inspección por Ultrasonido

**Fuente Virtual:** <http://www.plusformacion.com/Recursos/r/Inspeccion-por-Ultrasonido>

Ya que la inspección ultrasónica se basa en un fenómeno mecánico, se puede adaptar para que pueda determinarse la integridad estructural de los materiales de ingeniería. Sus principales aplicaciones consisten en:

- Detección y caracterización de discontinuidades.
- Medición de espesores, extensión y grado de corrosión.
- Determinación de características físicas, tales como: estructura metalúrgica, tamaño de grano y constantes elásticas.
- Definir características de enlaces (uniones).
- Evaluación de la influencia de variables de proceso en el material.

Las principales ventajas de este ensayo son:

- Elevada sensibilidad de detección.
- Poca dependencia de la geometría de la pieza, bastando el acceso a una sola cara.
- Posibilidad de inspeccionar volumétricamente el material.
- Rapidez del examen y resultado inmediato.
- Utilización de equipos portátiles.

Existen 3 formas de inspección por ultrasonido Scan A, Scan B y Scan C:

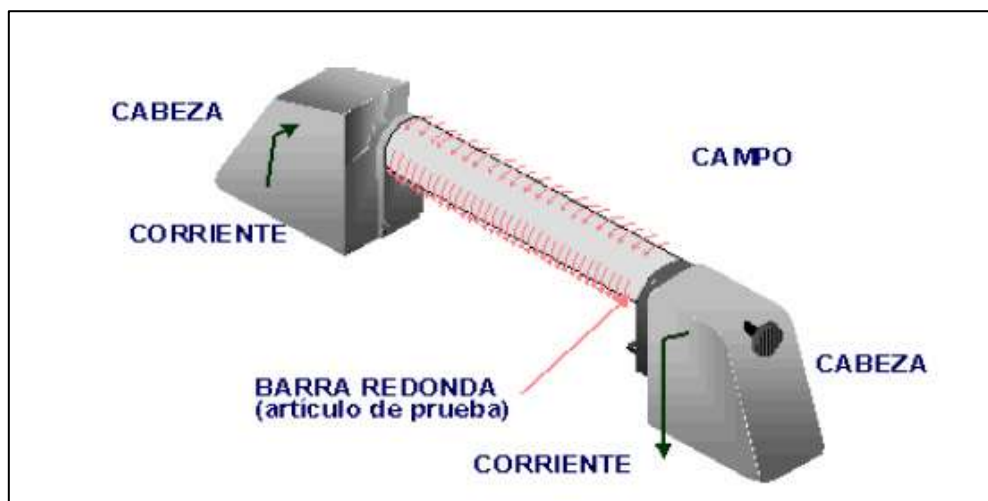
- **En el Scan A**, el sonido viaja y al rebotar se analiza la onda que puede ser completa o media onda. La altura del pico está relacionada con el tamaño del defecto; y la distancia horizontal donde éste aparece, está relacionada con el recorrido sónico seguido por la onda dentro del material. Los patrones de calibración permiten posicionar el defecto con precisión y los patrones de referencia permiten establecer un nivel de comparación para estimar la severidad de los defectos.
- **El Scan B** es la representación gráfica de los espesores obtenidos mediante ultrasonido, frente a la distancia recorrida por el palpador frente al tiempo. De esta manera, se logra un corte transversal de la pieza inspeccionada.
- **El Scan C** es una presentación de la información de manera bidimensional, con un código de pseudo-colores que representa la profundidad o espesor del material.

Esta representación puede ser obtenida por un palpador mono cristal con un manipulador robotizado o mediante el empleo de un arreglo de varios cristales, excitados por grupos, de tal manera que constantemente obtienen un corte transversal de la pieza debajo de él y que va avanzando manual o automáticamente para obtener el mapa bidimensional de espesores.

### 3.4.2.5. Inspección con partículas magnéticas.

La inspección por partículas magnéticas es un tipo de ensayo no destructivo que permite detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferromagnéticos como el hierro, el cobalto y el níquel. Debido a su baja permeabilidad magnética, no se aplica ni en los materiales paramagnéticos (como el aluminio, el titanio o el platino) ni en los diamagnéticos (como el cobre, la plata, el estaño o el zinc).

Si un material magnético presenta discontinuidades en su superficie, éstas actuarán como polos, y por lo tanto, atraerán cualquier material magnético o ferromagnético que esté cercano a las mismas. De esta forma, un metal magnético puede ser magnetizado linealmente, por medio de un Yugo o Yoke (Ver Anexo 1, Figura 22), o de manera circular (Ver figura 28) y se le pueden esparcir sobre su superficie pequeños trozos de Partículas Magnéticas y así observar cualquier acumulación de las mismas, lo cual es evidencia de la presencia de discontinuidades sub-superficiales o superficiales en el metal.



**Figura 28:** Magnetización Circular Directa (Con cabezales).  
**Fuente:** Patoyac. Centro Escolar.

En general, existen dos principales medios o mecanismos mediante los cuales se puede aplicar las partículas magnéticas, estos son: vía húmeda y vía seca.

#### 3.4.2.5.1. Partículas magnéticas húmedas.

Las partículas húmedas son producidas en forma de un polvo concentrado seco, que puede ser para suspensiones en aceite o en agua. Las partículas en polvo tienen la necesidad de mezclarse con agentes que faciliten su dispersión, agentes humectantes, agentes



inhibidores de corrosión, etc. Las partículas en forma de polvo pueden ser vertidas directamente en el tanque para preparar el baño, sin la necesidad de mezclarlas previamente.

Aunque ya existen en el mercado suspensiones en forma de spray, la aplicación más usual es la preparada por el propio inspector. El método por vía húmeda exige una constante agitación de la suspensión para asegurar la homogeneidad de las partículas en la región de examen.



**Figura 29:** Partículas Magnéticas Húmedas  
**Fuente:** Testek.

#### 3.4.2.5.2. Partículas magnéticas secas.

Se utiliza esta nomenclatura cuando las partículas son aplicadas a seco. En este caso, el vehículo que sustenta la acomodación es el aire.

En la aplicación vía seca, son utilizados aplicadores manuales o bombas de aspersión que pulverizan las partículas sobre la región que va a ser examinada en forma de un chorro de polvo, se utilizan además aplicadores racionadores en forma de pera o tipo salero. Es importante que sean de granulometría adecuada para ser aplicadas uniformemente sobre la superficie que va a ser inspeccionada.

El requisito básico para las partículas secas es que tengan las propiedades magnéticas adecuadas, además que sean ligeras y móviles. Las partículas empleadas en el método seco tienen características similares a las del método húmedo, excepto que se utilizan secas, en forma de polvo.



*Figura 30: Aplicación de partículas Magnéticas secas*  
*Fuente: Testek.*

Así mismo, existen dos principales tipos de partículas magnéticas: aquellas que son visibles con luz blanca natural o artificial y aquellas cuya observación debe ser bajo luz ultravioleta, conocidas comúnmente como partículas magnéticas fluorescentes.

#### **3.4.2.5.3. Métodos de Inspección con Partículas Magnéticas**

##### *a) Método continuo.*

Se utiliza en la inspección de piezas con alta permeabilidad y baja retentividad, como es el caso de aceros al carbono o sin tratamiento térmico de endurecimiento. En este método de inspección con partículas magnéticas, se mantiene el paso de la energía eléctrica a través del Yoke o la Bobina mientras se efectúa la inspección.

##### *b) Método residual.*

Cuando las piezas son de alta retentividad, se acostumbra emplear la técnica de magnetización residual; en ésta, se hace pasar corriente de magnetización y posteriormente se aplican las partículas. En este método se aplica un medio húmedo ya sea por baño o inmersión.

Generalmente, se recomienda que la corriente de magnetización se mantenga durante el tiempo de aplicación de las partículas, ya que es cuando el campo magnético es más intenso y permite que las partículas sean atraídas hacia cualquier distorsión en el campo magnético, para indicar así la posible discontinuidad.

#### **3.4.2.5.4. Procedimiento de inspección con partículas magnéticas**

El procedimiento, recomendaciones, criterios de aceptación y requerimientos de los equipos a utilizar, se encuentran referenciados en la norma ASTM-E709. A partir de lo anterior, un procedimiento general se describe a continuación:

1. Se debe realizar limpieza al área requerida para trabajar; así mismo al equipo que se va a inspeccionar para eliminar contaminantes que interfieran en los resultados de las pruebas a las que se va a someter.
2. Se deben calibrar los equipos a utilizar, de acuerdo a las especificaciones requeridas. La norma ASTM E-709 recomienda:
  - a) Medidor de Intensidad Lumínica o Radiómetro: Con calibración de 0 a 60  $\mu\text{w}/\text{cm}^2 \times 100$ . (Ver Anexo 1, Figura 24).
  - b) Intensidad de Luz Visible: La intensidad de luz visible en la superficie de la pieza de trabajo sometida a luz fluorescente debe tener un mínimo de 100 pies candela (1076 lux). La intensidad de la luz ambiental visible en la zona oscura donde se lleva a cabo la prueba con partículas fluorescentes, no debe superar los 2 pies candela (21.5 lux).
  - c) Lámpara de Luz Ultravioleta: Ya sea utilizando un Yoke o una Bobina, la intensidad de la luz negra en la superficie de examen no debe ser inferior a 1000  $\mu\text{w}/\text{cm}^2$  cuando se mide con un medidor de luz negra adecuado.
  - d) Yoke: Se debe realizar prueba de campo magnético con una barra ferromagnética de 10 Lbs. El Yoke debe ser capaz de levantarla. (Ver Anexo 1, Figura 22).

3. Se debe proceder a la inspección de acuerdo a la norma ASTM E-709 y a los dos métodos: Continuo y Residual.
4. Cualquier fisura o discontinuidad encontrada, genera el rechazo del equipo en inspección.

### 3.5. Inspección del sistema rotatorio convencional

#### 3.5.1. Procedimiento general de inspección de los equipos y/o herramientas que conforman el sistema rotatorio convencional

- Solicitar personal capacitado, ya sea externo o de la misma compañía, para ejecutar los trabajos de inspección de los equipos y posteriormente la certificación o rechazo de éstos de acuerdo al estado operativo en el que se hallan encontrado.
- Definir los siguientes requisitos del programa de inspección :

##### a) Objetivos

Antes de iniciar el programa de inspección se deben fijar claramente los objetivos para su realización. Algunos de estos objetivos pueden ser:

- Identificar condiciones subestándar.
- Verificar la eficiencia de acciones correctivas.
- Identificar métodos a utilizar en la inspección de los equipos.

##### b) Respaldo gerencial

Se debe recibir todo el apoyo por parte de la compañía, con el objetivo de generar importancia al proyecto de inspección y su ejecución. Para lo anterior, se pueden realizar las siguientes acciones con los trabajadores de la compañía:

- Divulgación del programa de inspección.
- Generar recursos humanos, técnicos y económicos necesarios para la correcta realización de los procedimientos de inspección.
- Participar en las actividades de inspección de acuerdo a los objetivos que se hayan fijado.
- Revisar, analizar y actuar de acuerdo a los informes o reportes que se generen después de las inspecciones.

c) Implicaciones y responsabilidades

Todos los operarios deberán comprobar y velar por el buen estado de los sistemas de seguridad de las máquinas y equipos que utilicen en su trabajo, así como de mantener su zona de trabajo ordenada y limpia.

Los mandos intermedios deberán cerciorarse mediante revisiones e inspecciones de seguridad de que las instalaciones, equipos y entorno de las áreas bajo su cargo cumplen con los requisitos necesarios para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores. También se encargarán de realizar controles de orden y limpieza de sus secciones según procedimiento establecido.

Los directores de las diferentes unidades funcionales deberán comprobar que las revisiones e inspecciones se efectúan correctamente y en el plazo establecido. Asimismo, deberán archivar los resultados de dichas revisiones e inspecciones y tomar las medidas correctoras pertinentes.

Además de lo anterior, es importante fijar la certificación y/o calificación del personal que va a realizar los procedimientos de inspección.

d) Listado de áreas, instalaciones y equipos a inspeccionar

Se realizarán las revisiones e inspecciones de seguridad de las partes o elementos críticos de las máquinas y equipos determinados e indicados en las listas de chequeo. Cada instalación y equipo dispondrá de una lista de chequeo con los aspectos clave a revisar.

Se registrarán todas las intervenciones efectuadas en una máquina o equipo con indicación de lo realizado, tanto en las revisiones como en reparaciones o modificaciones. La periodicidad de la revisión o inspección queda también determinada en dicha lista.

Los equipos de seguridad que se requieran para realizar la inspección, deben ser definidos, otorgados e inspeccionados por la compañía encargada de realizar los procedimientos de inspección

e) Listas de chequeo

Las listas de verificación, listas de chequeo o “checklist” son formatos que contienen los aspectos que se deben inspeccionar en las diferentes áreas para facilitar la recopilación,

codificación y análisis de la información. Generalmente se dan de forma específica para un equipo, ya que se depende de las características particulares del mismo; sin embargo se deben elaborar cumpliendo los siguientes requisitos:

- Área
- Fecha de realización de la inspección
- Responsable de efectuar la inspección
- Condiciones por inspeccionar
- Observaciones

f) Metodología o programa de inspección a seguir

Se deberán realizar las revisiones con la periodicidad establecida de los elementos o partes críticas. Las áreas físicas de trabajo serán inspeccionadas de acuerdo a las políticas de la compañía, reflejando documentalmente las deficiencias detectadas y las acciones pertinentes adoptadas. Los aspectos que tengan formulario específico se revisarán e inspeccionarán cumplimentando dicho documento.

g) Marco técnico

Es importante establecer los documentos aplicables para la inspección de los equipos, tales como:

- Normas técnicas o especificaciones bajo las cuales se regirá la inspección y certificación de los equipos del sistema rotatorio convencional.
- Especificaciones del cliente
- Planos de montaje
- Planos identificando aéreas críticas en la estructura.
- Formatos de informes y reportes de inspección.

h) Informes y Seguimiento

Después de realizar el proceso de inspección se debe realizar un informe por escrito, en papelería de la empresa encargada de realizar la inspección, en letra legible y firmado por quien lo elabora, en donde se consignará las especificaciones primordiales del equipo que fue inspeccionado, de los resultados de la inspección y de las condiciones operativas en las que se clasifica el equipo después de realizar dicha inspección.

Los informes deben ser archivados y organizados para una posterior revisión, por parte de cualquier entidad de control que lo requiera; así mismo para llevar el registro de la vida útil del equipo.

El responsable de la inspección debe hacer un seguimiento de la ejecución de las acciones correctivas recomendadas, verificando y facilitando los medios para que se cumplan. Lo anterior debe ser apoyado con las siguientes actividades:

- Dar a conocer, a través de los informes, la información a las personas directamente responsables de ejecutar las acciones correctivas.
- Verificar que la acción se inicie de acuerdo con lo programado, dirigiendo los inconvenientes a la autoridad respectiva.
- Comprobar la efectividad de las acciones ejecutadas y establecer las modificaciones que sean necesarias.
- Elaborar un método para medir el cumplimiento y la calidad de las inspecciones.

### 3.5.2. Recomendaciones para la realización de la inspección de los equipos del sistema rotatorio convencional

Los siguientes pasos se deben tener en cuenta antes, durante y después de la inspección planeada:

#### a) Antes de la inspección

- Tener un enfoque positivo
- Planificar la inspección
- Revisar informes de inspecciones anteriores
- Proveerse de los elementos necesarios:
- Ropa y elementos de protección personal apropiados al área y tarea específica de inspección.
- Papelería necesaria.
- Instrumentos y herramientas necesarias de acuerdo a la tarea específica de inspección.
- Elementos de registro audiovisual.

#### b) Durante la Inspección

- Utilizar la lista de chequeo adecuada para el área o tarea específica de inspección.
- Registrar toda condición sub-estándar identificada en forma breve. Describiendo y ubicando cada aspecto claramente.
- Realizar los procedimientos de inspección de acuerdo a las normas o guías técnicas que se hayan establecido para dicha tarea.
- Tomar medidas correctivas inmediatas, si es posible, e informar al jefe de área o tool pusher.

- Tener en cuenta las situaciones que se han presentado durante inspecciones anteriores.

c) Después de la Inspección

- Elaborar los informes o reportes a la mayor brevedad posible.
- Estimar la gravedad potencial de la pérdida.
- Evaluar la probabilidad de ocurrencia de pérdida.
- Priorizar acciones correctivas.
- Asignar los responsables de ejecutar las acciones correctivas.

### 3.5.3. Inspección del cuadrante y buje del cuadrante

#### ***3.5.3.1. Objetivo y alcances.***

Este procedimiento cubre los requerimientos de inspección y criterios de aceptación para el cuadrante y el buje del mismo.

#### ***3.5.3.2. Equipos requeridos.***

Los siguientes equipos deben estar disponibles para la inspección: Transportador de maquinista, marcador de pintura, calibrador de soldadura, una luz capaz de iluminar la superficie interna de forma completa, regla de metal, cinta métrica, lima plana o esmeril angular, un cordón trenzado de al menos 40 ft de longitud.

#### ***3.5.3.3. Procedimiento de inspección del cuadrante.***

Registrar el número de serial del cuadrante y su descripción. Rechazar el cuadrante si el número de serial no puede ser localizado, a menos que el cliente no tenga en cuenta este requerimiento.

De acuerdo a las condiciones en las que va a laborar el equipo y a las recomendaciones del cliente, se selecciona la categoría del servicio para el cuadrante, esto se hace con el propósito de definir el programa de inspección a seguir. La norma DS-1 de TH HILL establece cinco categorías de servicio de acuerdo a dichas condiciones de operación de la tubería.



Tabla 2. Categorías de Inspección. Fuente: Standard DS-1

CATEGORIA	APLICACIÓN
1	Se aplica a perforaciones de poca profundidad, pozos de rutina en áreas bien desarrolladas. Cuando ocurren fallas en la sarta de perforación, los costos de la falla son tan mínimos que no justifican el costo de una inspección detallada.
2	Condiciones de perforación rutinaria en la que la práctica establecida es efectuar el mínimo de inspección y de donde la experiencia con fallas es poca.
3	Condiciones de perforación de una profundidad mediana donde se justifica un programa uniforme de inspección. De ocurrir una falla, los riesgos en costos para pescar un tubo o que se pierda parte del pozo son pequeños.
4	Las condiciones de perforación son más difíciles que las de la categoría 3. Los costos para pescar un tubo o que se pierda parte del pozo, son significativos en caso de una falla en la sarta de perforación.
5	Condiciones severas, pozos con altas profundidades (mayores a 15,000 ft) y con altos costos si se presentan pérdidas de equipos.

Adoptar de acuerdo a la categoría de inspección y a las condiciones del cliente, un programa de inspección predefinido para la inspección del cuadrante. La norma DS-1 recomienda los siguientes programas de inspección de acuerdo a las categorías de servicio y al componente de tuberías, los cuales se adaptaran para el cuadrante:

Tabla3. Programas de Inspección recomendados para el cuadrante. Fuente: Standard DS-1

COMPONENTE	1	2	3	4	5
<b>UNION</b>	Conexión Visual	Conexión Visual Dimensional 1	Conexión Visual Dimensional 1	Conexión Visual Dimensional 2	Conexión Visual Dimensional 2 Conexión Luz Negra
<b>CUERPO DEL CUADRANTE</b>	Visual Tubo	Visual Tubo Calibre OD Espesor de Pared UT	Visual Tubo Calibre OD Espesor de Pared UT Electromagnética 1	Visual Tubo Calibre OD Espesor de Pared UT Electromagnética 1 MPI Cuña/Recalque	Visual Tubo Calibre OD Electromagnética 2 MPI Cuña/Recalque UT Cuña/Recalque
<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN</b>	Clase 2	Clase 2	Clase Premium	Clase Premium	Clase Premium

De acuerdo al programa seleccionado se procede a realizar la inspección del cuadrante según los métodos que allí se relacionan. Se debe proceder bajo la norma DS-1.

#### **3.5.3.3.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.**

Todos los criterios para la aceptación o rechazo del cuadrante se muestran, para cada método de inspección, en la norma DS-1. Los criterios están plasmados de acuerdo a las especificaciones del cuadrante y pueden ser complementados, de acuerdo a las directrices del propietario, con el manual del fabricante del cuadrante.

#### **3.5.3.4. Procedimiento de inspección del buje del cuadrante.**

1. Revise la superficie motriz de los rodillos.
2. Si los rodillos evidencian máximo desgaste, desarme el buje, saque los rodillos y gírelos 180 grados de manera que la nueva superficie motriz hará contacto con el borde motriz del cuadrante.
3. Asegúrese de que los pernos de sujeción estén ajustados. Coloque una palanca debajo de los rodillos y apalanque hacia arriba para revisar el ajuste.
4. Inspeccionar las clavijas de cierre en las arandelas de presión, en busca de desgaste o quiebres.
5. Revisar el desgaste de los O-rings.

#### **3.5.3.4.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.**

Se deben seguir los criterios de aceptación y rechazo del manual del fabricante.

### **3.5.4. Inspección del acople protector del cuadrante**

#### **3.5.4.1. Objetivo y alcances.**

Este procedimiento cubre la los requerimientos de inspección y criterios de aceptación para acoples protectores de perforación rotaria. Incluidos componentes ferromagnéticos y no-magnéticos.

### **3.5.4.2. Equipos requeridos.**

Los siguientes equipos deben estar disponibles para la inspección: Marcador de pintura, calibrador de soldadura, una luz capaz de iluminar la superficie interna de forma completa, regla de metal, cinta métrica, lima plana o esmeril angular.

### **3.5.4.3. Procedimiento de inspección del acople protector del cuadrante.**

1. Registrar el número de serial de la herramienta y su descripción. Rechazar el acople si el número de serial no puede ser localizado, a menos que el cliente no tenga en cuenta este requerimiento.

2. Realizar los métodos de inspección demarcados en la norma DS-1, con los siguientes requerimientos:

- a) Inspección Visual de Conexiones: De acuerdo al procedimiento del numeral 3.11 y omitiendo las secciones 3.11.3 y 3.11.4.a.
- b) Inspección Dimensional: De acuerdo al procedimiento del numeral 3.25.6, secciones e, f, g, h, i.

Adicionalmente, en la inspección dimensional se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

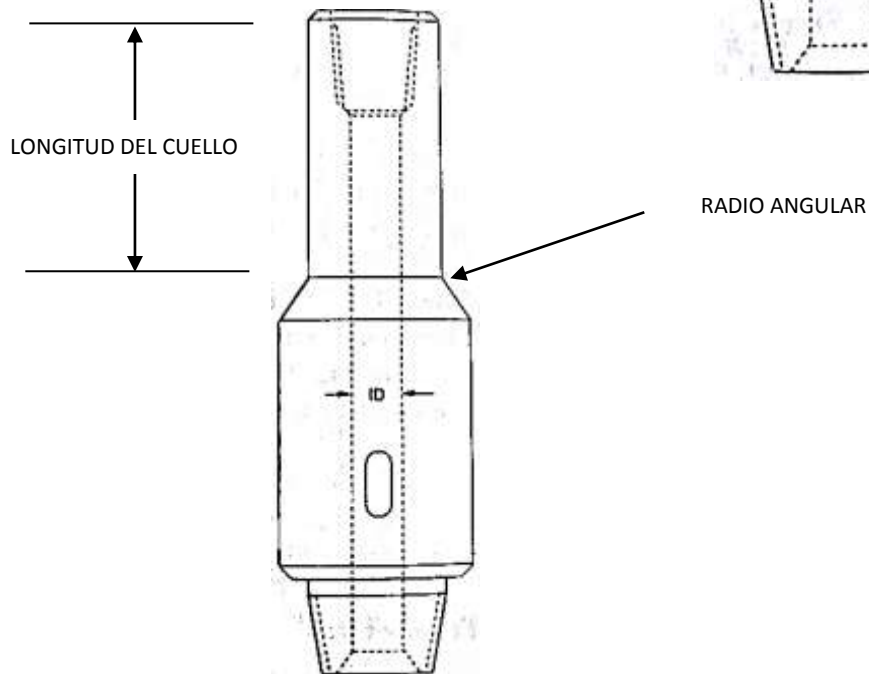
- c) Diámetro interno: Acoples protectores con la misma conexión superior e inferior, deberán tener un agujero recto, con diámetro interno (ID) no más grande al diámetro interno (ID) del Pin al que el acople irá unido.
- d) Radio Angular: El radio angular en acoples protectores tipo B debe ser de al menos 1.0 pulgada.
- e) Longitud: Mida la longitud total hombro a hombro del acople. Mida la longitud del cuello del acople Tipo B. Los acoples protectores deben cumplir los siguientes requisitos o serán rechazados:

**Tabla4.** Longitudes mínimas para acoples. **Fuente:** Standard DS-1

<i>TIPO</i>	<i>MINIMA LONGITUD TOTAL</i>	<i>MINIMA LONGITUD DEL CUELLO</i>
<i>A (BOX x BOX)</i>	24	-
<i>A (PIN x PIN)</i>	12	-
<i>A (BOX x PIN)</i>	16	-
<i>B</i>	36	24
<i>C</i>	7	-



**Figura 31:** Tipos de Acoples protectores. Izquierda: Tipo A, Derecha: Tipo C. Abajo: Tipo B.  
**Fuente:** Standard DS-1.



- f) Inspección con Partículas Magnéticas: Sólo si es necesario y el propietario de la herramienta lo solicita se debe inspeccionar de acuerdo a la norma ASTM E-709.
- g) Inspección Visual del Cuerpo del Acople: De acuerdo al numeral 3.25.8.

#### **3.5.4.3.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.**

Todos los criterios para la aceptación o rechazo del acople protector se muestran, para cada método de inspección, en la norma DS-1. Los criterios están plasmados de acuerdo a las especificaciones del acople protector y pueden ser complementados, de acuerdo a las directrices del propietario, con el manual del fabricante de la herramienta

#### **3.5.5. Inspección de las válvulas de seguridad del cuadrante y la válvula interna preventora de influjo**

##### **3.5.5.1. Objetivo y alcance.**

Este procedimiento cubre los requerimientos de inspección y los criterios de aceptación para las válvulas de seguridad del cuadrante y la válvula interna preventora de influjo.

##### **3.5.5.2. Equipos requeridos.**

Los siguientes equipos deben estar disponibles durante la inspección: Manual del fabricante, Marcador de pintura, calibrador de soldadura, una luz capaz de iluminar la superficie interna de forma completa, regla de metal, cinta métrica, lima plana o esmeril angular, reloj comparador o comparador de carátula.

##### **3.5.5.3. Procedimiento de inspección.**

1. Determinar a partir del cliente la presión de trabajo requerida de la herramienta e igualmente, si es necesario, realizar un ajuste por presencia de H<sub>2</sub>S. Determinar las especificaciones de las conexiones: mínimo diámetro interno y máximo diámetro externo. Si alguna de las propiedades hace que la válvula no cumpla con los requerimientos del cliente, no se debe proceder con la inspección.
2. Desarmar la herramienta completamente, romper todas las conexiones del medio cuerpo y remover todas las bolas, tapones, sellos de respaldo, resortes y tapones Allen.
3. Verificar la presión de trabajo por uno de los siguientes medios:
  - Marcas permanentes en el cuerpo de la válvula.
  - Registros escritos del fabricante del equipo original rastreable por número de serie único.

4. Realizar los métodos de inspección demarcados en la norma DS-1, con los siguientes requerimientos:
  - a) Inspección Visual de Conexiones: De acuerdo al procedimiento del numeral 3.11 y omitiendo las secciones 3.11.3 y 3.11.4.a. Adicionalmente, inspeccionar las conexiones de medio cuerpo según el numeral 3.26.5.b.
  - b) Inspección Dimensional de Conexiones: De acuerdo al procedimiento del numeral 3.13.
  - c) Inspección con Partículas Magnéticas: Sólo si es necesario y el propietario de la herramienta lo solicita se debe inspeccionar de acuerdo a la norma ASTM E-709.
  - d) Inspección Visual del Cuerpo de la Válvula: De acuerdo al procedimiento del numeral 3.26.8.
  - e) Pruebas de Presión Hidrostática: De acuerdo al procedimiento y recomendaciones del numeral 3.26.10.
  - f) Requerimientos Después de la Inspección: Se deben tener en cuenta los requerimientos demarcados en el numeral 3.26.11.

#### ***3.5.5.3.1. Criterios de aceptación y/o rechazo.***

Todos los criterios para la aceptación o rechazo de las válvulas de seguridad del cuadrante y la válvula interna preventora de influjos se muestran, para cada método de inspección, en la norma DS-1. Los criterios están plasmados de acuerdo a las especificaciones de los equipos y pueden ser complementados, de acuerdo a las directrices del propietario, con el manual del fabricante de la herramienta.

#### **3.5.6. Inspección de la unión giratoria.**

##### ***3.5.6.1. Objetivo y alcances.***

Este procedimiento cubre la inspección de los principales componentes de la unión giratoria: Cuerpo, asa o “U”, vástago de unión, tubo de lavado.

### 3.5.6.2. Frecuencia de Inspección

Es necesario tener en cuenta la frecuencia con la que se va a inspeccionar los componentes de unión giratoria, consideraciones al respecto se muestran a continuación:

a) Inspección periódica

El propietario de la unión giratoria deberá realizar programas de inspección basados en la experiencia, las recomendaciones del fabricante y las condiciones en las que se encuentre operando el equipo. Como alternativa o complemento a lo anterior el propietario puede guiarse de la norma API RP-8B. De acuerdo a la siguiente tabla la unión giratoria se inspeccionará de la siguiente manera:

**Tabla 5.** Categorías y frecuencia para inspección y mantenimiento. **Fuente:** API RP-8B.

EQUIPO	FRECUENCIA							
	DIAS		MESES			AÑOS		
	1	7	1	3	6	1	2	5
CATEGORIA DE INSPECCIÓN								
<b>UNION GIRATORIA</b>	I	II	III			IV		

b) Inspección No Periódica

Una completa, y en sitio, inspección equivalente a la Categoría III o IV se debe hacer antes y después de trabajos críticos (por ejemplo, correr sartas de revestimiento pesado, martilleo, tensión de tuberías atascadas y/o que operan a bajas temperaturas).

### 3.5.6.3. Procedimiento de inspección.

Debido a las condiciones prácticas de este manual, se procederá a describir la inspección general de la unión giratoria por medio de tres métodos no destructivos.



### **3.5.6.3.1. Inspección visual.**

#### a) Objetivo y alcance

Este procedimiento cubre la inspección visual del cuerpo de la unión giratoria, de sus componentes sellantes, rodamientos y de la condición de la rosca en conexión en el vástago; indicando adicionalmente el procedimiento correcto de retiro, inspección y sustitución de dichas partes.

#### b) Procedimiento

1. Suspenda la unión giratoria en el gancho sin el cuadrante adjunto, justo por encima de la mesa.
2. Retire la tubería de lavado y la unidad de empaquetadura.
3. Coloque un tablón debajo del eje hueco de la unión giratoria a lo largo de la abertura de la mesa y baje la unión giratoria para ponerla encima.
4. Verificar las condiciones operativas de los componentes de la empaquetadura y el tubo de lavado.
5. Vuelva a colocar la tubería de lavado y la empaquetadura.
6. Vuelva a poner la unión giratoria en servicio.

#### c) Criterios de Aceptación y/o Rechazo

Si los componentes inspeccionados presentan desgaste excesivo, corrosión, picaduras, grietas o algún tipo de imperfección similar, deben ser rechazados y se recomienda que sean reemplazados por componentes nuevos.

### **3.5.6.3.2. Inspección dimensional.**

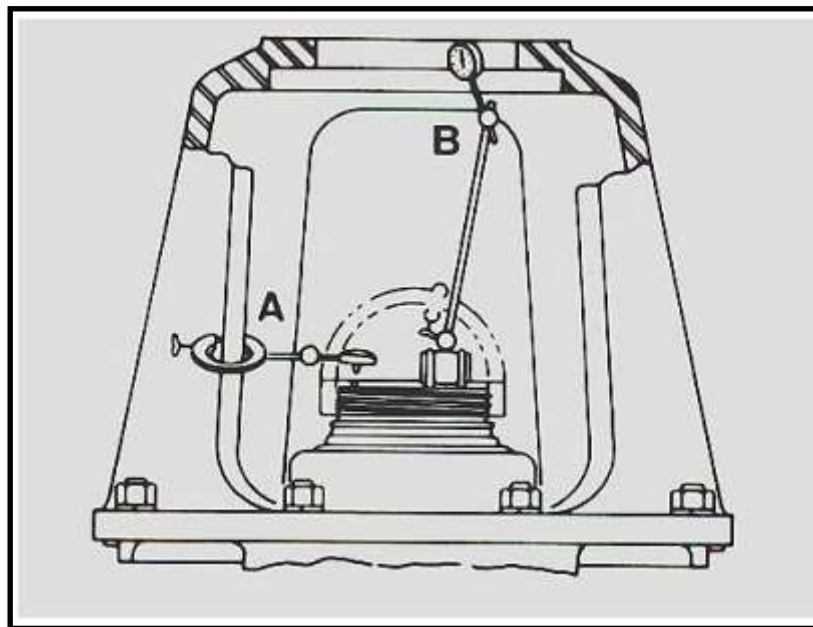
#### a) Objetivo y Alcance

Este procedimiento cubre la inspección dimensional de la unión giratoria; además del proceso de alineación entre la camisa y el cuello de ganso. Finalmente se registrarán los criterios de aceptación y/o rechazo después de realizar las pruebas.

b) Procedimiento

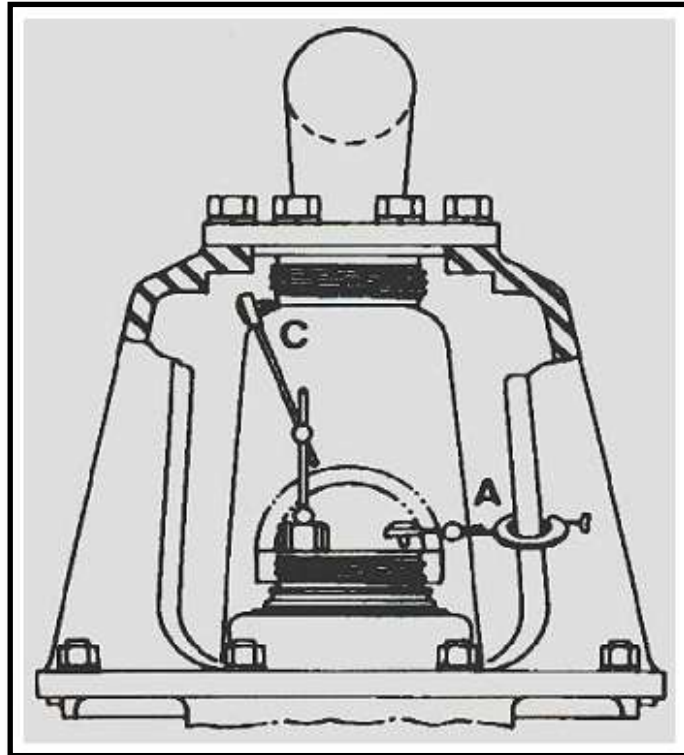
La satisfactoria duración del empaquetamiento depende de la debida alineación del tubo de lavado, debido a esto, es importante ejecutar periódicamente el siguiente procedimiento para comprobar la alineación del apoyo entre la camisa y el cuello de ganso.

1. Ponga la base del indicador en el apoyo del cuello y sitúe el indicador en el tope de la camisa. Suba y baje la camisa y anote la lectura total del indicador en la posición (A).
2. Sujete la base del indicador magnético, o un dispositivo fijador improvisado, a la camisa o al prensaestopas. Haga girar la camisa  $360^\circ$  y anote la lectura total del indicador (suma de las posiciones B, C y D).



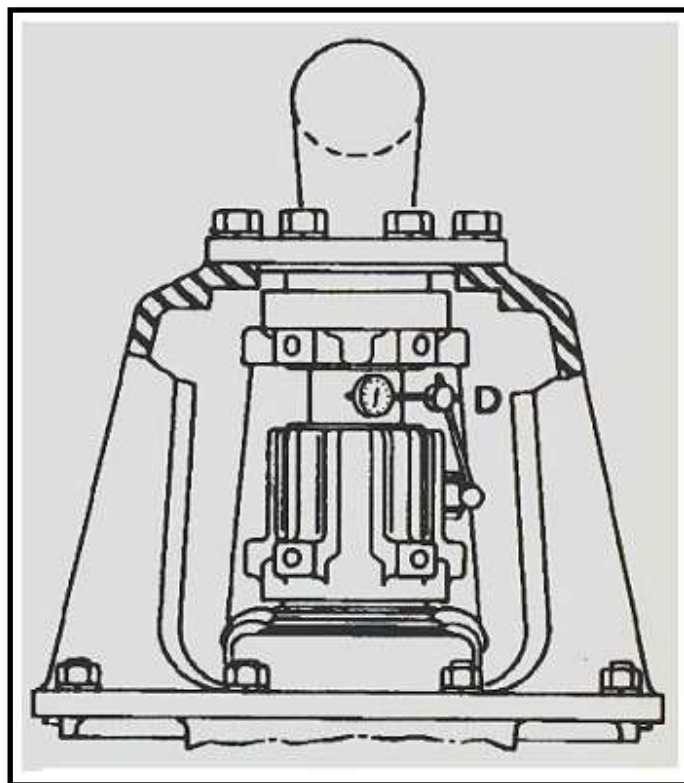
*Figura 32.a.: Procedimiento de inspección de cuello de ganso*

*Fuente: Autores*



*Figura 32.b.: Procedimiento de inspección de cuello de ganso*

*Fuente: Autores*



*Figura 32.c.: Procedimiento de inspección de cuello de ganso*

*Fuente: Autores*

### c) Criterios de Aceptación

- Al apoyo del asa se le deben poner cuñas para obtener el despejo requerido del cojinete, de 0,001" a 0,003". Verifique el despejo subiendo y bajando la camisa. La desalineación máxima permisible del recinto del apoyo del cuello de ganso es de 0,008". (Ver figura 32.a.)
- La desalineación máxima permisible del piloto del cuello es de 0,010". (Ver figura 32.b.)
- La desalineación máxima permisible del tubo lavador ya instalado es de 0,010". (ver figura 32.c.)

La inspección puede revelar desalineaciones que exceden los límites recomendados. Los conjuntos de empaquetadura Uniflex se han diseñado para tolerar la desalineación de la camisa con relación al cuello y funcionan con algo de excesiva.

#### **3.5.6.3.3. Inspección con partículas magnéticas**

Se procederá a realizar la inspección con partículas magnéticas al asa o "U", al vástago de conexión y a la camisa de la unión giratoria, con la finalidad de detectar discontinuidades transversales, superficiales y sub-superficiales. El procedimiento, las recomendaciones y criterios de rechazo se deben aplicar bajo la norma ASTM E-709.

### 3.5.7. Inspección de la mesa rotaria y buje maestro

#### **3.5.7.1. Objetivo y alcances.**

Este procedimiento cubre la inspección de la mesa rotaria, tanto independiente de acción rotativa como de transmisión del malacate. Así mismo el procedimiento de inspección del buje maestro incorporado a la mesa.

#### **3.5.7.2. Procedimiento de inspección de la mesa rotaria.**

A continuación se describe el procedimiento de inspección para los dos tipos de mesa rotaria, teniendo en cuenta la norma API Spec 7K y distintos manuales de fabricante<sup>1</sup>.

Se debe realizar el siguiente procedimiento de aislamiento para mesa rotaria de acción independiente:

---

<sup>1</sup> IDECO, AMERICAN BLOCK

1. Apague el motor de tracción de transmisión de mesa rotativa independiente en la consola del perforador.
2. Apriete el botón de contacto del interruptor auxiliar en el motor de tracción y bloquéela en la posición de apagado (OFF). Coloque un cartel de advertencia en el bloqueo.
3. Coloque un cartel de advertencia en los controles de la consola del perforador de la transmisión de mesa rotativa.
4. Localice los cables alimentadores en el cuarto SCR y retire las cubiertas de enchufe. Con un voltímetro configurado a una escala de CC de 1000V asegúrese de que no haya voltaje.
5. Desconecte los conductores de alimentación y cubra los receptáculos con sus guardapolvos.
6. Localice el enchufe de campo de motor y sáquelo del receptáculo. Vuelva a colocar el guardapolvo sobre el receptáculo.
7. Coloque carteles de advertencia en los enchufes y receptáculos.
8. Ahora el sistema de transmisión de mesa rotativa accionada independientemente está aislado de la alimentación.

Si se tiene mesa rotaria con transmisión de malacate, se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Corte la alimentación de malacate y aplique el freno de inercia para hacer que se detenga por completo. Coloque carteles de advertencia en los controles.
2. Retire la línea de aire que da al obturador de rotor de embrague de mesa rotativa y tape la línea.
3. Coloque un cartel de advertencia en la línea tapada y en el control de embrague de mesa rotativa en la consola del perforador.

4. Retire las cubiertas de guardacadena de mesa rotativa.
5. Rompa la cadena de transmisión de mesa rotativa y permita que la cadena se salga de ambas ruedas dentadas. Asegúrese de que la cadena no quede atrapada si se girara el embrague de la mesa rotativa depositándola en el fondo del guardacadena.
6. Ahora la mesa rotativa está en el estado mecánico cero.
7. De ser posible, el malacate deberá permanecer inactivo por el tiempo que dure el trabajo en la mesa rotativa.

Se debe proceder con la inspección según el siguiente programa:

#### ***3.5.7.2.1. Inspección mensual de la mesa rotaria.***

Cada mes se deben inspeccionar visualmente los siguientes componentes de la mesa:

- Cojinetes: Se inspecciona en busca de desgaste excesivo.
- Piñones: Se inspecciona el eje del piñón en busca de movimientos excesivos y holguras longitudinales.
- Pernos: Se inspecciona el debido ajuste del perno.

#### ***3.5.7.2.2. Inspección trimestral de la mesa rotaria.***

Cada tres meses se deben inspeccionar visualmente los siguientes componentes de la mesa:

- a. Cojinetes: Se inspecciona en busca de acumulación de fluidos de perforación y tierra en el alojamiento principal.
- b. Deflector: Se inspecciona su estado.
- c. Pernos de sujeción y dispositivo posicionador.

#### ***3.5.7.2.3. Inspección semestral de la mesa rotaria.***

Se procede a inspeccionar la mesa mediante el método visual y el método dimensional, de este modo:

## a) Inspección visual

Inspeccionar los siguientes componentes de manera visual, en busca de fugas de aceite, fisuras o grietas, elongación y verificando el estado mecánico -operativo de éstos:

- Tapones magnéticos del cárter
- Sello Laberinto en busca de fugas de aceite
- Cadena y Piñones
- Embrague

## b) Inspección dimensional

Inspeccionar los juegos de la mesa rotaria: Vertical, radial y entre los dientes.

**3.5.7.2.4. Criterios de aceptación y/o rechazo en inspección de la mesa rotaria**

- Al inspeccionar de manera visual se debe tener en cuenta lo siguiente:
- Cualquier fisura en zona de soldadura de algún componente, permite que éste sea rechazado.
- Al inspeccionar la elongación de la cadena, el valor debe estar dentro del rango del 3% de elongación.
- Al inspeccionar los juegos de la mesa rotaria de manera dimensional, se tienen en cuenta los criterios de aceptación generados por el fabricante.

**3.5.7.3. Procedimiento de inspección del buje maestro.**

1. Bloquee (aísle) la mesa rotaria según numeral 2.5.7.2. descrito en esta guía.
2. Revise el diámetro interno del buje maestro, revisando el desgaste.
3. Revise que los bloqueos del buje maestro estén operativos y tengan buena lubricación.

4. Inspeccionar el ahusamiento interior en busca de materiales abrasivos o marcas de erosión.
5. Inspeccionar el estado de las tazas de perforación insertables, buscando desgaste, zonas abrasivas y lubricación.
6. Inspeccionar el diámetro externo del buje maestro en busca de desgaste excesivo.
7. Inspeccionar las zonas críticas del buje maestro por medio del método de partículas magnéticas húmedas, de acuerdo a la norma ASTM E-709.

**3.5.7.3.1. Criterios de aceptación y/o rechazo en inspección del buje maestro.**

Para la inspección del desgaste: Cambie el buje maestro cuando el diámetro interior de la plataforma alcance las siguientes dimensiones de desgaste que se indican a continuación:

**Tabla 6.** Dimensiones de desgaste para buje maestro. **Fuente:** Autores

TIPO DE BUJE MAESTRO / TAMAÑO MESA ROTARIA	DIMENSION DEL DESGASTE
MSS (17-1/2, 20-1/2 y 23")	14-3/16"
MSPC (20-1/2")	15-3/16"
MSPC (23, 26 y 27-1/2")	19-3/16"
MPCH (23, 26, 27-1/2 y 37-1/2")	19-3/16"
MSS (26 y 27-1/2")	22-3/16"

Para la inspección con partículas magnéticas húmedas: Se deben manejar los criterios plasmados en la norma ASTM E-709.

**3.5.8. Inspección del rotador del cuadrante**

**3.5.8.1. Objetivo y alcances.**

Este procedimiento cubre los requerimientos de inspección y los criterios de aceptación para el rotador del cuadrante.



### **3.5.8.2. Procedimiento de inspección del rotador del cuadrante.**

1. Realizar la inspección de las conexiones de acuerdo al numeral 3.11. Inspección Visual de Conexiones; omitiendo las secciones 3.11.3 y 3.11.4.a, plasmado en la norma DS-1.
2. Realizar la inspección del cuerpo del rotador del cuadrante, en busca de fisuras, abolladuras, grietas o imperfecciones similares; en caso de encontrarse uno de los ítems anteriores, el equipo debe rechazarse.
3. Realizar inspección por partículas magnéticas a las roscas, al cuerpo del rotador del cuadrante y a sus conexiones y puntos de soldadura; de acuerdo a la norma ASTM E-709.
4. Realizar inspección por el método del ultrasonido, para verificar espesores en la parte superior e inferior del cuerpo del rotador del cuadrante, de acuerdo a la norma ASTM E-114.

#### **3.5.8.2.1. Criterios de Aceptación y/o rechazo.**

Los criterios de aceptación están plasmados de acuerdo a las especificaciones de los equipos en las normas referenciadas para cada tipo de inspección; adicionalmente pueden ser complementados, de acuerdo a las directrices del propietario, con el manual del fabricante del equipo.

## **CAPÍTULO IV. MANTENIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA ROTATORIO CONVENCIONAL**

### **4.1. Mantenimiento**

El mantenimiento, en general, es el conjunto de acciones encaminadas a la conservación de la maquinaria, equipo e instalaciones, de tal manera que permanezcan operando en óptimas condiciones, alcanzando el objetivo para el cual fueron adquiridas, evitando o minimizando las fallas durante su vida útil.

Realizar operaciones de mantenimiento en equipos e instalaciones, ayudan a la prevención de fallas en éstos, evitando paros innecesarios en las distintas operaciones y gastos adicionales a la compañía; además permite alargar la vida útil del equipo y reducir la cantidad de repuestos de reserva.

Es tanto responsabilidad de la compañía, como del supervisor, jefe de equipo y cuadrilla de trabajo en la operación, asegurar y garantizar el buen funcionamiento de todas las unidades integrantes de los equipos de perforación, a un grado óptimo de eficiencia. Un especial cuidado se debe tener con el Sistema Rotatorio Convencional, mejor conocido como el corazón de la perforación rotatoria, por ello es importante conocer los diferentes tipos de mantenimiento, y su aplicación para cada uno de los equipos que componen este sistema.

### **4.2. Tipos de mantenimiento**

Tradicionalmente, en la industria petrolera se han venido implementando cinco tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de su desarrollo.

#### **4.2.1. Mantenimiento predictivo**

Este se aplica en la industria para conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas como temperatura, presión, vibración, consumo de energía, etc. Cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Su característica principal es el empleo de aparatos e instrumentos de prueba, medición y control.

Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos, además de una atención rigurosa y constante por parte del operario o encargado de este mantenimiento.

Es necesario porque ayuda a evitar las costosas reparaciones de equipo y maquinaria, así como minimizar el tiempo perdido por suspensiones imprevistas. Para su aplicación no es necesario aumentar la cantidad de personal requerido para aplicar los procedimientos, ya que se cuenta con el personal de supervisión indispensable para mantener y conservar las instalaciones. En este tipo de mantenimiento, una vez establecidas las rutinas de revisiones y comprobaciones, el trabajo se facilitará con el auxilio de registros y anotaciones.

Concluyendo, la implementación de este tipo de mantenimiento, brinda grandes beneficios como:

- La reducción del número de paros imprevistos en la operación.
- Reducción de las reparaciones repetitivas.
- Alargamiento del período de vida útil del equipo.
- Refaccionar de manera oportuna los equipos.
- Eliminación del tiempo ocioso del personal de mantenimiento para aplicarlo en otra actividad.

#### 4.2.2. Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel óptimo de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Con el auxilio del mantenimiento predictivo, ahora en forma conjunta con el preventivo, y programas de mantenimiento adecuadamente planeados, la conservación de las unidades está en su grado óptimo, dando como resultado una mayor disponibilidad del equipo, reduciendo con esto los tiempos de operación del mismo en la perforación o desarrollo. Una buena organización de mantenimiento que aplica estos sistemas, con experiencia, determina las causas de fallas repetitivas y la vida útil de componentes, llegando a conocer los puntos débiles de maquinaria e instalaciones.

Una vez establecido un plan de mantenimiento y elaborado el programa de revisiones rutinarias y periódicas que deben efectuarse sobre un componente del equipo, el siguiente paso será el de coordinar con las secciones de operación y materiales todas aquellas actividades que les competen, de tal manera que el tiempo que la unidad este fuera de operación sea el mínimo, o bien que no afecte la buena marcha de las operaciones del equipo, en esta sección de mantenimiento se han establecido programas computarizados de fácil comprensión, que permiten llevar un record de todas las unidades en operación y al mismo tiempo determinar con prontitud que componentes de maquinaria son susceptibles de reemplazo, como son bandas de transmisión, rodamientos, filtros, acoplamientos, etc.

Para llevar a cabo un buen programa de mantenimiento preventivo es indispensable contar con una buena disposición mental del grupo de mantenimiento, independientemente del imperativo de tener todos los medios disponibles para llevar a cabo con éxito todas las actividades previstas de mantenimiento. Los factores que intervienen en el desarrollo del mantenimiento programado y que determinan su correcta aplicación son a grandes rasgos los siguientes:

- Limpieza de componentes.
- Herramienta adecuada y en condiciones.
- Materiales necesarios.
- Ruta de trabajo.
- Seguridad personal.
- Experiencia en las operaciones.

#### 4.2.3. Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos. Cabe resaltar que el desarrollo de este tipo de mantenimiento se realiza de acuerdo a las políticas de cada empresa.

Para este tipo de mantenimiento no hay una definición precisa que explique con claridad, las ventajas o desventajas que presenta su aplicación. Por ejemplo su aspecto económico es determinante en el análisis de costos totales de la operación. Para unos, el mantenimiento "correctivo" significa la actividad de reparar después de una suspensión no prevista, para otros, es el conjunto de acciones tendientes a minimizar los paros no previstos, como será la sustitución de materiales, rediseño de instalaciones, modificaciones operativas, etc.

Cualquier programa implantado de mantenimiento producirá beneficios que sobrepasen su costo, no podemos dudar de lo anterior, el objetivo es único y no requiere demoras, y es el de conservar las propiedades físicas de la empresa en óptimas condiciones, alta disponibilidad y alargar la vida útil de las instalaciones.

De manera general, el mantenimiento correctivo comprende actividades contempladas en el mantenimiento predictivo y preventivo, como son:

- Limpieza: Actividad obligatoria antes de intervenir el equipo.
- Inspección: Actividad comprobatoria del defecto o la falla prevista o no prevista.
- Abastecimiento: Verificación previa de existencias de redacciones y materiales.
- Lubricación: Análisis de lubricantes cambio en las técnicas de aplicación.
- Pintura: Actividad repetitiva para protección de las instalaciones.

Pueden mencionarse otros aspectos aplicables al sistema de mantenimiento adoptado, pero son, siempre las necesidades de la industria las que determinan en gran parte los trabajos de mantenimiento rutinario que deben ejecutarse, las recomendaciones de los fabricantes del equipo y la experiencia propia, son factores muy importantes para la determinación de dichos trabajos.

Desde el punto de vista económico y con el fin de abatir costos aunque sean programas a largo plazo, se implementan gráficas y estadísticas que a la larga y con la experiencia del grupo de mantenimiento, auxilian a determinar si un equipo requiere ciertas modificaciones en sus componentes, reemplazo de unidades inadecuadas y la oportuna identificación de unidades con altos costos de mantenimiento, lo cual lleva a investigar y corregir las causas.

#### 4.3. Lubricación

Para su utilización se debe comprender, que la lubricación es un procedimiento mecánico para reducir la fricción sólida y el desgaste mediante la separación de las superficies en contacto con un lubricante. Es decir que lubricar no es agregar aceite por agregar, se debe conocer qué clase de lubricante, cuándo y cómo agregarlo, particularmente no es aconsejable ni dejar de lubricar ni sobre lubricar, ambos extremos son peligrosos para cualquier equipo, y pueden reducir su vida útil.

En ese orden de ideas, la correcta lubricación de los equipos que hacen parte del sistema rotatorio, y no solo de estos sino de cualquier equipo en general, garantiza un mayor periodo de vida útil para estos, optimizando tiempo y gastos para cualquier empresa.

#### 4.3.1. Funciones de los lubricantes

Los lubricantes tienen importantes funciones además de reducir la fricción que se produce cuando una pieza tiene contacto con otra que se pone en movimiento, evitando en consecuencia su desgaste. De igual manera los lubricantes ejercen otras funciones, por ejemplo como disipar el calor, impedir la suciedad, proteger las piezas metálicas de la oxidación y la corrosión y en las máquinas hidráulicas sirven como transmisores de fuerza o potencia.

Estas funciones las pueden cumplir gracias a que la industria petrolera ha progresado por los rápidos desarrollos y experimentos en el campo de los motores de explosión y en el diseño de maquina industrial, para así alcanzar a satisfacer las necesidades de cualquier consumidor. En efecto, hoy en día se ha mejorado la estabilidad química, la fluidez y la viscosidad, a variadas temperaturas de los aceites, dándoles cualidades de antiespumantes, anticorrosivos, etc., mediante la adición a los aceites minerales puros de pequeñas cantidades de aditivos.

A sus razones de origen y uso naturalmente los aceites con aditivos son más costosos y aunque, la mayoría de los aceites que se emplean contienen aditivos de alguna clase, sólo deben usarse cuando las necesidades de trabajo así lo requieran. El aditivo más conocido es el detergente-inhibidor, usado en los aceites para motores diesel de alta velocidad.

**Tabla 7.** Funciones de los lubricantes. *Fuente:* Autores

FUNCIONALIDAD	¿CÓMO ACTUA?
<b>Reducción de la fricción</b>	Los lubricantes actúan como agentes deslizantes entre las piezas en contacto. Los lubricantes forman una capa que facilita el deslizamiento.
<b>Reducción del desgaste</b>	El desgaste es una consecuencia de la fricción, porque cuando es vencida la fuerza que se opone al movimiento de las piezas entrabadas muchas de las perturbaciones son desprendidas, lo cual no ocurre cuando hay un lubricante entre las piezas en movimiento.
	Al ponerse en movimiento una máquina cualquiera, debido a la fricción, se produce calor en los puntos de contacto de

<b>Disipación del calor</b>	sus piezas móviles, el cual es parcialmente absorbido por el lubricante. En algunos sistemas de circulación, el aceite caliente es llevado a enfriadores para retornar a otro ciclo.
<b>Impiden la acumulación de suciedad</b>	El uso adecuado de un lubricante puede impedir en muchos casos la acumulación de suciedad, la cual en muchos casos puede dañar las superficies lisas.
<b>Transmisión de fuerza</b>	Todos los equipos de tipo hidráulico que utilizan el aceite como transmisor de fuerza deben ser cuidados.

#### 4.3.2. Características físicas y químicas de los lubricantes

Los lubricantes a los que nos hemos referido son los llamados aceites lubricantes, los cuales tienen unas características físicas y químicas que se establecen para controlar la calidad de los lubricantes y determinar su comportamiento para una aplicación específica. Entre las más importantes se tienen.

- a) **Viscosidad:** Es la característica más importante en su identificación y en términos generales se les clasifica en aceites livianos, medianos y pesados, de acuerdo a su fluidez.

La viscosidad varía con la temperatura siendo alta a baja temperatura y baja a altas temperaturas. Es por esto que se debe conocer la temperatura a la cual será sometido durante su servicio, con el fin de evitar la pérdida de poder (pérdida de consistencia o propiedades), acumulación excesiva de calor en los engranajes y rodamientos de las máquinas. Además sirve para determinar el flujo de aceite dentro de los sistemas de lubricación.

Los aceites pesados se usan para las piezas que se mueven a velocidades lentas bajo cargas altas, porque no pueden ser expulsados fácilmente entre las partes en contacto. Los aceites livianos se usan para trabajar a altas velocidades y cargas bajas porque ofrecen mayor resistencia y forman una película más estable. En pocas palabras, es la medida de la velocidad de flujo de un aceite en un segundo.

- b) **Índice de viscosidad:** Se define como la estabilidad de la viscosidad de un aceite con los cambios de temperatura. Entre mayor sea el índice de viscosidad más estable es el aceite. Es importante sobre todo en sistemas que cambian drásticamente con la temperatura.

- c) **Punto de inflamación:** Es la temperatura a la cual los gases formados se inflaman por un instante al aproximarles una chispa o llama. En los aceites nuevos se utiliza para determinar la temperatura máxima a la cual se puede utilizar sin riesgo alguno y en los aceites usados para determinar la dilución o contaminación con solventes y combustibles.

Por lo tanto no se debe elegir un lubricante que va a estar sometido a altas temperaturas con un bajo punto de inflamación.

- d) **Punto de fluidez:** Es la temperatura más baja a la cual el aceite aún es un fluido. Indica las limitaciones de fluidez que tiene el aceite para trabajar a bajas temperaturas.
- e) **Residuo carbonoso:** Determina la tendencia que tienen los aceites de formar partículas de carbón cuando están sometidos a altas temperaturas de funcionamiento. Se presenta principalmente en los aceites utilizados en la lubricación de motores de combustión interna y en los compresores donde las altas temperaturas pueden dar lugar a que el aceite se descomponga y forme carbones duros.
- f) **Contenido de cenizas:** Está relacionado con la cantidad de materiales no combustibles que pueden estar presentes en él como polvo, algunos aditivos, limaduras y partículas metálicas provenientes del desgaste de las superficies en movimiento relativo. Depende del tipo de aceite, de las condiciones de trabajo a las cuales ha sido sometido y la prueba con la cual ha sido evaluado.
- g) **Demulsibilidad:** Es la resistencia de un aceite a la emulsificación. Una baja demulsibilidad puede ser el resultado de una deficiente refinación de las bases lubricantes, contaminaciones o uso inadecuado de aditivos. Cuando un aceite no se separa rápidamente del agua puede causar problemas de corrosión en el equipo.
- h) **Punto de anilina:** Indica el contenido de hidrocarburos saturados. Es la medida del nivel de parafinas y de la tendencia a deformar los sellos de caucho que tienen los lubricantes en las máquinas donde son utilizados.
- i) **Formación de espuma:** Es la medida de la tendencia del aceite a formar espuma en la superficie. Excesiva cantidad de espuma puede causar desgaste de las superficies metálicas lubricadas debido a la poca homogeneidad de la película lubricante, además puede causar la oxidación del aceite y la corrosión de las partes metálicas.



- j) **Número de neutralización:** La acidez o la alcalinidad de un aceite se puede expresar de acuerdo con la escala del pH. Los valores de pH son aplicados en los aceites nuevos para controlar la cantidad del producto. Y en los aceites usados se tienen en cuenta como una guía de la condición mecánica de la máquina, cambios en las condiciones de operación y también se les puede relacionar con la descomposición de los aditivos.

#### 4.4. Grasas

Los lubricantes semisólidos o grasas son aceites minerales espesados con un agente generalmente llamado jabón y aditivos especiales para producir una mezcla plástica conveniente para lubricar algunos tipos de maquinaria. El compuesto especial “jabones” más comúnmente utilizados es a base de calcio, de sodio, aluminio, litio o plomo cada uno de los cuales da a las grasas cualidades específicas.

**Tabla 8.** Características de las grasas de acuerdo a su densificador. **Fuente:** Autores

DENSIFICADOR	CARACTERISTICAS	APLICABILIDAD
<b>Calcio</b>	Mantequillosa. Resistente al agua. Buena estabilidad estructural en operación. Fácil aplicación con pistolas. Usada hasta temperaturas de 77 °C. No soportan rotaciones a altas velocidades.	Grasas para copas, chasis, bombas de agua y aplicaciones por pistolas.
<b>Sodio</b>	Generalmente fibrosa. Poca resistencia al agua. Gran estabilidad estructural en operación. Se usa hasta temperaturas de 150 °C.	Rodamientos, cojinetes de ruedas, juntas universales y para usos generales a altas temperaturas.
<b>Litio</b>	Mantequillosa. Posee una gran estabilidad estructural en operación. Resistente al agua. Usada hasta temperaturas de 150 °C.	Usos múltiples.
<b>Base Aceite</b>	Grasas donde el contenido de aceite es el lubricante principal; actualmente de uso limitado. La mayoría son mantequillosos, tienen buena estabilidad estructural en operación. Se utilizan en temperaturas hasta de 150 °C.	Aplicaciones especiales de alta temperatura.

Es necesario hacer una respectiva aclaración técnica frente a la utilización de grasas en vez de aceites, debido a que las grasas se recomienda donde se requiere un lubricante que mantenga su posición original en un mecanismo, especialmente donde los tiempos de re lubricación son prolongados.

#### 4.4.1. Características de las grasas

- a) **Consistencia y penetración:** Es el grado que un metal plástico, resiste la deformación bajo la aplicación de una fuerza. La consistencia es una característica de plasticidad de la grasa, varía con la temperatura y el trabajo mecánico a que se somete la grasa. Por otro lado, la penetración es la medida de la consistencia de la grasa y las penetraciones se reportan como trabajadas y como no trabajadas.
- b) **Punto de goteo:** El punto de goteo o punto de licuación” Es la temperatura a la cual cae una gota de grasa a través de un orificio de una copa de ensayo, cuando la grasa es calentada uniformemente.

#### 4.5. Análisis para la selección de un lubricante

Todos los aceites lubricantes utilizados en sistemas cerrados o de circulación, durante su servicio se oxidan y contaminan haciendo que los aditivos que posee se agoten. El método más confiable para determinar si un aceite puede continuar en servicio o no, es por medio de un análisis de laboratorio. De esta manera se evalúan los tipos de contaminantes que pueda tener la muestra.

Con el análisis de un lubricante, se busca lo siguiente:

- Determinar la condición del aceite.
- Asegurar que el tipo de lubricante y la frecuencia de cambio sean adecuados para la aplicación en particular.
- Predecir fallas en los equipos para evitar reparaciones costosas.
- Reducir paradas innecesarias en los equipos.
- Incrementar la eficiencia en la maquinaria al extenderle sus períodos útiles.
- Reducir costos de mantenimiento, mano de obra y repuestos.

#### 4.6. Problemas en lubricantes

Generalmente cuando se tiene problemas con los lubricantes, lo recomendable es un cambio total del aceite o lubricante que contenga el equipo. Se debe comprender que un aceite es inadecuado para seguir prestando un servicio normal debido a dos razones fundamentales:

- Contaminación.
- Degradación.

#### 4.7. Puntos críticos que requieren lubricación

Es de conocimiento común que la lubricación es necesaria y fundamental en todos los puntos donde una superficie roza con otra, para extender la vida útil de los equipos evitando el desgaste. Aplicando esto a los equipos presentados en este manual, se puede identificar varios componentes en diferentes espacios que requieren una correcta lubricación como son, los rodamientos que sostienen ejes en movimiento, los engranajes que tienen encaje de dientes, entre los pistones y los cilindros donde estos funcionan.

#### 4.8. Componentes fundamentales de los equipos del sistema rotatorio convencional

Los equipos que conforman el sistema rotatorio convencional están conformados por diferentes componentes que permiten su funcionamiento óptimo si se les realiza un mantenimiento correcto y con periodos de tiempos adecuados.

##### 4.8.1. Rodamientos



*Figura 33: Rodamiento de balines*

*Fuente: SURTI RODAMIENTOS*

Son elementos realmente valiosos e importantes que componen muchos de los equipos, son relativamente robustos y de larga duración, especialmente si están montados correctamente y se cuidan bien. El mantenimiento de los rodamientos significa, protegerlos de la suciedad y humedad así como también vigilar que estén bien lubricados. La eficacia de la protección depende de la configuración, de la disposición, del estado de las obturaciones y del lubricante.

#### ***4.8.1.1. Mantenimiento de los rodamientos.***

Los rodamientos son piezas de precisión requieren que sean utilizados correctamente, manejados con cuidado, conservados siempre limpios, estas reglas hay que tenerlas en cuenta para rodamientos almacenados o en operación.

#### ***4.8.1.2. Almacenamiento de los rodamientos de repuesto.***

Los rodamientos son tratados con un agente antioxidante antes de ser empacados, y en el envase original resiste el almacenamiento durante muchos años. Preferiblemente debe guardarse en un local en el cual la humedad del aire no sobrepase el 60% y la temperatura se mantenga más o menos uniforme. Rodamientos con placas de protección deben no obstante utilizarse en el curso de dos años, y los rodamientos con placas de obturación en tres años, puesto que la grasa con la cual están llenos sufre tras dicho tiempo un excesivo envejecimiento.

Se debe tener en cuenta que los rodamientos que no conservan el empaque original, sean protegidos contra el polvo y la corrosión.

#### ***4.8.1.3. Manejo correcto de los rodamientos.***

El período crítico en la vida de un rodamiento es cuando sale del depósito hacia el ensamblaje, pues será sacado de su caja y se le quitará la capa protectora, gran parte de las fallas en los rodamientos se deben al sucio que entró en ellos, debido a descuidos antes o durante el ensamblaje. Las bolas de un rodamiento tienen contacto metal a metal con los canales del collar, el sucio está compuesto de gran cantidad de partículas durísimas que, cuando se mezclan con el lubricante, hacen de éste un compuesto abrasivo. De esta forma el movimiento de las bolas al rodar gradualmente esmerilará el ajuste apretado del rodamiento y destruirá la exactitud y la eficiencia.

#### **4.8.1.4. Limpieza de los rodamientos.**

Es una de las prácticas más importantes en el manejo de los mismos. Si se ensucian se deben sumergir en un solvente el tiempo necesario para que se les desprenda el sucio y la grasa. Luego se deben enjuagar en otro solvente limpio. El rociado de aceite con pistola es muy efectivo, siempre que se use un filtro. Para secarlos se puede utilizar aire comprimido, el cual también se debe filtrar para que esté libre de humedad y de polvo. Luego hay que lubricarlos con una capa de grasa liviana, para después envolverlos en un papel a prueba de grasa y guardarlos en una caja o cartón.

#### **4.8.1.5. Lubricación correcta de los rodamientos.**

El lubricante a aplicarse depende de factores como: Tamaño del rodamiento, velocidades, cargas, y otras condiciones de funcionamiento, acceso del rodamiento, temperatura de operación, tipo de cierre, sistema de lubricación y otros similares. Las condiciones de servicio y de operación determinan la frecuencia de lubricación.

Para tener la seguridad de utilizar el lubricante correcto, lo mejor es consultar a los fabricantes de los rodamientos y los proveedores de los mismos. Por lo general, éstos suministran tablas de lubricación junto con su equipo. Estas tablas especifican la clase de aceite o grasa a aplicarse, también la cantidad y frecuencia, por ello se debe usar sólo el lubricante recomendado.

La lubricación por aceite de los rodamientos se puede realizar por baños, salpiques, goteos circulación forzada y lloviznas. La grasa también es aplicada por medios convencionales. Los rodamientos pueden tener ajustes para pistolas de presión o copas para grasa. Se debe asegurar de quitar el tapón de descarga antes de engrasar con pistola. Todos los rodamientos en principio pueden lubricarse con grasa o con aceite. Los rodamientos axiales de rodillos exigen normalmente lubricación por aceite; grasa puede usarse solamente a muy bajas velocidades. En cuanto a rodamientos con placas de protección o de obturación, se llenan de grasa al momento de la fabricación y no necesitan re lubricarse nunca. Determinante para la elección de lubricante es en primer lugar el rango de temperaturas y la velocidad a la que trabaja. En condiciones normales de operación se puede emplear grasa, la cual se mantiene mejor en el rodamiento que el aceite; la grasa contribuye también por sí misma a proteger el rodamiento contra la humedad e impurezas. La lubricación con aceite se emplea cuando las temperaturas de operación o las velocidades son elevadas, cuando interesa disipar calor de la aplicación y cuando los elementos adjuntos de la máquina están lubricados por aceite. En las tablas de rodamientos se especifican los límites de velocidad que rigen para lubricación por grasa y aceite. Se debe guardar siempre el lubricante en recipientes limpios y cerrados, el lugar de almacenamiento debe ser seco.

#### 4.8.1.6. Inspección de rodamientos.

Inmediatamente después de limpiar los rodamientos, se deben inspeccionar para comprobar que se encuentren servibles. Se debe verificar que los rodamientos no se encuentren duros y que no se peguen en ciertos puntos, de ser así se deben limpiar nuevamente. Si el rodamiento sigue pegándose o sigue áspero, se debe examinar detenidamente para encontrar la falla, antes de desecharlo. Los rodamientos montados en máquinas en las que una parada acarrea serias consecuencias deben revisarse regularmente.

En aplicaciones de rodamientos menos críticas cuyas condiciones de funcionamiento no sean especialmente severas, pueden en la mayoría de los casos dejarse sin más atención que la lubricación. Se debe tomar en cuenta que no se escape lubricante a través de obturaciones defectuosas o tapones mal apretados. Se debe comprobar el funcionamiento de la lubricación automática en caso de haberla.

Al momento de desmontar los rodamientos se deben emplear las herramientas adecuadas para evitar atascamientos. Nunca se debe emplear fuerza contra el anillo flojo, los blindajes o los sellos. Una prensa de un árbol es una de las mejores herramientas para quitar un rodamiento. El montaje del rodamiento debe efectuarse en un lugar seco y limpio.

**Tabla 9.** Fallas comunes de rodamientos. *Fuente:* Autores

FALLAS	CAUSAS
<b>Ruido excesivo durante la marcha.</b>	Juego interno insuficiente. Juego interno excesivo. Deterioro en las superficies de rodadura. Suciedades. Lubricantes de consistencia o viscosidad demasiado altas.
<b>Variaciones en la intensidad del ruido.</b>	Variación en el juego interno por oscilaciones en la temperatura. Deterioro en las superficies de rodadura ya sea por suciedad o por fatiga.
<b>Marcha irregular.</b>	Deterioro de los caminos de rodadura y elementos rodantes, suciedades, juego interno excesivo.
<b>Temperatura de funcionamiento por encima de lo normal.</b>	Juego interno insuficiente, lubricación deficiente o excesiva. Obturaciones o sellos de laberinto que rozan con los elementos del rodamiento.
<b>Aumento repentino en la temperatura de funcionamiento.</b>	Falta de lubricante. Iniciación de la fatiga.

<p><b>Rotación difícil.</b></p>	<p>Rodamientos agarrotados. Cantidad excesiva de lubricante. Consistencia o viscosidad del lubricante mayor que la requerida. Sellos rozando con los elementos rodantes.</p>
<p><b>Funcionamiento con golpeteo.</b></p>	<p>Deterioros en los caminos de rodaje.</p>

#### 4.8.2. Cadenas de transmisión

Las cadenas de rodillos de precisión constituyen uno de los medios de mayor eficacia y más versátiles de transmisión de potencia mecánica. Una cadena de rodillos de precisión está formada por una serie de piezas que actúan como cojinetes, estando situados cada conjunto a una distancia precisa del otro mediante otras piezas planas denominadas placas. El conjunto de cojinete está formado por un pasador y un casquillo sobre el que gira el rodillo de la cadena. El pasador y el casquillo son endurecidos, generalmente cementados para permitir una articulación bajo presiones elevadas y para soportar las presiones generadas por la carga y la acción de engrane impartida a través de los rodillos de cadena. Las placas exteriores e interiores se templean para dar mayor tenacidad.



*Figura 34: Cadena de Rodillos*

*Fuente: SATOH INDUSTRIES CO.LTD*

Las cadenas se clasifican según la distancia entre los centros de pasadores adyacentes, diámetro del rodillo y ancho entre placas interiores. En conjunto, estas dimensiones se denominan dimensiones de engrane, porque determinan la forma y el ancho de los dientes del piñón.

Además de las cadenas de rodillos, hay otros tipos de cadenas como las de transmisión especiales o adaptadas, las de rodillos de acero inoxidable, las de eslabones acodados, las de paso largo y las de casquillo.

#### ***4.8.2.1. Técnica para ajuste de transmisión.***

Las notas que se dan a continuación son recomendaciones generales para seguir en la selección e instalación de un accionamiento de cadena, de modo que se asegure un funcionamiento y una duración satisfactoria.

- a) **Paso de cadena:** Las tablas de selección dan tamaños alternativos de cadenas que pueden usarse para transmitir la carga a una velocidad determinada. Cuando la potencia necesaria a una velocidad dada es superior a la capacidad de un sólo ramal de cadena, el uso de accionamiento de varios ramales permite transmitir potencias superiores.
- b) **Velocidades máximas de trabajo:** Estas velocidades, que se refieren a piñones motrices, se dan en tablas. Son válidos sólo si el método de lubricación provisto está en concordancia con las recomendaciones suministradas.
- c) **Números de dientes de los piñones:** El accionamiento por cadena depende directamente del número mínimo de dientes del piñón motriz.

Las ventajas son un flujo de potencia uniforme, regularidad de funcionamiento, alto rendimiento y larga duración. La razón de esta dependencia está en el hecho que la cadena forma un polígono sobre el piñón. De hecho, cuando la velocidad del piñón es constante, la velocidad de la cadena está sujeta a una variación cíclica regular. Entonces el porcentaje de variación cíclica disminuye rápidamente a medida que aumenta el número de dientes.

#### ***4.8.2.2. Instalación y mantenimiento.***

- a) **Alineación de la cadena:** Se debe asegurar que los ejes estén adecuadamente soportados por cojinetes. Los rodamientos del eje y las bases deben ser adecuados



para mantener la alineación estática inicial. Los piñones se deben situar cerca de los rodamientos.

Una alineación precisa de ejes y caras del diente de piñón dan una distribución uniforme de la carga en todo el ancho de la cadena y contribuye a la máxima duración. Para obtener una duración plena de la cadena debe proveerse un ajuste en longitud de la cadena, preferiblemente moviendo uno de los ejes. Si es posible mover el eje se recomienda situar un piñón loco que engrane con el ramal descargado de la cadena.

- b) Ajuste de cadena:** Se obtiene por el movimiento de uno de sus ejes, o bien utilizando un piñón tensor. La cantidad de ajuste debe ser suficiente para absorber un desgaste de cadena de dos pasos o bien 2% de alargamiento superior a la longitud nominal de la cadena, cualquiera que sea el más pequeño.

Cuando sea necesario pueden utilizarse varios piñones tensores en un mismo accionamiento, con el fin de asegurar todas las necesidades de ajuste. Los soportes de los piñones tensores deben ser rígidos y cuando se ajusten manualmente el elemento no móvil debe asegurarse en su posición después de realizado el ajuste.

- c) Alteraciones en la longitud de cadena:** Todos los accionamientos deben diseñarse, con ajuste total suficiente para asegurar el uso de un número par de eslabones en toda la vida útil de la cadena. No deben usarse nunca eslabones acodados en accionamientos de cadena impulsivos, con carga elevada o alta velocidad. Una cadena tiene un número de eslabones impar incorpora un eslabón acodado que debe sacarse para efectuar la alteración de un paso.

Ningún componente que haya sido montado a presión debe usarse de nuevo después de sacado. Siempre debe utilizarse un nuevo componente.

- d) Medición del desgaste de la cadena:** Una medida directa del desgaste de una cadena es el exceso de longitud sobre la longitud nominal de la misma, y el desgaste de la cadena puede determinarse por medidas de longitud en línea.

- e) Lubricación:** Se debe realizar una buena lubricación para evitar el escoriamiento, la formación del grano y el pegue entre las superficies de rodamiento sobre todo el pasador y el buje. También para amortiguar el impacto entre los rodillos; de igual forma la lubricación permite enfriar la transmisión, lavar las materias extrañas y lubricar las superficies en contacto entre la cadena y el piñón.

Se deben limpiar periódicamente las cadenas con el fin de remover de la superficie exterior, la mayor cantidad de contaminantes, los cuales en un momento dado, se pueden introducir en la parte interior causando el desgaste de los pasadores y de los bujes. En los sistemas de lubricación por inmersión y por circulación, se hace necesario cambiar el aceite al menos una vez al año y limpiar el depósito con un disolvente. Si es posible bajar la cadena y limpiarla.

En el caso cuando el medio ambiente esté muy contaminado por polvo o por partículas abrasivas, no se debe aplicar ningún tipo de lubricante sobre la cadena ya que esto daría lugar a la formación de una pasta abrasiva que aumentaría el desgaste de la misma. Si la cadena va a permanecer almacenada durante largos períodos de tiempo, es necesario protegerla para prevenir la corrosión o la formación de oxidación.

- f) **Selección de la viscosidad del aceite para la cadena:** Se debe seleccionar correctamente ya que un aceite de una viscosidad muy baja, aunque penetra fácilmente hasta los pasadores, es desplazado por la fuerza centrífuga de su superficie, por el contrario si es de una viscosidad muy alta, resiste la acción de la fuerza centrífuga pero no penetra completamente hasta los pasadores de la cadena.

Tabla 10. Problemas frecuentes en las cadenas. Fuente: Autores

PROBLEMA	¿POR QUÉ SE DA?	SOLUCIÓN
<b>Los acoples de la cadena se corren de su posición.</b>	Vibración.	Se deben usar amortiguadores en la base donde están montados los elementos sobre los cuales gira la cadena.
<b>Ruido exagerado.</b>	Juego excesivo o deficiente. Piñones en diferentes planos. Lubricación deficiente. Rodamientos en mal estado, o flojos. El paso de la cadena y de los piñones es diferente. Demasiado desgaste en la cadena y piñones.	Centrar los ejes donde van los piñones. Alinear los piñones. Revisar los dispositivos empleados en la lubricación. Cambiarlos o apretar los tornillos de la base de los rodamientos. Si los piñones están buenos, se cambia la cadena por otra que tenga el mismo paso de los piñones sino se cambian los dos.
<b>La cadena, al funcionar, se sube en los piñones.</b>	La cadena está muy floja. Cadena demasiado gastada.	Tensionar la cadena. Cambiarla.

	Insuficiente envoltura de la cadena sobre el piñón de menor diámetro.	Se debe aumentar la distancia entre los ejes de los piñones.
	Acumulación de polvo y partículas extrañas en los dientes.	Limpiar la raíz de los dientes con un cepillo metálico.
<b>Golpeteo de la cadena.</b>	Uno o varios pasadores están pegados. Juego excesivo de la cadena.	Limpiar periódicamente la cadena y lubricarla adecuadamente. Aflojar y mover uno de los piñones y darle el juego preciso a la cadena.

#### 4.8.3. Engranés

El engrane, generalmente se define como una pieza circular o cilíndrica, dentada, empleada para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de un equipo a otra.

Primero se debe reconocer que el objetivo principal de una transmisión por medio de ruedas dentadas es transmitir un movimiento con relación constante de velocidades. Y para lograr tal objetivo se puede dar a los perfiles de los dientes una forma tal que se garantice el cumplimiento de esta condición.

Independientemente del diseño del engranaje con el que se trabaje, es necesario aplicar un programa de mantenimiento y mantener una lubricación óptima en los mismos, con el fin de garantizar la efectividad en la transmisión.

Aplicando una buena lubricación a estas piezas tan fundamentales en la operación, podemos reducir el desgaste, la fricción, pérdidas de potencia y el calentamiento en los equipos.

##### 4.8.3.1. Tipos de engranajes

El tipo de engranaje determina el grado de deslizamiento que se presenta en el funcionamiento, la forma como se distribuye la fuerza transmitida, la superficie de engrane y de contacto. Generalmente se clasifican en dos grupos según la disposición de sus ejes de rotación.

Con sus ejes paralelos:

- Engranajes cilíndricos de dientes rectos.
- Engranajes cilíndricos de dientes helicoidales.

Con sus ejes perpendiculares:

- Engranajes de tornillo Sinfín-Corona.
- Engranajes cónicos de dientes rectos.
- Engranajes cónicos de dientes helicoidales.
- Engranajes hipoides.

En la siguiente tabla, se encuentran los tipos más comunes de engranajes, con características e ilustración.

Tabla 11. Tipos de engranes. Fuente: Autores

TIPOS MÁS COMUNES DE ENGRANES		
TIPO	ILUSTRACIÓN	CARACTERISTICAS
<i>Engrane cilíndrico de dientes rectos</i>		Los engranajes cilíndricos rectos son el tipo de engranaje más simple. Se utilizan generalmente para velocidades bajas y medias; a grandes velocidades, si no son rectificadas, producen ruido cuyo nivel depende de la velocidad de giro que tengan.
<i>Engrane cilíndrico de dientes helicoidales</i>		El engranaje helicoidal tiene sus ventajas con respecto al de dientes rectos, transmite mayor potencia y también pueden transmitir velocidades mayores, son más silenciosos y duraderos.
<i>Engrane cónico de dientes rectos</i>		Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en 90°. Estos engranajes generan más ruido que los engranajes cónicos helicoidales. Se utilizan en transmisiones antiguas y lentas. En la actualidad se usan muy poco.
		Este tipo de engrane está diseñado para transmitir grandes esfuerzos, y como

<p><b><i>Engrane de tornillo sin fin y corona</i></b></p>		<p>reductores de velocidad aumentando la potencia de transmisión. Este mecanismo si transmite grandes esfuerzos es necesario que esté muy bien lubricado para matizar los desgastes por fricción.</p>
<p><b><i>Engrane cónico de diente helicoidal</i></b></p>		<p>Es utilizado para reducir la velocidad en un eje de 90°. La diferencia con el cónico recto es que posee una mayor superficie de contacto. Es de un funcionamiento normal relativamente silencioso.</p>

Los siguientes son los factores que limitan el diseño de los engranajes y que hacen necesario seleccionar el tipo que más se adecue a las condiciones de operación:

- Calor generado durante el funcionamiento.
- Fallas de los dientes por rotura.
- Desgaste abrasivo.
- Ruido resultante de altas velocidades o de cargas de impacto.
- Fallas por fatiga en la superficie de los dientes.
- Desgaste adhesivo.

#### ***4.8.3.2. Factores de diseño.***

##### **a) Forma del diente**

La mayoría de los engranajes poseen perfil de envolvente en las superficies de contacto de los dientes; este permite obtener una velocidad angular constante y por ende una velocidad lineal constante que se transmite a través de los dientes en contacto. Otras ventajas de este perfil son: puede generarse con unas herramientas de dientes rectos lo cual constituye un método fácil y económico de fabricación, y no necesitan de una distancia entre centros fija, pues aunque esta varíe la velocidad angular se conserva.

##### **b) Acople de dientes**

Todo el contacto entre los dientes se produce a través de la línea de acción. Por ser ésta tangente a los círculos base para la generación de las envolventes, las superficies de los dientes son perpendiculares a la línea de acción en los puntos de contacto. Las curvaturas de

los dientes son las distancias del punto de contacto a los puntos de tangencia con los círculos base. Las velocidades tangenciales de los dientes son proporcionales al radio del diente y a la velocidad del engranaje, por lo tanto, la velocidad tangencial del diente que se impulsa se incrementa en el engranaje, mientras que la del diente impulsado disminuye. En el punto de paso de las velocidades son iguales; las velocidades tangenciales tienen la misma dirección. Como la magnitud de estas dos velocidades no es igual, excepto en el punto de paso, existe una velocidad de deslizamiento que es la diferencia de las velocidades de las dos superficies, y es máxima en los extremos de los dientes.

El torque o carga normal se transmite a lo largo de la línea de acción. En la medida en que los engranajes de dientes rectos transmiten carga, los dientes de engrane varían, pues en un instante hay un par y al siguiente se encuentran dos en contacto. En el inicio y al final del contacto la carga se distribuye entre dos parejas de dientes, mientras que en medio del contacto la carga completa es soportada por un par; en una curva uniforme, condición ideal puesto que en la práctica la transferencia de carga entre dientes suele ser abrupta debido a errores en el diente y deflexiones del mismo.

Como la transmisión de carga y las condiciones de contacto varían, existe una porción del diente expuesta a condiciones más severas y es allí donde se hacen más evidentes las fallas de la lubricación. Las condiciones de diseño de un engranaje tienden a desplazar este punto sobre la superficie del diente, esto no permite su ubicación exacta.

Si existe una buena lubricación los dientes en engrane están separados por una película de lubricante; el desgaste ocurre cuando la presión de contacto es suficiente para romper la película.

#### ***4.8.3.3. Composición material de los engranes.***

Se seleccionan de acuerdo al trabajo que estos desempeñen. En general los materiales para engranajes con trabajo a baja potencia son escogidos por el costo, el cual se determina por la disponibilidad del material y la facilidad de la manufactura.

Para engranajes de potencia mayor, las propiedades físicas de los materiales determinan su selección. Excepto para los de tipo sinfín-corona, en los que se usa bronce fosforado y en algunas transmisiones muy poco cargadas que emplean hierro fundido, la selección del material implica el uso de un acero adecuado para tal fin.

Cuando se requiere un desgaste mínimo y una buena resistencia a la fatiga, el engranaje debe poseer alta resistencia mecánica. Cuando se requiere resistencia a cargas de choque, el engranaje debe poseer buena ductilidad. Y cuando se requiere que las pérdidas superficiales sean mínimas, debe haber una baja fricción en el sistema de engranajes.

La buena resistencia mecánica y ductilidad son difíciles de obtener simultáneamente. Es común en la práctica, excepto donde ambos miembros de una transmisión de engranajes poseen superficies endurecidas, usar diferentes durezas en los materiales del piñón y del

engranaje y preferiblemente diferentes aleaciones. La rugosidad superficial es difícil de determinar cuantitativamente, pero el rendimiento de los engranajes depende en buen grado de la calidad de acabado obtenida con un método de fabricación.

El piñón como miembro de mayor velocidad y de trabajo pesado continuo, es generalmente de mayor dureza.

#### ***4.8.3.4. Variables que determinan los requerimientos de lubricación.***

##### **a) Condiciones ambientales**

Juegan un papel muy importante en la determinación de los parámetros de lubricación. Los factores de mayor influencia son la temperatura ambiental y la presencia de contaminantes.

##### **b) Temperatura ambiente**

A elevadas temperaturas el espesor de la película lubricante disminuye y si no posee la viscosidad adecuada permite el contacto metálico; en estas condiciones se requiere usar un lubricante con mayor viscosidad que la necesaria bajo una temperatura moderada. En el caso de bajas temperaturas el lubricante se espesa y no fluye con la rapidez suficiente para proteger los dientes de los engranajes, por esto debe usarse un aceite de menor viscosidad que la indicada bajo condiciones normales de temperatura.

##### **c) Contaminantes**

Los engranajes descubiertos que funcionan a la intemperie o en locales cerrados están expuestos a la contaminación por polvo o partículas abrasivas en suspensión en el medio ambiente; en este caso el lubricante ayuda a que los contaminantes se adhieran a la superficie de los dientes deteriorándolos y pueden llegar a formar depósitos apreciables en la raíz de los dientes que tienden a separar los engranajes. Estas condiciones en situaciones críticas han obligado a prescindir de la lubricación y reemplazarla por un programa de limpieza preferiblemente con un sistema de aire a presión. Si los engranajes están expuestos al agua por funcionamiento a la intemperie o por el mismo proceso de fabricación, es necesario aplicar lubricantes de alta adhesividad para proteger a los engranajes de la herrumbre y corrosión.

#### ***4.8.3.5. Tipos de lubricantes para engranes.***

Varían de acuerdo a las condiciones de operación de los engranajes, siendo los más comunes los aceites derivados del petróleo. También se emplean aceites animales, vegetales y sintéticos, pero para la mayoría de las aplicaciones los aceites y productos del petróleo

proveen el mejor balance de propiedades físicas y químicas que cubren los requerimientos de un lubricante de engranaje.

- a) **Aceites:** Se usan para engranajes de cualquier velocidad de rotación pero especialmente los de diámetro pequeño y de precisión. Deben poseer propiedades anticorrosivas, anti desgaste, buena adhesividad y capacidad de mantener la película ante cargas de impacto (con aditivos de extrema presión). La viscosidad varía entre los grados ISO 22 e ISO 680. Para altas velocidades de los engranajes el lubricante debe poder remover el calor generado y diluir la espuma formada con excelente resistencia a la oxidación.
- b) **Grasas:** Se emplean en engranajes que funcionan a baja velocidad (hasta 350 RPM). Las grasas con bisulfuro de molibdeno (MoS<sub>2</sub>) de 1.5 a 3% y con jabón de litio, dan a los engranajes una excelente capacidad para soportar las cargas de impacto, y se adhieren firmemente a las superficies de los mismos.
- c) **Lubricantes de película sólida:** Se emplean cuando el calor generado por el funcionamiento es pequeño, o cuando no es práctico encerrar o sellar la transmisión. Los más utilizados son el grafito, bisulfuro de molibdeno, nylon y recubrimientos de metales dulces como el zinc, oro y plata para aplicaciones especiales.
- d) **Lubricantes asfálticos:** De bajo costo y alta adhesividad. Forman una película blanda de buen espesor que retiene partículas abrasivas sin que estas rayen las superficies de los dientes. Se emplean para engranajes lentos, de gran tamaño y a la intemperie.

#### *4.8.3.6. Sistemas de lubricación para engranes.*

Se cuenta con varios sistemas de lubricación, dependiendo de las condiciones de funcionamiento, ambientales y demás, los cuales, son eficientes siempre y cuando hayan sido correctamente seleccionados e implantados. Entre estos sistemas se tienen:

- Lubricación manual.
- Lubricación por baño y salpique.
- Lubricación por sistemas de circulación.
- Sistemas a plena pérdida por neblina de aceite.
- Lubricación por sistema de depósito abierto.

#### *4.8.3.7. Selección del lubricante y método de lubricación.*

Una vez realizado un estudio previo sobre la lubricación de engranajes, es necesario reunir los principios teóricos y proyectarlos hacia la selección del lubricante adecuado y el método de aplicación más eficiente, pues esta escogencia es la que al final influye directamente en el funcionamiento eficaz y en la preservación de una transmisión por engranajes.



Para una aplicación específica dicha selección consiste en determinar el tipo de lubricante y el tipo de viscosidad adecuada, esto a su vez implica la implantación de un sistema de lubricación apropiado, según las características del lubricante y las condiciones de funcionamiento.

#### **4.8.3.7.1. Selección del lubricante.**

Al seleccionar el lubricante apropiado para un conjunto de engranajes se debe tener en cuenta:

- a) **Protección del engranaje:** Por lo general los aceites para engranajes descubiertos necesitan la presencia de aditivos antioxidantes y anticorrosivos, debido a su contacto directo con el ambiente de trabajo. Para los engranajes cubiertos la influencia del medio ambiente no es tan determinante, sin embargo la condición de encerramiento provoca una concentración del calor que no se disipa con igual facilidad que en los descubiertos, lo cual hace necesario que se cuente con aditivos antioxidantes. También son deseables propiedades antiespumantes.
- b) **Velocidad:** A mayor velocidad de funcionamiento es mayor el calentamiento de la transmisión por lo tanto, el lubricante debe permitir la disipación del calor generado mediante un aceite de menor viscosidad; la agitación del aceite es mayor haciendo necesario contar con aditivos antiespumantes y antioxidantes. Para velocidades altas debe lubricarse mediante niebla de aceite, mientras que para velocidades bajas se aconseja el sistema de inmersión.
- c) **Carga:** Si la carga transmitida es elevada, o su aplicación es intermitente o de impacto es necesario emplear aceites que contengan aditivos EP y anti desgaste. La viscosidad debe ser mayor para engranajes sometidos a cargas elevadas, permitiendo la adecuada resistencia de la película lubricante.
- d) **Temperatura:** Las mayores temperaturas ambientales obligan al empleo de lubricantes con una mayor viscosidad para que la película no se rompa por demasiada fluidez. Debe tenerse en cuenta que la mayor influencia en la temperatura se debe a la velocidad del engranaje.

#### **4.8.3.7.2. Selección del sistema de lubricación.**

Una vez escogido el lubricante para una transmisión de engranajes se debe seleccionar el método de lubricación; de la combinación de ambos depende la lubricación eficaz que asegura el funcionamiento óptimo y la conservación adecuada de la transmisión.

El factor de mayor influencia en la selección del sistema de lubricación es la velocidad en el círculo de paso; esta velocidad determina la permanencia y estabilidad de la película lubricante que tiende a ser desplazada por la fuerza centrífuga.

Debe tenerse en cuenta que algunos lubricantes exigen un método de lubricación particular; tal es el caso de los lubricantes asfálticos cuya aplicación puede llevarse a cabo únicamente en forma manual. Para otros mecanismos influyen las condiciones ambientales pero de todas formas es el tipo y la viscosidad del lubricante, el factor que más influye en la escogencia del sistema de lubricación.

#### ***4.8.3.8. Fallas en los engranajes por defectos en la lubricación.***

Los efectos de mala lubricación de los engranajes se traducen en desgaste de los mismos de varias maneras, dependiendo de:

- Interrupción de la película lubricante entre los dientes y en la zona de contacto.
- Contaminación del aceite por partículas abrasivas.
- Variación de la composición química del aceite o ataque por acción de sus aditivos.

De acuerdo a lo anterior se presentan los siguientes tipos de desgaste en los engranajes:

- Desgaste normal.
- Desgaste pulimentado.
- Desgaste moderado y excesivo.
- Desgaste abrasivo.
- Arañado.
- Desgaste destructivo.
- Lomos y canaletas.
- Reblandecimiento plástico.
- Arrollamiento.
- Martilleo.
- Rizado.
- Soldadura.
- Rayado ligero.
- Picado inicial y destructivo.
- Fatiga de superficie.
- Descostrado.
- Desgaste corrosivo y adhesivo o escoriado.
- Quemado.
- Interferencia.
- Marcas de amoladura.
- Rotura por sobrecarga y por fatiga.
- Grietado.

Generalmente se puede detectar la causa de las fallas de los engranajes según el aspecto que estos presentan.

**Tabla 12.** Fallas asociadas al lubricante. **Fuente:** Autores

<b>FALLAS ASOCIADAS AL LUBRICANTE</b>	
<b>FALLA</b>	<b>CAUSA</b>
<b>Desgaste destructivo</b>	Generalmente se trabaja con una carga excesiva que no es adecuada para el lubricante utilizado.
<b>Rayado ligero o severo</b>	Condiciones adecuadas de presión y temperatura para eliminar la película de aceite.
<b>Escoriación</b>	Capacidad inadecuada de transporte de carga para el lubricante.
<b>Desgaste corrosivo</b>	Generalmente se debe a reacciones químicas del lubricante utilizado o por presencia de contaminantes.
<b>Quemaduras</b>	Puede ser por la utilización de una refrigeración inadecuada para un lubricante mal seleccionado.

**Tabla 13.** Fallas no asociadas al lubricante. **Fuente:** Autores

<b>FALLAS NO ASOCIADAS AL LUBRICANTE</b>	
<b>FALLA</b>	<b>CAUSA</b>
<b>Desgaste abrasivo</b>	Este desgaste generalmente se puede presentar por partículas extrañas que son arrastradas por el lubricante.
<b>Canales en los engranes</b>	Se pueden dar por defectos de alineación generalmente.
<b>Martilleo</b>	Se presenta por una mala distribución de las cargas que son muy pesadas.
<b>Picaduras</b>	Generalmente se dan durante el arranque inicial del engranaje.
<b>Grietas</b>	Se pueden generar por la conexión de unas picaduras con otras.
<b>Interferencia</b>	Se produce por una mala alineación, por contacto excesivo entre dientes.
<b>Rotura de dientes</b>	Lo más común es que esto se dé por sobrecargas.
<b>Grietas</b>	Se pueden generar grietas por inmersión debido a defectos en el tallado de fabricación, o por un mal tratamiento de las condiciones de calor.

#### 4.8.4. Mantenimiento de la mesa rotaria

El mantenimiento que se debe aplicar en general a cualquier mesa rotaria destinada para labores de perforación o intervenciones a pozo, debe cumplir con algunas operaciones mínimas o básicas.

Primeramente se debe resaltar, que el sistema rotario, y más específicamente la mesa rotaria, descansa sobre una estructura, la cual debe ser inspeccionada periódicamente y de acuerdo a las políticas de cada empresa, con partículas magnéticas en todos sus puntos de soldadura, también se debe usar ultrasonido en todos los pines y pasadores que la estructura posea, además de una constante revisión visual de todo su cuerpo y espacio de trabajo por parte de los operarios de la misma.

En la mesa rotaria como tal, es necesario revisar las vigas y su estructura en búsqueda de posibles fisuras que pueden deteriorar la integridad de nuestros equipos y poner en riesgo la vida de nuestros operarios. La operación clave y fundamental, y casi que la más importante cuando se habla de mesa rotaria, es hacer una revisión completa y minuciosa del sistema de rodamientos, debido a que como se mencionó anteriormente, la función principal de la mesa es imprimir rotación a la sarta de perforación; Por ello es tan importante una buena revisión de todos los rodamientos que comprenden la mesa y su buje maestro.

En general, se recomienda seguir el siguiente procedimiento, o paso a paso para un buen mantenimiento de la mesa.

- Se debe empezar verificando condiciones de aseo de la mesa, esta inspección la deben realizar los operarios o el mecánico, pero debe ser el encargado de realizar el mantenimiento, y se debe hacer de manera visual.
- Se debe verificar el estado de las vigas que dan soporte a la mesa y toda la estructura, esto lo debe hacer el encargado del mantenimiento y se debe hacer de manera visual.
- Verificar el nivel de aceite para el funcionamiento y lubricación del equipo, lo debe hacer el operario, y es de las operaciones fundamentales en el mantenimiento para la mesa, ya que una óptima lubricación de la mesa, asegura una vida útil de la misma y de todo el sistema rotario, esta revisión se hace de manera visual.
- Verificar el estado del buje maestro, esta operación es de las más delicadas, debe realizarse de manera óptima y quien la debe hacer es el encargado del mantenimiento, se debe realizar probando el equipo en funcionamiento.

- Revisar el estado de la caja de cambios y el freno de la mesa, estos dos componentes del equipo son tal vez los más usados en la operación normal de perforación, ya que continuamente se está arrancando y parando la rotación con la mesa, por ello es común encontrar desgaste en estas partes del equipo, y por eso es tan importante realizar esta revisión de manera periódica, la debe realizar el encargado del mantenimiento, y se debe hacer probando el equipo en funcionamiento.

#### **4.8.4.1. Instalación de la mesa rotaria.**

Es importante conocer el procedimiento para la instalación y puesta en marcha de la mesa rotaria, ya que además de la aplicación de un buen programa de mantenimiento, es necesario darle un correcto arranque de operación para garantizar la integridad del equipo. Normalmente antes de poner en funcionamiento cualquier mesa rotaria, debemos primero verificar si la mesa rotaria es nueva o si se ha puesto en servicio después del almacenaje, se debe examinar el nivel de aceite en el recipiente. También es necesario que se ponga en operación la mesa algunos minutos para después examinar nuevamente el nivel de aceite. Además se deben seguir las siguientes recomendaciones.

- También se deben examinar los puntos de engrase para asegurar que han sido lubricados.
- Asegurar que el bloque cuelga sobre el centro de la abertura de la mesa rotatoria.
- Alinear la rueda dentada del piñón con la rueda dentada del malacate.
- Determinar la tensión de la cadena de transmisión entre el malacate y la rueda dentada de la mesa. En operación normal, la banda inferior de la cadena lleva la tensión y la banda de arriba es la parte floja. Cuando la mesa está trabada y la banda inferior está en tensión, la banda de arriba queda lo suficientemente floja para caer de 2 a 3 pulgadas con relación a la línea recta en el punto medio entre la mesa y el malacate.
- Examinar la alineación de la rueda dentada de la mesa en relación con la del malacate. Si se coloca una regla contra un lado de las dos ruedas debe asentar bien contra la cara exterior de la parte de mayor espesor que es el lugar donde se encuentran los dientes.

Se requiere un proceso a parte y especial cuando trabajamos con la cadena de transmisión de la mesa rotaria, las recomendaciones para instalar un protector en ella antes del arranque son las siguientes.

- Lubricar la cadena de transmisión, muchas veces se utiliza un revestimiento con un sello de aceite que funciona como un protector de la cadena y la vez es un aparato útil para la lubricación.

- El extremo inferior del protector suministra un sumidero a la rueda dentada de transmisión de la mesa. Este conserva el aceite para dar un baño a medida que la cadena pasa.
- Se puede desarrollar un sistema de lubricación por alimentación forzada con una bomba de presión que pasa el aceite por la línea de presión a través de unos huecos sobre la cadena. El aceite que sale de este tubo perforado cae sobre las superficies móviles de la cadena.
- El protector de la cadena necesita una puerta de inspección que se puede abrir para determinar si se ha parado el flujo del aceite.

#### 4.8.5. Mantenimiento de la unión giratoria

Cuando nos referimos al mantenimiento general de la Unión Giratoria usada en operaciones de perforación e intervenciones a pozo, se deben comprender y destacar algunas acciones mínimas necesarias para asegurar la integridad de este equipo.

En el funcionamiento normal de este equipo, podemos contar con problemas de desgaste en algunas de sus partes, debido a la relevancia de su función y su continuo uso, por tal motivo cabe resaltar algunos puntos críticos y el debido proceso general que se debe seguir para mantener nuestro equipo en óptimas condiciones.

- El cuello de ganso, es vital para la operación, ya que provee la conexión para circular nuestro fluido de perforación, y por ello está expuesto a diferentes presiones, un continuo uso y posible desgaste; Por estos motivos se debe realizar inspección con partículas magnéticas de manera periódica a este componente, la periodicidad depende normalmente de las recomendaciones del fabricante y las normas de la empresa operadora.
- El gancho, y la unión de golpe, son dos componentes que también están expuestos al uso continuo en la operación de perforación, por esta razón se deben verificar estas partes realizándoles inspección con partículas magnéticas de manera periódica para detectar posibles fisuras o daños, la periodicidad depende normalmente de las recomendaciones del fabricante y las normas de la empresa operadora.
- Uno de los puntos más críticos en la unión giratoria, es el continuo desgaste que sufren los empaques que posee el tubo de lavado, por ello se debe verificar de manera periódica el estado de estos empaques, y lo debe hacer el encargado del mantenimiento del equipo para asegurar la integridad del equipo.

- Se debe verificar el estado del impulso, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer probando el equipo en funcionamiento.
- Verificar el estado de la carrilera, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y la verificación la debe hacer de manera visual.
- Verificar el estado y engrase de las pistas de rodaje, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer probando el equipo en funcionamiento.
- Se debe realizar una exhaustiva revisión en busca de fugas, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer probando el equipo en funcionamiento.

#### ***4.8.5.1. Instalación de la unión giratoria***

Además de aplicar correctamente todas las recomendaciones anteriores para un buen mantenimiento de la unión giratoria, también es fundamental conocer el procedimiento de instalación para un correcto arranque del equipo. Generalmente las uniones giratorias son embarcadas sin lubricante. Los encajes de empaque, el conjunto de tubería de lavado, y el protector de lodo se embarcan como piezas sueltas. El acoplamiento inferior se encuentra instalado más no ha sido apretado. El siguiente proceso es necesario para poner la unión giratoria en operación.

- Llenar la reserva con el aceite recomendado. Engrasar los pernos del asa y el sello superior del aceite.
- Sacar el acoplamiento inferior, limpiar y lubricar las roscas con un compuesto de collar de perforación.
- Instalar el protector de lodo. El borde exterior deberá descansar sobre el retén superior del cojinete.
- Instalar la tubería de lavado y el empaque de acuerdo con las instrucciones.

#### 4.8.6. Mantenimiento del cuadrante

Cuando se habla de mantenimiento general para cuadrantes, primero debemos comprender cuales son los factores que influyen para mantener el equipo en un estado óptimo. Es fundamental entender que el periodo de vida útil de la sección de transmisión está directamente relacionado con el ajuste del cuadrante y el buje de transmisión del mismo. Una sección de transmisión cuadrada tolerará más que una sección hexagonal. Nuevos ensambles con bujes de rodillos trabajando con cuadrantes nuevos, desarrollaran patrones de desgaste exactos, dependiendo de la forma y el corte del eje transmisión del cuadrante. Los patrones de desgaste toman como referencia los puntos de contacto cerca de las esquinas. La tasa de desgaste es menor cuando se llega al máximo patrón de desgaste. Esta evaluación debe ser hecha tan pronto como el patrón de desgaste aparezca después de un nuevo ensamble.

Se recomienda seguir este procedimiento, o realizar estas acciones, con el fin de asegurar la integridad mecánica y operacional del cuadrante.

- Realizar pruebas de presión para la válvula inferior del cuadrante, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer probando el equipo en funcionamiento.
- Realizar pruebas de presión para la válvula superior del cuadrante, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer probando el equipo en funcionamiento.
- Verificar el estado de la cadena de seguridad del rotador del cuadrante, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer de manera visual.
- Verificar las condiciones del buje del cuadrante, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer de manera visual.
- Verificar las condiciones del rotador del cuadrante, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer de manera visual.
- Verificar la condición de la salida superior roscada de cuello de ganso, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer de manera visual.



- Verificar la condición de los manómetros, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer probando el equipo en funcionamiento.
- Realizar pruebas de presiones con el fin de verificar presencia de fugas, esta operación la debe realizar la persona a cargo del mantenimiento del equipo, y lo debe hacer probando el equipo en funcionamiento.

#### 4.8.7. Mantenimiento del rotador del cuadrante

El rotador del cuadrante, cumple una función fundamental en el sistema rotatorio convencional, como su nombre lo indica, ayuda en el movimiento de rotación del cuadrante al momento de realizar las conexiones con la sarta de perforación. Es una herramienta de potencia que puede ser accionada de forma neumática o hidráulica. Para mantener la integridad del equipo, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Primero se recomienda revisar periódicamente las líneas neumáticas o hidráulicas que van desde el rotador hasta el tanque compresor, cerciorarse de que no haya restricciones de flujo por estas líneas. Recubrir con caucho estas líneas de aire puede ser de gran ayuda para su vida útil, ya que en la operación estas líneas pueden colapsarse o pincharse en varios puntos.
- Este equipo normalmente usa un sistema de baño de aceite lubricante con una capacidad promedio de 1-2 galones. Si el nivel del lubricante no puede ser observado a través de la mirilla, se recomienda verificarlo a través de una varilla graduada. Es importante revisar el nivel de lubricante diariamente.
- Es recomendable mantener las partes accionables externas, totalmente limpias y lubricadas. No se debe pintar sobre estas partes, ni deben ser limpiadas con ningún tipo de salmuera.
- En caso de movilización, o del no uso del rotador por un periodo largo de tiempo, es recomendable desconectar las líneas de aire de la unidad, cubrir todas las entradas del equipo con el fin de evitar que la humedad ingrese al motor e instalar protectores de roscas.

El periodo de vida útil de este equipo y su correcto funcionamiento, dependen en gran parte de la instalación inicial que se de en su arranque, y de aplicar un programa de mantenimiento como el mencionado anteriormente de forma regular.

#### 4.8.8. Mantenimiento de las válvulas de seguridad: superior, inferior e interna

Estas válvulas de seguridad son fundamentales en la operación de perforación de cualquier taladro, es deber de la compañía dueña del taladro mantener estas válvulas de sus equipos en un estado óptimo, ya que estas prestan un servicio de gran importancia a la hora de mantener la integridad del equipo y del personal, siempre pensando en garantizar las mejores condiciones para ambos, equipos mecánicos y equipo de trabajo.

La lubricación es parte fundamental en el mantenimiento de estas válvulas, es importante realizar la lubricación de todos sus accesorios semanalmente. Se debe prestar especial atención a su lubricación porque así se verifica el sello de grasa, se mantiene en óptimo estado el asiento flotante, y se levanta el lodo y los escombros de la cavidad de resorte.

Se recomienda el siguiente procedimiento para realizar labores de lubricación en las válvulas:

- ✓ Se debe iniciar removiendo el tapón del puerto del cuerpo de la válvula, si mientras se realiza este proceso, se escucha una descarga de presión, esto es indicativo de que el sello de grasa no está funcionando correctamente, y la válvula debe ser reparada.
- ✓ Luego se debe preparar e instalar el puerto para engrase de manera adecuada.
- ✓ Se debe proceder a la apertura de la válvula.
- ✓ Lubricar la válvula con aproximadamente diez descargas completas de una pistola de grasa manual, la presión de la grasa no debe exceder los 300 psi, ya que presiones mayores podrían desplazar el sello de grasa en el espacio entre el asiento flotante y el cuerpo de la válvula.

## CAPÍTULO V. INVENTARIO DE EQUIPOS TALADRO DE PERFORACIÓN PETROWORKS 124

### 5.1. Inventario de equipos

El equipo seleccionado para poner en práctica la inspección de equipos con sistema rotatorio, labora en Colombia, y se le realizaron diferentes visitas para obtener información técnica del personal que lo opera. A continuación los equipos que componen el sistema rotario del Petroworks 124.

*Tabla 14. Inventario sistema rotatorio convencional taladro Petroworks 124. Fuente: Autores*

ITEM	NOMBRE	MARCA	MODELO // DESCRIPCION
1	MESA ROTARIA	IDECO	ZP 175 // 17-1/2"
2	CUADRANTE	VARCO	CUADRADA // CON 6 5/8 REG LH BOX 3 1/2 IF - 40 FT
3	BUJE DEL CUADRANTE	VARCO	TIPO 4KRVS // 3 1/2" CUADRADA
4	UNION GIRATORIA	MUD KING	SW 150 // CON 4 1/2 FH LH BOX 150 TON
5	VALVULA SUPERIOR DEL CUADRANTE	HYDRILL	CON 3 1/2" IF PIN x BOX
6	VALVULA INFERIOR DEL CUADRANTE	HYDRILL	CON 3 1/2" IF PIN x BOX
7	PREVENTOR INTERNO DE REVENTON DE POZO		CON 3 1/2" IF PIN
8	ROTADOR DEL CUADRANTE	GILL SERVICE	

## 5.2. Especificaciones de equipos

### 5.2.1. Mesa rotaria

*Tabla 15. Especificaciones de Mesa rotatoria. Fuente: Autores*

ESPECIFICACIÓN	DATO
<b>Diámetro De Abertura Centro</b>	17 ½”
<b>Distancia A Centro</b>	44”
<b>Carga Máxima Estática</b>	140 Ton
<b>Torsión Máxima De Trabajo</b>	10,326 Lbs-ft
<b>Máxima Velocidad De Rotación</b>	300 RPM
<b>Proporción De Transmisión</b>	3.58
<b>Dimensión (Largo X Ancho X Altura)</b>	6.5 x 4.2 x 2 ft

Adicionalmente, la mesa rotaria está equipada con tazones para todos los tamaños de revestimiento y tuberías de perforación a usar, para operar cuñas manuales convencionales y para operar el buje del cuadrante que se tiene dispuesto para la operación.

### 5.2.2. Cuadrante

*Tabla 16. Especificaciones de Cuadrante. Fuente: Autores*

ESPECIFICACIÓN	DATO
<b>Tipo</b>	Cuadrado 3 ½”
<b>Conexión Inferior</b>	3 ½ IF Pin. Conexión a la derecha con Diámetro Externo de 5”
<b>Conexión Superior</b>	6 5/8 Reg LH Box. Conexión a la izquierda con Diámetro Externo de 7-3/4”
<b>Distancia Entre Vértices</b>	4.437”
<b>Distancia Entre Caras</b>	3 ½”
<b>Buje Del Cuadrante</b>	Cuadrado 17 ½”
<b>Capacidad De Carga</b>	150 Ton
<b>Longitud</b>	40 ft
<b>Peso</b>	1,320 Lbs
<b>Torsión Máxima De Trabajo</b>	10,132 Lbs-ft

<b>Máxima Velocidad De Rotación</b>	300 RPM
-------------------------------------	---------

### 5.2.3. Unión giratoria

*Tabla 17. Especificaciones de equipo Unión Giratoria. Fuente: Autores*

ESPECIFICACION		DATO
Modelo		SW – 150
Carga Máxima Estática		150 Ton
Máxima Velocidad De Trabajo		300 RPM
Máxima Presión De Trabajo		5000 Psi
Diámetro Del Vástago		5 ½”
Tamaño Tubería De Lavado		2 ½”
Conexiones	Acople Del Vástago	4 ½” REG LH
	Sub, Doble Pin	4 ½” REG ; 6 5/8” REG LH
	Cuello De Ganso	4” LP
Dimensiones		85” x 25” x 25”
Peso		1713 Lbs
<p>La unión giratoria cuenta con suficientes juegos de empaques de repuesto para la tubería de lavado, adicionalmente no es necesario desconectar la manguera y el cuello de ganso para remplazar los mismos.</p>		

### 5.2.4. Buje del cuadrante

*Tabla 18. Especificaciones de Buje del cuadrante. Fuente: Autores*

ESPECIFICACIÓN	DATO
Modelo	4KRVS
Tipo	HDS
Ancho	3 ¾”
Longitud del cono	10 ¼”
ID del cono	8 3/8”
Altura total	26 13/16”

<b>Forma</b>	Cuadrada
<b>Rango Tamaño De Cuadrante Aplicable</b>	2 ½” – 4 ¼”

5.2.5. Válvulas del cuadrante

*Tabla 19. Especificaciones de Válvulas del cuadrante. Fuente: Autores*

ESPECIFICACIÓN	DATO
<b>Diámetro Nominal</b>	3 ½”
<b>Diámetro Interno</b>	2 ¼”
<b>Diámetro Externo</b>	5.38”
<b>Longitud</b>	23”
<b>Peso</b>	145 Lbs
<b>Presión De Trabajo</b>	10,000 Psi

5.2.6. Preventor interno de influjo de pozo

*Tabla 20. Especificaciones de preventor interno de influjo de pozo. Fuente: Autores*

ESPECIFICACIÓN	DATO
<b>Diámetro Nominal</b>	3 ½”
<b>Diámetro Interno</b>	2.99”
<b>Diámetro Externo</b>	6.75”
<b>Longitud</b>	22”
<b>Peso</b>	100 Lbs
<b>Presión De Trabajo</b>	10,000 Psi

## 5.2.7. Rotador del cuadrante


*Tabla 21. Especificaciones de Rotador del cuadrante. Fuente: Autores*

<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>DATO</b>
<b>Modelo</b>	100
<b>Tipo</b>	Neumático
<b>Velocidad</b>	77 RPM
<b>Presión de Trabajo</b>	2,000 Psi

## CAPÍTULO VI. INSPECCIÓN DE EQUIPOS DEL TALADRO PETROWORKS 124

Cumpliendo con el objetivo de este proyecto de grado, se presentaran los procedimientos de inspección aplicados a los equipos contemplados en el inventario, además de los respectivos cronogramas de mantenimiento, con el fin de contextualizar y generalizar los diferentes procesos de inspección y mantenimiento de una manera práctica.

**Tabla 22.** Normas de inspección aplicables a los equipos. **Fuente:** Autores

EQUIPO	IMAGEN	NORMA APLICABLE
<i>Mesa rotaria</i>		API Spec 7K API RP 7L ASTM E114 ASTM E709 Recomendaciones de fabricantes
<i>Buje maestro</i>		API Spec 7K API RP 7L ASTM E114 ASTM E709 Recomendaciones del fabricante
<i>Cuadrante</i>		DS-01 API Spec 5A5 API RP 7G ASTM E114 ASTM E709 Recomendaciones del fabricante
<i>Buje del cuadrante</i>		API Spec 7K API RP 7L ASTM E114 ASTM E709 Recomendaciones del fabricante



*Unión giratoria*



API 8C  
 API RP 8B  
 IADC Capítulo H, Sección 4  
 ASTM E165  
 ASTM E709  
 Recomendaciones del fabricante

*Válvulas superior e inferior del cuadrante*



DS-01  
 API RP 7G  
 ASTM E709  
 Recomendaciones del fabricante

*Preventor interno de influjo de pozo*



DS-01  
 API RP 7G  
 ASTM E709  
 Recomendaciones del fabricante

*Rotador del cuadrante*



ASTM E709  
 ASTM E114  
 Recomendaciones del fabricante

## 6.1. Certificación y calificación del personal

El personal que efectúe la inspección, evaluación e interpretación del método de END del presente procedimiento debe estar calificado y certificado de acuerdo al procedimiento de Calificación y Certificación del personal de END de la compañía de inspección.

El personal Nivel I debe ser calificado por un nivel III ASNT y efectuará:

- Preparar y operar los equipos y materiales necesarios.
- Verificar la calibración adecuada de los equipos.
- Ejecutar la inspección.
- Llenar el registro de inspección.

El personal Nivel II debe ser calificado por un nivel III ASNT y efectuará:

- Interpretar y evaluar los resultados que se dieran en el transcurso de la inspección.

El personal Nivel III debe ser certificado ASNT y efectuará:

- Aprobación de procedimientos a realizar.
- Calificación y certificación de personal.

## 6.2. Inspección del cuadrante

### a) **Objetivo**

- Generar el procedimiento para inspeccionar el cuadrante del equipo PW-124, por medio de métodos no destructivos. Definiendo los equipos y materiales, sistemas de calibración, certificación y calificación del personal y criterios de aceptación y rechazo.

### b) **Alcance**

- El procedimiento aplica para el cuadrante del equipo PW-124.

**c) Equipos de seguridad a utilizar**

Se utilizarán los equipos necesarios que se han descrito en el título: Elementos de Protección Personal de esta guía.

**d) Selección de categoría de servicio para el cuadrante**

El programa de inspección de la sarta de perforación varía con: la severidad de las condiciones de perforación, con la seguridad que esta implica, riesgos tanto ambientales como económicos que están asociados a una posible falla.

Cuando las condiciones de trabajo resultan ser más severas lo cual implica mayores riesgos, la tubería demanda más y minuciosas inspecciones con criterios de aceptación mucho más estrictos.

De acuerdo a la norma DS-1 de TH HILL, se establece cinco categorías de servicio de acuerdo a dichas condiciones de operación de la tubería. De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta las condiciones generales en las que trabaja el equipo PW-124, se selecciona la categoría 4, la cual la norma DS-1 la define a continuación:

“Categoría de Servicio 4: Las condiciones de perforación son más difíciles que las de categoría 3. Los costos para pescar un tubo o que se pierda parte del pozo son significativos en caso de una falla en la sarta de perforación.”

**e) Selección de programa de inspección**

De acuerdo a la norma DS-1, para realizar la inspección del cuadrante se adopta un programa de inspección predefinido para sus elementos tubulares. El programa de inspección que recomienda la norma DS-1, de acuerdo a la categoría de servicio seleccionada, se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 23.** Categorías del programa de inspección. **Fuente:** DS-1

COMPONENTE	CATEGORÍA DE SERVICIO
Unión del cuadrante	Visual de uniones Dimensional 2
Cuerpo del cuadrante	Visual del cuerpo Calibre OD Medición de espesor de pared con UT Partículas magnéticas

Como se puede observar en la tabla anterior, La categoría 4 cubre seis procedimientos los cuales se describen de manera detallada a continuación.

#### 6.2.1. Inspección visual de conexiones

##### **a) Alcance y objetivo**

Este procedimiento cubre la inspección visual de las roscas, sellos e inspección de las uniones para determinar el grado de acero y peso que corresponde al cuadrante, también incluye la inspección visual de las conexiones para determinar cajas con acampanamiento, pines estirados.

##### **b) Equipo utilizado para la inspección visual de conexiones**

Se debe usar un instrumento para medir el paso de la rosca (Lead gauge) y la barra de calibración (Setting Block), con las puntas de contacto apropiadas según la norma API SPEC 7.

Existen herramientas que pueden ser usadas para evaluar la magnitud del daño establecido. Como por ejemplo:

- **Indicador de profundidad:** Determina profundidades de algún daño. Esta distancia es muy importante ya que con ella el inspector puede evaluar al tubo de perforación, ya sea aceptándolo o rechazándolo.



**Figura 35:** Medidor de Profundidad de defectos  
**Fuente:** SOLESA

### Calibración del medidor de profundidades

1. Encerar en una superficie plana
  2. Chequear la exactitud de la medida del medidor sobre un rango de profundidades de referencia, en por lo menos cada 4 meses o después de cada reparación
  3. La exactitud deberá estar dentro de las 0.001" (según la norma API Spec 5A5) de la profundidad de referencia real.
  4. La calibración será registrada en el medidor y en una hoja logarítmica con la fecha de calibración y las iniciales de la persona que realizo el chequeo.
- Regla metálica.- De 12" con divisiones de 1/64": Sirve para determinar correctamente: Longitud del roscado, Longitud de la banda dura o Hard Band, Longitud del área de llave tanto del pin como del box, así mismo para calibrar los compases metálicos.



**Figura 36:** Regla metálica 12" para inspección visual de uniones.  
**Fuente:** Ferretería JRC LTDA

- Compás para diámetro externo e interno: Sirve para determinar los diámetros externos e internos en la unión de herramienta (TOOL JOINT).



**Figura 37:** Compases para inspección visual de diámetro interior y exterior de las uniones.  
**Fuente:** Accesorios de Carpintería - Tienda OnLine

- Calibradores de perfil de roscas: Sirve para medir el paso de la rosca.



**Figura 38:** Medidor de perfil de roscas.  
**Fuente:** Amasuin - Tienda Online

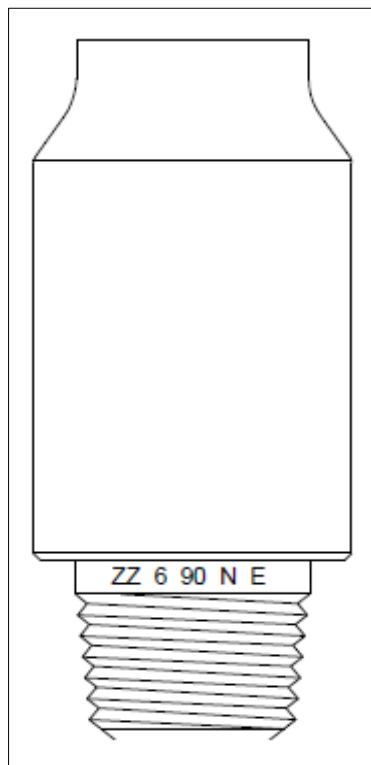
### c) Preparación de las uniones

- Remover los protectores de rosca y apilarlos. De aquí hasta que los protectores de rosca sean reinstalados, se debe tener mucho cuidado con el manejo del cuadrante, porque pueden dañarse las roscas al golpearse contra otra tubería. El cuadrante nunca debe ser cargado, descargado o removido a otra percha sin que tenga los protectores de rosca instalados. Nunca dejar las roscas expuestas en la noche.

- Limpiar completamente las roscas y sellos que están sin sus protectores. Asegurarse que deben estar totalmente limpias y libres de contaminación de lodo de perforación, grasa, suciedad, o materiales remanentes de limpieza en las roscas.

#### d) Procedimiento de Inspección

1. Girar despacio el cuadrante, en por lo menos una vuelta completa mientras se inspecciona visualmente las roscas externas (usar el medidor de perfil de rosca indicado en la fig. 38). Se debe girar el cuadrante mientras se inspecciona visualmente las roscas internas. El medidor de profundidades será usado para medir la profundidad de las irregularidades donde sea posible.
2. Después de la inspección asegurarse de que las roscas estén limpias y secas. Lubricar las roscas con una grasa que cumple con la norma API Bu5A2; sin embargo el Tool Pusher del equipo PW-124 puede especificar el tipo de grasa a usar. Lubricar totalmente el área de las roscas, incluyendo los sellos y las raíces de las roscas en toda la circunferencia. Reinstalar los protectores de rosca limpios en los extremos del cuadrante.



**Figura 39:** Marca en la base del Pin del cuadrante.  
**Fuente:** Norma API RP 7G

### e) Criterios de aceptación y rechazo

- **Verificación de grado y peso:** El grado y peso del cuadrante tiene que estar estampado en las muescas ubicadas en la superficie externa del extremo del pin (Tool joint Pin) de acuerdo a lo establecido en la norma API RP 7G, asimismo debe tener estampado en la base del pin cerca al sello, el grado de acero del cuadrante, fecha de unión del pin y el box (tool joint) con el cuerpo del cuadrante, y nomenclatura del fabricante del cuadrante y las uniones, que en algunos casos pueden ser distintos. Un ejemplo de la marca en un Pin se da a continuación: (Ver figura 39).

ZZ: Símbolo de la fábrica de la unión de la herramienta. (Ej. Compañía ZZ).

6: Mes que se hizo la soldadura. (Ej. 6: Junio)

90: Año que se hizo la soldadura. (Ej. 90: 1990)

N: Símbolo de fábrica del cuerpo. (Ej. Compañía de tubería N)

E: Grado de la tubería. (Ej. Grado E)

- **Inspección de sellos y uniones:** Los sellos de las uniones se inspeccionaran para verificar que no tenga ralladuras, engranamientos, picaduras por corrosión, cualquier daño en el sello cuya profundidad sea de 1/32" y que afecte más del 20% de la superficie sellante será motivo de rechazo, para su posterior reparación (Refacing), durante esta reparación no se deberá remover más de 1/32" del material.



*Figura 40: Sellos Reparados (Refacing).  
Fuente: Autores*





**Figura 41:** Sellos reparados y cubiertos con protección de cobre (Refacing).  
**Fuente:** Autores

- **Geometría de las roscas:** Las roscas deben de mantener la forma, y estar libres de desgaste, corrosión, arrancaduras, y engranamientos. Para tal efecto no se permitirán como roscas operativas, aquellas que tengan picaduras por corrosión, que afecte la raíz de las mismas, cuya profundidad sea mayor de 1/16" y 1/8" de diámetro. Cualquier ligero engranamiento deberá ser corregido utilizando una fibra blanda (no metálica) para pulir roscas, siempre y cuando no afecte o comprometa el desgaste de las mismas. Después de esta operación debemos inspeccionar el perfil de rosca, para verificar desgaste de los flancos o un posible estiramiento del pin. En caso de haber una sospecha de separación de los flancos verificar esta sospecha con el uso del medidor de perfil de rosca (Fig. 38).

De acuerdo a la norma API Spec 5A las causas por las que las roscas pueden ser rechazadas son las siguientes:

- Roscas rotas
- Cortados
- Pulidos
- Filos o gradas
- Grietas o Fisuras
- Roscas con crestas Incompletas
- Roscas rasgadas
- Roscas gruesas
- Roscas delgadas
- Rozaduras
- Altura inapropiada de las roscas
- Agujeros
- Golpeados

- Con marcas de herramientas
- Filos delgados
- Alguna otra que rompe la continuidad
  
- **Estiramiento del Pin:** Si verificamos el perfil de la rosca y comprobamos que hay estiramiento, debemos usar el medidor de perfil de rosca para comprobar el grado de estiramiento, que no debe ser mayor a 0.006" en un intervalo de medición de cada 2". Estas mediciones deberán tomarse cada 90 grados en la circunferencia del pin, empezando desde el primer hilo completo cerca al hombro o sello.
  
- **Acampanamiento de la Caja:** Colocar la regla metálica de 12" a lo largo del eje longitudinal de la caja; si existiera alguna separación entre la superficie de la caja y la regla metálica, medir con el compás externo. Si la medida de esta separación es mayor de 1/32" la conexión deberá ser rechazada y pintar con una banda de pintura azul para enviar a reparación en el torno (según código de color para tool joint Norma DS-1, o color rojo según la Norma API RP 7G).

#### 6.2.2. Inspección de conexiones por el método dimensional 2

##### a) Alcance y objetivo

Este procedimiento cubre la medición de los principales parámetros a inspeccionar de forma dimensional para el cuadrante del equipo PW-124.

##### b) Equipo a utilizar

Son los mismos equipos utilizados en la inspección visual de uniones.

##### c) Preparación de las superficies a inspeccionar

Limpie todas las uniones y asegúrese que estén completamente limpias y libres de contaminantes como grasas, fluidos de perforación o materiales remanentes de limpieza.

**d) Procedimiento de Inspección y Criterios de Aceptación y/o Rechazo**

1. Medir el diámetro externo de la caja a 3/8 pulgadas  $\pm 1/8$  pulgadas desde el hombro. Se deben tomar al menos dos mediciones espaciadas a intervalos de  $90 \pm 10$  grados. Para que el cuadrante sea aceptado debe cumplir los requisitos de la Tabla 1, en el Anexo 2; el cual para las especificaciones del cuadrante del equipo PW-124 debe tener un diámetro externo mínimo de 4 1/2".
2. Medir el diámetro interno del pin, directamente debajo de la última rosca más cercana al hombro,  $\pm 1/4$  de pulgada. Para que el cuadrante sea aceptado debe cumplir con los requisitos de la Tabla 1, en el Anexo 2; el cual para las especificaciones del cuadrante del equipo PW-124 debe tener un diámetro interno máximo de 3-1/16".
3. Medir el ancho del hombro de la caja colocando una regla longitudinalmente sobre la unión y extenderla pasando la superficie del hombro y entonces tomar la dimensión desde la base de la regla hasta el abocardado de la caja (sin incluir el bisel interno). El ancho del hombro debe medirse en el punto de menor espesor. La unión debe ser rechazada si cualquiera de las dimensiones no cumple con los mínimos requisitos para el ancho del hombro, según la Tabla 1, en el Anexo 2; el cual para las especificaciones del cuadrante del equipo PW-124 debe tener un mínimo de 11/64".
4. Medir el espacio para llaves de torque, tanto en la caja como en el pin (sin incluir el bisel externo); éste debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 1, en el Anexo 2; el cual para las especificaciones del cuadrante del equipo PW-124 debe tener un mínimo de 4" para el pin y un 5-5/8" para la caja.
5. Medir la profundidad del abocardado incluyendo cualquier bisel de diámetro interno y debe ser 5/8 de pulgada (+0,-1/16 de pulgada).
6. Medir el paso del pin a intervalos de 2" empezando en la primera rosca completa cerca del hombro. La elongación del pin no debe exceder 0.006 de pulgada en un espacio de 2 pulgadas. Deben tomarse dos mediciones en el contorno de la rosca a  $90 \pm 10^\circ$  de separación.
7. Medir el diámetro del bisel en la caja y en el pin, el cual debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 1, en el Anexo 2; el cual para las especificaciones del cuadrante del equipo PW-124 debe ser de máximo 4-19/32".
8. Medir el ancho del sello de la caja en el punto de menor espesor y debe ser igual o exceder el valor mínimo requerido en la Tabla 1, en el Anexo 2; el cual para las especificaciones del cuadrante del equipo PW-124 debe ser de 9/64".

9. Verificar el aplanamiento del hombro de la caja colocando una regla de metal a través del diámetro del sello de la unión y girándola por lo menos  $180^\circ$  a lo largo del plano del hombro. Cualquier separación visible debe ser causa de rechazo. Este procedimiento debe repetirse en el pin colocando la regla a través del ancho de la superficie del hombro cerca de la base de éste. Cualquier separación visible entre la regla y la superficie del hombro debe ser causa de rechazo.

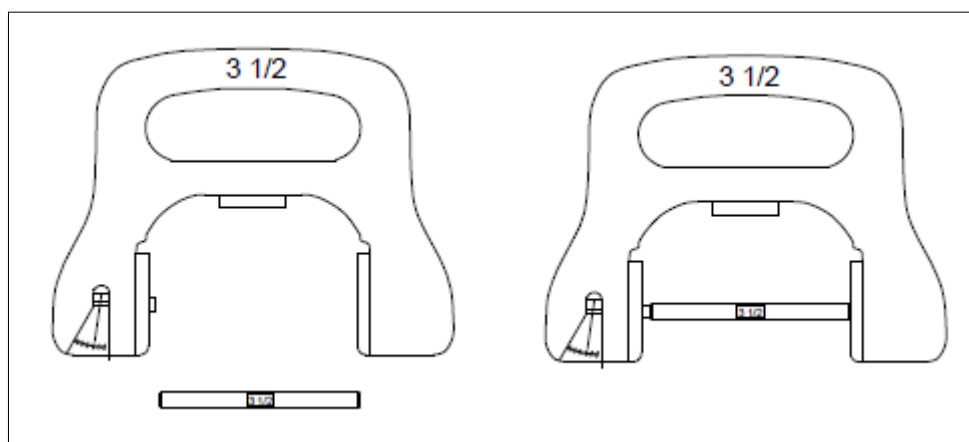
### 6.2.3. Calibración del diámetro externo del cuerpo (O.D Gauge)

#### a) Alcance y objetivo

Este procedimiento cubre la inspección mecánica, de toda la longitud del cuerpo del cuadrante para verificación de variaciones del diámetro externo de éste.

#### b) Equipo a utilizar

Se empleara para este procedimiento un calibrador mecánico con lectura de dial 90 con aguja, que es un instrumento para verificar cualquier variación de diámetro externo en el cuerpo de la tubería de perforación. Dicho instrumento arroja lecturas en fracciones de disminución y/o aumento de  $1/32$ " de pulgada. Este calibrador consta de una barra calibradora con una disminución de  $1/32$ " con referencia al diámetro de tubo que se va a inspeccionar (ver figura 42).



**Figura 42:** OD Gauge y barra calibradora.  
**Fuente:** Autores

**c) Calibración del OD Gauge**

1. El primer paso es calibrar el instrumento, con la barra calibradora cuya longitud es siempre  $1/32$ " menos del diámetro del cuadrante a inspeccionar, es decir menos  $3 \frac{1}{2}$ ".
2. La calibración del instrumento deberá realizarse<sup>2</sup>:
  - Al inicio del trabajo.
  - Después de cada 25 tubos.
  - Cuando se encuentre una variación de diámetro que exceda los límites permitidos según las tablas de tolerancias para clase Premium y clase 2 para tubería usada.
  - Cuando se sospeche que el instrumento puede haberse dañado o esta descalibrado de cualquier forma.
  - Al final del trabajo.

**d) Preparación de la tubería para la calibración del diámetro exterior del cuadrante**

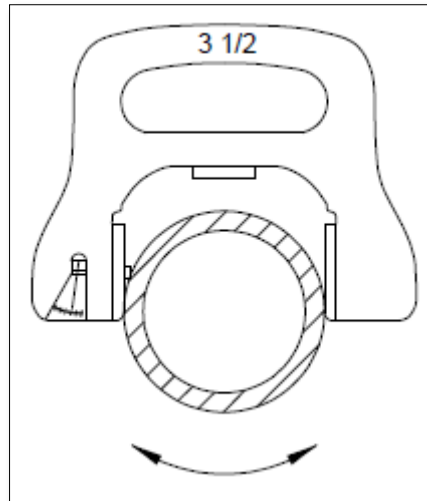
Toda la superficie externa del cuadrante tiene que estar completamente limpia, libre de toda suciedad y de todo material suelto en la superficie.

**e) Procedimiento de inspección**

La superficie del cuadrante debe ser calibrada del extremo del upset del pin al extremo del upset de la caja o viceversa, manteniendo el calibrador de diámetro externo (O.D GAUGE) firme y perpendicular al eje del cuadrante mientras éste está rotando. El cuadrante debe ser rotado como mínimo una revolución por cada 5 pies de longitud inspeccionada, de este modo para el cuadrante que se está inspeccionando (40ft de longitud), se debe rotar 8 revoluciones como mínimo.

---

<sup>2</sup> OD Gauge User's Manual. Indutronics. United States. 2010.



**Figura 43:** Empleo de la herramienta OD Gauge.  
**Fuente:** Autores

#### f) Criterio de aceptación y rechazo

Si el cuadrante tiene un incremento o reducción mayor al 3% del diámetro externo, debe ser rechazado.

#### 6.2.4. Inspección de pared con ultrasonido

##### a) Objetivo y Alcances

Esta inspección tiene como objetivo determinar pérdidas de espesores de pared en el cuadrante del equipo PW-124, por medio de un equipo portátil de ultrasonido.

##### b) Equipo Necesario para la Inspección por Ultrasonido

- Cables coaxiales: los cables coaxiales deben estar en buenas condiciones y hacer un buen contacto eléctrico entre el palpador y el aparato de ultrasonido la longitud del cable puede variar entre 1500 y 3000 mm, los cables a emplearse poseerán condiciones adecuadas al equipo y a los palpadores; en caso contrario se pueden emplear adaptadores.
- Acoplantes: Es el medio lubricante utilizado durante la inspección, se debe tener en cuenta las siguientes indicaciones:

1. Se permite el empleo de los siguientes acoplantes excepto que se indique algo diferente: pasta de celulosa diluida con agua, vaselina, glicerina o aceite.
2. En caso de cambiar de acoplante durante la inspección se comprobará toda la calibración.
3. Se debe emplear el mismo acoplante para calibrar y ajustar el instrumento para efectuar la inspección.

- Instrumento Ultrasónico: El instrumento para este método de inspección deberá ser un ultrasonido de pulso y eco, cuyo indicador de lecturas puede ser digital o análogo. El equipo ultrasónico debe cumplir los siguientes requisitos:

1. Este ultrasonido dispondrá de un palpador dual, que sirva para transmitir y receptar la onda ultrasónica en forma separada.

2. El ultrasonido será calibrado linealmente cada seis meses, por el fabricante o alguna entidad autorizada y deberá tener una calcomanía o sticker de calibración, y debe de tener la siguiente información:

- Fecha de calibración.
- Fecha de expiración de dicha calibración.
- Nombre de la compañía que realizo la calibración.
- Firma de la persona que realizo la calibración.

3. El mismo acoplante que se usa para la calibración del instrumento, deberá ser usado para las mediciones de espesores de pared.

### c) Calibración del Equipo

1. Fijar la lectura del medidor la cual, ésta debe ser exactamente igual a la del espesor del bloque de calibración, este espesor deberá ser verificado con un micrómetro. Este bloque estará dentro de las 0.05” del espesor nominal de la pared del cuadrante a ser inspeccionado.
2. Chequear la exactitud de la lectura en un segundo espesor normado este es del 87 1/2 % o menos del espesor de la pared especificada del cuadrante a ser inspeccionado. La medida leída estará dentro de  $\pm 0.001$ ”.
3. Todos los espesores normados usados para calibración tendrán propiedades de velocidad y atenuación similares a la del cuadrante que está siendo inspeccionado. Antes de usar, ellos también serán expuestos a la misma temperatura ambiente del cuadrante por 30 minutos o más. Colocando el bloque de calibración sobre la

superficie del cuadrante, y así maximizando el área de contacto con éste, puede permitir en un corto tiempo de exposición, pero no menos que 10 minutos para eliminar medidas erróneas debido a la diferencia de temperaturas.

4. Si al encender el equipo, este indica que la batería está baja, ésta debe ser reemplazada o cargada.
5. Chequear periódicamente la superficie del palpador, que no esté desgastada o curvada, y si está así, tiene que ser rectificadas o reemplazadas.
6. Si las lecturas no permanecen estables cuando el palpador es retenido firmemente e inmóvil en un bloque de calibración, el medidor está funcionando mal. Este será reemplazado o reparado, y luego calibrado con los procedimientos anteriores.
7. La temperatura del equipo y del palpador deben ser las del medio ambiente de trabajo.

#### **d) Verificación de la calibración del equipo**

**La calibración del ultrasonido debe ser verificada en esta secuencia:**

- Al inicio de cada inspección.
- Cuando se encuentre un bajo espesor de pared en el cuadrante.
- Cada vez que se cambie de palpador o cable.
- Cuando se cambie de corriente directa (batería) a corriente alterna o viceversa.
- Cuando se cambie de operador.
- Cuando se sospeche de un mal funcionamiento o anomalía del sistema de inspección.
- Al final de cada inspección.

#### **e) Preparación de la tubería para las mediciones ultrasónicas**

Todas las zonas a efectuarse las lecturas de ultrasonido deberán estar libres de toda suciedad, pintura, cascarilla, óxido y de cualquier material extraño en la superficie del cuadrante. Este proceso debe hacerse con una pulidora, con el fin de que la superficie externa esté limpia para la aplicación del acoplante y para que el palpador tenga un contacto sin ningún tipo de interferencia que pueda afectar la transmisión del sonido en la pieza, o que cause errores en la interpretación y evaluación de las indicaciones.



**f) Procedimiento para Mediciones con Ultrasonido**

1. Escoger un punto para medir el espesor de pared. Las lecturas deben tomarse en el centro del cuadrante, a 3 pies del pin y del box, y en aquellas zonas donde se encontraron variaciones de diámetro con el O.D GAUGE y con la inspección electromagnética.
2. Aplicar acoplante apropiado en el área a ser medida. Este acoplante será el mismo que se usó en la calibración del equipo y no debe dañar al material del cuadrante.
3. Una vez aplicado el acoplante, se medirán los espesores de pared siguiendo la circunferencia del cuadrante, presionando el palpador firmemente a la superficie. La línea divisora del palpador (transducer dual) estará siempre perpendicular al eje longitudinal de la tubería para obtener una lectura más exacta.
4. Permitir que la lectura se estabilice, luego comparar la lectura con el mínimo espesor de pared permitido. Una lectura estable es una que mantiene el mismo valor ( $\pm 0.001$  pulg) en por lo menos cada tres segundos.
5. Recorrer el cuerpo del cuadrante midiendo el espesor de pared, con una velocidad de desplazamiento del palpador no superior a 150 mm/s (6 pulg./seg).
6. Si una lectura es hecha clasificando al cuadrante como un rechazo, limpiar las superficies que cubren al cuadrante, raspar las escamas sueltas de la superficie, alisar la superficie, y re chequear la exactitud del medidor en el bloque de ensayo. No remover el metal base.
7. Re chequear el espesor de la pared del cuadrante para confirmar o verificar algún aumento y/o disminución de pared cercana a la lectura encontrada.
8. Cuando es para evaluación de imperfecciones interiores, previamente bosquejar los pasos usados excepto que el palpador es movido de atrás para adelante sobre el cuadrante como una forma para examinar, buscando el espesor de pared delgado.
9. Cuando se usa un medidor de alta sensibilidad, se debe tener cuidado para asegurar que la detección de una inclusión o laminación no sea interpretada como una medida del espesor de pared.

**g) Criterio de Aceptación**

1. El cuadrante es aceptado si el espesor de pared es mayor o igual al espesor de pared especificado.
2. El cuadrante es rechazado si el espesor de pared es menor al espesor de pared especificado.

Si se quiere aplicar más rigurosidad a la medición, la norma API Spec 5D aconseja medir con calibrador mecánico.

**6.2.5. Inspección con partículas magnéticas****a) Objetivo y alcances**

Este procedimiento tiene la finalidad de detectar discontinuidades transversales, superficiales y sub-superficiales en los extremos finales del área no roscada del cuadrante del equipo PW-124, mediante el método de partículas magnéticas, utilizando un campo activo de corriente alterna (A.C).

**b) Equipo necesario para la inspección**

Para la inspección en el área de cuñas y upsets, se utilizará el siguiente equipo y accesorios:

- Un yugo (Yoke) de corriente alterna (campo magnético longitudinal).
- Partículas magnetizables de varios colores con más contraste con la superficie en inspección.
- Aspersor manual.
- Indicador de dirección de campo magnético (Gausímetro).
- Elementos de limpieza (guaípe, reactivos, agua, etc.).
- Pulidora de mano.

**c) Preparación de la tubería**

La superficie externa de las áreas a inspeccionar debe estar completamente limpia, seca y pulida, libre de partículas de óxido, grasas, fluidos de perforación para que las partículas hagan un buen contacto con la superficie del cuadrante, y no tener efectos perjudiciales en el

movimiento de las partículas. La superficie también debe estar libre de recubrimientos pegajosos o que tienen un espesor excedente a 1/12” para así visualizar la presencia de fracturas.

#### **d) Procedimiento de inspección del cuadrante con partículas magnéticas**

1. Los extremos del cuadrante se inspeccionarán utilizando un campo magnético longitudinal activo con ayuda de un yugo (Yoke), la superficie de este deberá estar en contacto en todo momento con la superficie del cuadrante, simultáneamente se esparcirá el polvo magnético, con la finalidad de encontrar grietas por fatiga.
2. Cuando encontremos una indicación dudosa, se deberá limpiar nuevamente la superficie, y se repetirá la misma operación, con la finalidad de estar seguros de la presencia de la grieta.
3. Después de la inspección limpiar todas las partículas magnéticas espolvoreadas sobre el cuadrante.

#### **e) Criterios de Aceptación**

Es importante recalcar que está completamente prohibido que los inspectores de que realicen las operaciones, remuevan las fisuras encontradas con la ayuda de un esmeril, cualquier fisura encontrada es motivo de rechazo del componente, toda falla encontrada se deberá anotar en el reporte técnico de inspección.

### 6.3. Inspección del buje del cuadrante

#### **a) Objetivo**

- Generar el procedimiento para inspeccionar el cuadrante del equipo PW-124, por medio de métodos no destructivos. Definiendo los equipos y materiales, procedimientos correctos y criterios de aceptación y/o rechazo.

#### **b) Alcance**

- El procedimiento aplica para el buje del cuadrante del equipo PW-124.

#### **c) Equipos de seguridad a utilizar**

- Se utilizarán los equipos necesarios que se han descrito en el título: Elementos de Protección Personal de esta guía.

#### **d) Procedimiento de Inspección**

1. Revise la superficie motriz de los rodillos.
2. Si los rodillos evidencian máximo desgaste, desarme el buje, saque los rodillos y gírelos 180 grados de manera que la nueva superficie motriz hará contacto con el borde motriz del cuadrante.
3. Asegúrese de que los pernos de sujeción estén ajustados. Coloque una palanca debajo de los rodillos y apalanque hacia arriba para revisar el ajuste.
4. Inspeccionar las clavijas de cierre en las arandelas de presión, en busca de desgaste o quiebres.
5. Revisar el desgaste de los O-ring.

#### **e) Criterios de aceptación y/o rechazo**

- El desgaste máximo permitido en la superficie motriz de los rodillos es de 1/16" para rodillos de cuadrante hexagonal y 1/8" para rodillos de cuadrante cuadrado.
- La cara motriz en el cuadrante deberá tener al menos 1" de ancho.
- Al realizar la inspección de la sujeción de los pernos, el movimiento máximo permitido es de 1/8".

### 6.4. Inspección del acople protector del cuadrante

#### **a) Objetivo**

- Generar el procedimiento para inspeccionar el acople protector del cuadrante, por medio de métodos no destructivos. Definiendo los equipos y materiales a utilizar, procedimientos correctos y criterios de aceptación y/o rechazo.

**b) Alcance**

- Este procedimiento cubre la inspección según las especificaciones del acople protector del cuadrante del equipo PW-124.

**c) Equipos de seguridad a utilizar**

- Se utilizarán los equipos necesarios que se han descrito en el título: Elementos de Protección Personal de esta guía.

**d) Equipos requeridos para la inspección**

- De acuerdo al tipo de inspección, diferentes equipos pueden ser requeridos. Éstos se encuentran relacionados en la sección de cada tipo de inspección del acople.

**e) Procedimiento de inspección**

De acuerdo a la principal función del acople protector, el cual es de “sacrificio”, se deben realizar procedimientos de inspección sin altos niveles de rigurosidad, como el visual de conexiones y del cuerpo del acople y el dimensional, pues los costos de reemplazo al momento de encontrar fallas en éste son menores que los costos al realizar una inspección minuciosa.

De este modo, un proceso de inspección del acople protector puede realizarse como sigue a continuación.

**6.4.1. Inspección visual****a) Objetivo y alcances**

- Este procedimiento cubre la inspección visual de las roscas, sellos e inspección de las uniones (tool joint) para determinar si existen discontinuidades o daños en las conexiones.

**b) Equipos requeridos**

- Una regla metálica de 12 pulgadas graduada su incremento en 1/64 de pulgada, una regla metálica, un perfil de calibración de suelo endurecido, calibradores de OD, un calibrador de plomo, y un equipo de plomo estándar debe estar disponible.

**c) Preparación para la inspección**

- Todas las conexiones deben estar limpias es decir sin incrustaciones, lodo, o lubricante, para puedan ser limpiadas las superficies de rosca u hombro con un trapo limpio.

**6.4.1.1. Procedimiento de inspección visual de conexiones del acople.**

Se debe realizar el procedimiento de inspección visual de las conexiones del acople teniendo en cuenta los siguientes requerimientos, incluyendo en cada aspecto el respectivo criterio de rechazo:

1. Inspeccione las superficies de sello; éstas deben estar libres de metales levantados o depósitos de corrosión los cuales pueden ser detectados visualmente o frotando con una escala metálica o con la uña del dedo a lo largo de la superficie. Cualquier picadura o interrupción de la superficie sellante que se estime exceda 1/32 de pulgada en profundidad o que ocupe más del 20% del sello en cualquier locación es rechazable.
2. De ser necesario refrentear la superficie, sólo debe removerse el material necesario para corregir el daño. Los límites para el refrenteo son de 1/32 pulgadas en cualquier remoción y 1/16 pulgadas si es acumulativo. Si el punto de referencia indica que el espejo ha sido refrentado por encima del límite máximo, la unión debe ser rechazada.
3. Mida el ancho del bisel, teniendo en cuenta que la circunferencia total tanto en el pin como en la caja debe tener un bisel externo de aproximadamente 45° de por lo menos 1/32 pulgadas de ancho.
4. Inspeccione la superficie de las roscas; éstas deben estar libres de huecos u otras imperfecciones que puedan exceder 1/16 de pulgada en profundidad o 1/8 de pulgada en diámetro, que penetre debajo del origen de la rosca, o que ocupe más de 1-1/2 pulgada en longitud a lo largo de cualquier hélice de rosca. Protrusiones levantadas deben ser removidas con una lima de mano o con un frotador de hierro suave (No

metálico). El perfil de la rosca debe ser revisado después de cualquier frotación o de haber pulido las roscas.

5. Verifique el perfil de pin de la rosca de modo que el instrumento para medir el perfil, debe encajar con el flanco de enrosque y el box de modo que no pueda verse luz alguna ni en los flancos ni en la raíz de la rosca. Se permiten separaciones estimadas no mayores a 1/16 pulgadas en no más de dos crestas de roscas. Se permite el desgaste uniforme de los flancos estimado en menos de 0.010 pulgadas. Sin embargo, cualquier separación de los flancos de la rosca del pin necesitará ser verificada con un pasímetro. Deben realizarse dos controles del perfil de la rosca a  $90^\circ \pm 10^\circ$  de separación en cada conexión.
6. Si el instrumento para verificar el perfil indica que el pin se ha estirado, el paso del pin debe medirse a intervalos de 2 pulgadas empezando en la primera rosca completa cerca del espejo. El estiramiento del pin no debe exceder 0.006 pulgadas en un largo de 2 pulgadas. Deben tomarse dos mediciones en el contorno de la rosca a  $90^\circ \pm 10^\circ$  de separación.
7. Verifique el abocardado de la caja colocando una regla recta a lo largo del eje longitudinal de la caja de la unión. Si se nota alguna separación entre la regla recta y la unión de tubería, el diámetro exterior debe medirse usando un compás. Compare la medida del diámetro en el bisel con una medida tomada a 2 pulgadas  $\pm 1/2$  pulgada del bisel. Si la medida en el bisel es mayor a 1/32 pulgadas o más, la unión debe ser rechazada.
8. Verifique visualmente en todo el acople en busca de grietas. Todas las conexiones y cuerpos de las juntas deben estar libres de grietas visibles y fatiga térmica, excepto aquellas fisuras en la zona de recargue son aceptables si no se extienden en la base metálica. Usar pulidora para remover grietas o fisuras no es permitido.

#### ***6.4.1.2. Procedimiento de inspección visual del cuerpo del acople.***

1. Examine visualmente la superficie externa del acople de hombro a hombro en busca de daño mecánico. Si el acople presenta algún corte, fisura o imperfección con una profundidad mayor al 10% de la pared adyacente, éste debe ser rechazado.

#### 6.4.2. Inspección dimensional

Inspeccionar conexiones de acuerdo al siguiente procedimiento: **INSPECCIÓN DE CONEXIONES POR MEDIO DEL METODO DIMENSIONAL 2**, de esta guía.

#### 6.5. Inspección de la unión giratoria

##### a) **Objetivo**

- Generar el procedimiento para inspeccionar la unión giratoria del equipo PW-124, por medio de tres métodos no destructivos: Visual, Dimensional y Partículas Magnético. Definiendo con anterioridad los equipos y materiales, sistemas de calibración, certificación y calificación del personal y criterios de aceptación y rechazo.

##### b) **Alcance**

- El procedimiento aplica para la marca, referencia y especificación de la unión giratoria del equipo PW-124.

##### c) **Certificación Y Calificación Del Personal**

El propietario de la unión giratoria, deberá verificar que el inspector de PND tiene la siguiente información a su alcance:

- Esquemas del equipo que identifican las áreas críticas.
- Criterios de rechazo.
- Reportes de inspección anteriores.

Es indispensable que el inspector esté certificado de acuerdo a la norma ISO 9712 o por otra norma o programa de certificación en PND.

##### d) **Equipos de seguridad a utilizar**

Se utilizarán los equipos que se han descrito en el título: Equipos de Protección Personal de esta guía.



**e) Selección de categoría de servicio**

De acuerdo a la norma API RP 8B, y como producto del desarrollo de esta guía técnica para el mantenimiento e inspección, se define la categoría III para realizar la inspección de la unión giratoria perteneciente al equipo PW-124.

Teniendo en cuenta la experiencia y los antecedentes registrados en los reportes del taladro, se reconoce la necesidad de aplicar una inspección frecuente a la unión giratoria, hecho que facilita la elección de la categoría III, la cual recomienda el siguiente programa de inspección:

**f) Programa De Inspección**

Se realizará inspección visual para verificar la integridad del equipo y de sus componentes; adicionalmente se realizará inspección con PND en áreas críticas, las cuales conllevaran a un desarme de componentes específicos del equipo para su revisión. El tipo de inspección y la aplicación específica al componente del equipo se describen a continuación.

*Tabla 24. Programa de inspección. Fuente: Autores*

AREA INSPECCIÓN	TIPO DE INSPECCIÓN
CUERPO	VISUAL Y PARTICULAS MAGNETICAS
CUELLO GANZO	DIMENSIONAL
VASTAGO DE UNIÓN	VISUAL, DIMENSIONAL Y PARTICULAS MAGNETICAS
TUBO DE LAVADO	VISUAL

6.5.1. Inspección visual

**a) Procedimiento de inspección**

1. Inspeccionar de manera visual el cuerpo de la unión giratoria, en busca de fisuras, grietas o cualquier tipo de discontinuidad superficial.
2. Inspeccionar la conexión del vástago de acuerdo al procedimiento: *Procedimiento de Inspección Visual de Conexiones del Acople*, desarrollado en esta guía.
3. Inspeccionar el tubo de lavado y su empaquetadura de acuerdo al siguiente procedimiento:

4. Realizar el desmonte de los componentes a inspeccionar así:

- Desenroscar la caja de empaquetamiento y la tuerca fiadora, golpeando las orejetas con martillo (rosca izquierda).
- Empujar al mismo tiempo la caja de empaquetamiento y la tuerca hasta que estén a ras con el tubo de lavado. Remueva el ensamblaje de la unión giratoria

5. Proceder a inspeccionar de la siguiente forma:

- Deslizar la caja de empaquetamiento de la tubería de lavado y elimine los puntos de engrase. Retire el tornillo de sujeción con dos o tres vueltas. Retire el empaquetamiento y los espaciadores de la caja. A continuación, limpie el fondo de la caja de empaquetamiento sin engrasarlo.
- Remover el anillo (aro) de resorte del tope del tubo de lavado y quite el anillo retenedor y la empaquetadura.
- Remover los empaques y los O-ring de los espaciadores. Quite bien el fluido de perforación y la grasa que tengan los espaciadores, la tuerca fiadora y la caja de empaquetamiento.
- Inspeccionar todas las partes en busca de desgaste excesivo, corrosión o deslave. Examine el anillo retenedor en busca de desgaste excesivo en las ranuras de la tuerca de sujeción. Examine el tubo de lavado y reemplace si está desgastado o agrietado. Limpie las roscas y el punto de asentamiento de la manguera giratoria.
- Inspeccionar todos los cojinetes de rodillos y las pistas de rodamientos para determinar si están picadas, astilladas, rotas o corroídas; si se observa algún defecto en el rodamiento principal, un conjunto completo nuevo de rodamientos debe ser instalado.

#### **b) Criterios de aceptación y/o rechazo**

- Si se observa algún tipo de fisura, grieta o discontinuidad en las conexiones o en cualquier parte del cuerpo de la unión, se debe rechazar esta pieza para ser enviada a reparación.
- Se recomienda que los sellos de crudo y los O-ring sean instaladas nuevas cada vez que la unión giratoria sea desmontada aun cuando parezcan en buenas condiciones de operación.

- Los componentes del empaquetamiento y el tubo de lavado, deben ser sustituidos si presentan desgaste excesivo, grietas, picaduras, corrosión o condiciones similares.

#### 6.5.2. Inspección dimensional

##### a) Procedimiento de inspección

1. Realizar la inspección dimensional de la conexión del vástago de la unión de acuerdo al procedimiento: *Inspección de conexiones por medio del método dimensional 2*, de esta guía.
2. Realizar la inspección dimensional del cuello de ganso de acuerdo al procedimiento: *Inspección Dimensional del Cuello de Ganso*, de esta guía.

##### b) Criterios de Aceptación y/o Rechazo

Los criterios para cada área inspeccionada, deben ser tomados según los procedimientos aplicados.

#### 6.5.3. Inspección por partículas magnéticas

##### a) Procedimiento de Inspección

Inspeccionar el vástago y el cuerpo de la unión giratoria por medio del método de partículas magnéticas, en busca de fisuras, grietas o cualquier tipo de discontinuidad, ya sea superficial o sub-superficial. Éste procedimiento se debe realizar bajo los parámetros de la norma ASTM E-709.

##### b) Criterios de Aceptación y/o Rechazo

De ser encontrada cualquier tipo de discontinuidad, se debe rechazar la pieza para ser enviada a reparación.

## 6.6. Inspección de la mesa rotaria y buje maestro

### a) **Objetivo**

- Generar el procedimiento para inspeccionar la mesa rotaria y el buje maestro del equipo PW-124, por medio de dos métodos no destructivos: Visual y Dimensional. Definiendo con anterioridad los equipos y materiales, calificación del personal y criterios de aceptación y rechazo.

### b) **Alcance**

- El procedimiento aplica para la marca, referencia y especificación de la mesa rotaria y buje maestro del equipo PW-124.

### c) **Equipos de seguridad a utilizar**

- Se utilizarán los equipos necesarios que se han descrito en el título: Elementos de Protección Personal de esta guía.

#### 6.6.1. Procedimiento de inspección de la mesa rotaria

Debido a que la mesa a inspeccionar recibe su potencia del malacate, ésta se debe dejar fuera de servicio antes de realizar la inspección siguiendo el siguiente procedimiento: *Procedimiento de Aislamiento para Mesa Rotaria con Transmisión de Malacate*, de esta guía.

Debido al continuo uso al que se ve sometida la mesa del taladro PW-124, y las desgastantes condiciones operacionales a las que se ve expuesta, se ha propuesto un programa de inspección periódico, comprendido en tres periodos de frecuencia diferentes, los cuales serán mensual, trimestral y semestral. Los procedimientos de inspección para cada periodo se deben realizar de la siguiente manera:

- **Inspección Mensual**

1. Revisar, si hay desgaste de cojinete y movimiento excesivo del eje de piñón. Colocar el círculo indicador en el eje y lo más cerca posible al alojamiento de cojinetes. Con una palanca o un gato, levantar el eje y medir el movimiento.

2. Revisar el eje de piñón para ver si hay holgura longitudinal. Colocar un círculo indicador en el extremo del eje y medir la holgura longitudinal total en el eje.
3. Revisar, si los pernos del alojamiento de eje de piñón están ajustados y que el cable o dispositivos de inmovilización estén en su lugar e intactos.
4. Colocar un recipiente limpio debajo del tapón de drenaje y tomar una muestra del aceite. Transfiera la muestra al recipiente de laboratorio para su respectiva inspección.
5. Levantar la parte superior de la mesa y lavar el alojamiento para quitar cualquier acumulación de tierra y lodo de perforación.
6. Revisar el funcionamiento del mecanismo de inmovilización de mesa. Asegurarse que las líneas de grasa estén intactas y que la grasa pase por ellas hasta el punto correcto.

- Inspección Trimestral

1. Inspeccionar dentro del alojamiento principal de cojinetes de toda mesa para ver si hay acumulación de fluido o recortes de perforación.
2. Inspeccione el estado del deflector o manguito de caucho que conecta el guardacadena a la mesa y su anillo de pernos.
3. Inspección los pernos de sujeción y todo dispositivo posicionador, como las V de mecánico o clavijas.

- Inspección Semestral

1. Revise la condición general de la mesa rotaria.
2. Inspeccione los tapones magnéticos del cárter de la mesa rotaria. Busque partículas de metal, contaminación con agua o fluido de perforación y signos de desgaste.
3. Revise bajo la mesa rotaria el sello laberinto, en busca de fugas de aceite.
4. Verifique que el “mud ring” se encuentre en buenas condiciones, para prevenir el ingreso de fluido de perforación por la parte inferior de la mesa rotaria.
5. Proceda a inspeccionar la cadena y los piñones. Realice medición de la elongación de la cadena de la siguiente manera:

- i. Tome el dato del paso de la cadena.
  - ii. Tome una longitud de medida de aproximadamente 24 pasos de cadena, en la parte donde ésta se encuentra recta.
  - iii. Dividir la longitud encontrada en el punto anterior por la longitud que deben medir los 24 pasos en una cadena nueva; finalmente réstele uno. El resultado del valor debe estar dentro del rango del 3% de elongación que es algo conservador para determinar la elongación máxima de una cadena.
6. Verifique la condición del embrague de la mesa así:
  - i. Verifique el estado de desgaste de las zapatas.
  - ii. Verifique el estado del tambor, inspeccionando el desgaste que presente.
  - iii. Verifique la presión de aire de operación.
7. Inspeccionar los juegos de la mesa rotaria de manera dimensional, siguiendo el siguiente procedimiento:
  - i. Medir el juego vertical de la mesa con palanca T colgada al gancho. Si se tiene la rotaria abajo, se puede realizar su inspección poniéndola sobre un soporte y con un gato hidráulico levantar la parte giratoria de la mesa; para esto debe instalar un comparador de caratula sobre el piso de la rotaria y poner la punta del comparador sobre la parte giratoria de la mesa; en seguida levantar la parte giratoria con la barra T o el gato.

#### **6.6.1.1. Criterios de aceptación y/o rechazo**

- Si la elongación medida en la cadena de transmisión supera el 3%, se deberá proceder a dar la tensión adecuada a la misma, para que el estado operativo de la mesa sea el óptimo.
- Una vez se realice el análisis del lubricante del depósito, si se confirma la presencia de cualquier tipo de contaminante, se deberá proceder a realizar el cambio total del lubricante por uno nuevo, además de someter el depósito de la mesa a una exhaustiva limpieza con el fin de eliminar cualquier impureza presentada.

- Si los juegos de engranajes presentan algún tipo de imperfección, picadura, o fisura, se deberá remplazar el engranaje o el juego completo si es el caso, por otro completamente nuevo.
- El juego vertical debe estar entre 0.002 y 0.006 pulgadas.
- El juego radial debe ser menor a 0.012 pulgadas.
- El juego entre dientes o “backlash” debe estar entre 0.048 y 0.068 pulgadas.

#### 6.6.2. Procedimiento de inspección del buje maestro

1. debe realizar la inspección bajo el siguiente procedimiento: ***Procedimiento de Inspección del Buje Maestro***, de esta guía.

##### 6.6.2.1. Criterios de aceptación y/o rechazo

- Cambie el buje maestro cuando el diámetro interior de la plataforma alcance las siguientes dimensiones de desgaste: 14-3/16 de pulgada.

#### 6.7. Inspección del rotador del cuadrante

##### a) Objetivo

- Generar el procedimiento para inspeccionar el rotador del cuadrante del equipo PW-124, por medio de métodos no destructivos. Definiendo con anterioridad los equipos y materiales y criterios de aceptación y rechazo.

##### b) Alcance

- El procedimiento aplica para la marca, referencia y especificación del rotador del cuadrante del equipo PW-124.

##### c) Equipos de seguridad a utilizar

- Se utilizarán los equipos necesarios que se han descrito en el título: Elementos de Protección Personal de esta guía.

**d) Procedimiento de inspección del rotador del cuadrante**

2. Realizar la inspección de las conexiones de acuerdo al numeral 3.11. Inspección Visual de Conexiones; omitiendo las secciones 3.11.3 y 3.11.4.a, plasmado en la norma DS-1.
3. Realizar la inspección del cuerpo del rotador del cuadrante, en busca de fisuras, abolladuras, grietas o imperfecciones similares; en caso de encontrarse uno de los ítems anteriores, el equipo debe rechazarse.
4. Realizar inspección por partículas magnéticas a las roscas, al cuerpo del rotador del cuadrante y a sus conexiones y puntos de soldadura; de acuerdo a la norma ASTM E-709.
5. Realizar inspección por el método del ultrasonido, para verificar espesores en la parte superior e inferior del cuerpo del rotador del cuadrante, de acuerdo a la norma ASTM E-114.

**e) Criterios de aceptación y/o rechazo**

Los criterios de aceptación están plasmados de acuerdo a las especificaciones de los equipos en las normas referenciadas para cada tipo de inspección; adicionalmente pueden ser complementados, de acuerdo a las directrices del propietario, con el manual del fabricante del equipo.

- 6.8. Inspección de las válvulas de seguridad del cuadrante y válvula interna preventora de influjo

**a) Objetivo**

- Generar el procedimiento para inspeccionar las válvulas de seguridad del cuadrante y la válvula preventora de influjo por medio de métodos no destructivos. Definiendo los equipos y materiales a utilizar, procedimientos correctos y criterios de aceptación y/o rechazo.



**b) Alcance**

- Este procedimiento cubre la inspección según las especificaciones de las válvulas de seguridad del cuadrante y válvula interma preventora de influjo del equipo PW-124.

**c) Equipos de seguridad a utilizar**

- Se utilizarán los equipos necesarios que se han descrito en el título: Elementos de Protección Personal de esta guía.

**d) Equipos requeridos para la Inspección**

- De acuerdo al tipo de inspección, diferentes equipos pueden ser requeridos. Éstos se encuentran relacionados en la sección de cada tipo de inspección del acople.

**e) Procedimiento de Inspección**

1. Determinar a partir del cliente la presión de trabajo requerida de la herramienta. Para las válvulas del equipo PW-124 es de 10,000 psi y no se debe realizar ajustes por presencia H<sub>2</sub>S.
2. Desarmar la herramienta completamente, romper todas las conexiones del medio cuerpo y remover todas las bolas, tapones, sellos de respaldo, resortes y tapones Allen.
3. Inspeccionar visualmente las conexiones de acuerdo a los criterios que se desarrollan en el numeral: *Inspección Visual De Las Conexiones Del Cuadrante*, de esta guía.
4. Inspeccionar las conexiones de medio cuerpo teniendo en cuenta los siguientes criterios:
  - **Sellos de superficie:** Si la conexión de la mitad del cuerpo forma un sello de presión, las superficies de sellado deben estar libres de metal levantado o depósitos de corrosión que pueden ser detectados visualmente o por el roce de una regla de metal o de la uña del dedo sobre la superficie. Cualquier picadura o discontinuidad en la superficie de sellado por encima del 1/32 de pulgada de profundidad u ocupando más del 20% de la anchura de sellado en cualquier lugar dado, son causa de rechazo del equipo.

- Superficies de rosca: Roscas y superficies con hombro de apriete deben estar libres de soldaduras, huecos u otras imperfecciones en la superficie, que parecen exceder los 1/16 de pulgada de profundidad o 1/8 de pulgada de diámetro, que penetran por debajo de la raíz de la rosca, o que ocupan más de 1-½ pulgadas de longitud a lo largo de cualquier hélice de la rosca. Las imperfecciones que sobresalen se deben quitar con una lima de mano o pulidora (no metálica).
5. Inspeccionar conexiones de acuerdo al siguiente procedimiento: *Inspección De Conexiones Por Medio Del Método Dimensional 2*, de esta guía.
  6. Realizar inspección con partículas magnéticas sólo si es necesario y el propietario de la herramienta lo solicita, de acuerdo a la norma ASTM E-709.
  7. Inspeccionar visualmente el cuerpo de la válvula teniendo en cuenta los siguientes criterios:
    - Examinar visualmente la superficie exterior de la herramienta de hombro a hombro verificando la presencia de daños mecánicos. Algún corte, picadura o imperfección similar más profunda que el 10% de la pared adyacente debe ser rechazado.
    - Limpiar y examinar el revestimiento y los componentes internos. Picaduras, erosión, cortes o cualquier tipo de discontinuidad superficial no son permitidos en áreas de sello de los asientos, bolas o tapones.
    - El espacio de apriete mínimo debe ser de 7 pulgadas o la herramienta deberá ser rechazada.
  8. Realizar las respectivas pruebas de presión a cada válvula, a baja y alta presión siguiendo el siguiente procedimiento:
    - a. Prueba diferencial desde abajo:
      - Fijar la conexión inferior de la válvula al banco de pruebas. La válvula deberá estar cerrada y sin tapa o tapón en la conexión superior.
      - Aplicar 200 psig desde la conexión inferior de la válvula. Bloquee y purgue la fuente de presión. Mantener la aplicación de presión por 5 minutos mientras se va examinando la bola, la conexión de medio cuerpo en busca de fugas. Observe en el manómetro si hay caída de presión.

- Después que la válvula pase el proceso exitosamente a 200 psig, incrementar la presión a 10,000 psig y repetir el procedimiento anterior.

- Purgar la presión a cero.

- Si se presentan fugas durante la prueba, rechazar herramienta.

b. Prueba diferencial desde arriba:

- Fije la conexión superior de la válvula al banco de pruebas. La válvula deberá estar cerrada y sin tapa o tapón en la conexión inferior.

- Aplicar 200 psig desde la conexión inferior de la válvula. Bloquee y purgue la fuente de presión. Mantener la aplicación de presión por 5 minutos mientras se va examinando la bola, la conexión de medio cuerpo en busca de fugas. Observe en el manómetro si hay caída de presión.

- Después que la válvula pase el proceso exitosamente a 200 psig, incrementar la presión a 5,000 psig y repetir el procedimiento anterior.

- Purgar la presión a cero.

- Si se presentan fugas durante la prueba, rechazar herramienta.

c. Prueba de camisa

- Fijar la conexión inferior de la válvula al banco de pruebas. La válvula deberá estar abierta y la conexión superior conectada a otra válvula, tapa o tapón.

- Aplicar 10,000 psig desde la conexión inferior por 5 minutos para examinar la bola y la conexión de medio cuerpo en busca de fugas. Observar en el manómetro si hay caída de presión.

- Mientras se mantiene la prueba de presión, cerrar y abrir la válvula al menos tres veces, mientras se observa el vástago operando, con el fin de detectar fugas. No se permiten fugas. Deje la válvula en posición abierta.

- Purgar la presión a cero.

- Si se presentan fugas durante la prueba, rechazar herramienta.

8. Limpiar y secar las roscas de las conexiones y sus respectivos protectores, aplicar grasa e instalar protectores en las roscas
9. Marque la válvula si es aceptada o rechazada según la norma DS-1.

**f) Criterios de Aceptación y/o Rechazo**

Todos los criterios para la aceptación o rechazo de las válvulas de seguridad del cuadrante y la válvula interna preventora de influjos se muestran, para cada método de inspección, en el procedimiento anterior. Los criterios están plasmados de acuerdo a las especificaciones de los equipos y pueden ser complementados, de acuerdo a las directrices del propietario, con el manual del fabricante de la herramienta.

**CAPÍTULO VII. CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO Y LISTAS DE CHEQUEO PARA EQUIPOS DEL TALADRO PETROWORKS 124**

Recopilando y aplicando todo lo explicado en capítulos anteriores, se presentan los siguientes cronogramas de mantenimiento, con el fin de realizar un programa completo de mantenimiento periódico a los equipos del taladro PW-124, y en general a cualquier taladro de perforación que funcione con sistema rotatorio convencional.

*Tabla 25: Cronograma de mantenimiento para mesa rotaria y buje maestro. Fuente: Autores*

<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA MESA ROTARIA Y BUJE MAESTRO</b>		
<b>DIARIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	VERIFICAR LA LIMPIEZA DEL EQUIPO	
2	VERIFICAR LIMPIEZA EN EL AREA DE TRABAJO	
3	VERIFICAR EL NIVEL ÓPTIMO DE LUBRICANTE DEL DEPOSITO	
4	VERIFICAR QUE EL LUBRICANTE NO SE ENCUENTRE CONTAMINADO	
5	SI EL LUBRICANTE SE ENCUENTRA CONTAMINADO, LIMPIAR EL DEPOSITO LO ANTES POSIBLE, PARA PREVENIR DAÑO A LOS ENGRANES Y RODAMIENTOS DE LA MESA.	
6	VERIFICAR QUE NO HAYAN FUGAS DE LUBRICANTE EN LOS SELLOS DEL EJE PRINCIPAL DE PIÑÓN O RUEDA DENTADA.	
7	VERIFICAR QUE NO HAYAN FUGAS DE LUBRICANTE POR LOS SELLOS DE LABERINTO SUPERIOR E INFERIOR	
8	VERIFICAR EL MECANISMO DE BLOQUEO DE LA MESA Y LIMPIAR O LUBRICAR EN CASO DE SER NECESARIO	
9	VERIFICAR LA LUBRICACION DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE PRINCIPAL DE PIÑÓN O RUEDA DENTADA.	
10	LUBRICAR EL SELLO DEL LABERINTO SUPERIOR	
11	LUBRICAR FRECUENTEMENTE EL BUJE MAESTRO Y CADA UNO DE SUS	

COMPONENTES.		
12	ES RECOMENDABLE MANTENER LA MESA LIMPIA, LAVAR LA MESA DESPUES DE UN VIAJE, O DE HABER MANEJADO TUBERIA CON FLUIDO	
13	EN OPERACIONES CONTINUAS, SE DEBE LAVAR EL LADO INFERIOR DE LA MESA PARA IMPEDIR LA ACUMULACIÓN DE LODO	
<b>MENSUAL</b>		
1	DRENAR UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE LUBRICANTE DEL DEPOSITO, PARA POSTERIOR ANÁLISIS Y DETERMINAR SI HAY CONTAMINACIÓN	
2	VERIFICAR EL SELLO DEL ANILLO SUJETADOR.	
3	VERIFICAR LOS PERNOS DE ANCLAJE O SUJECCIÓN.	
<b>SEMESTRAL</b>		
1	RETIRAR LA TORNAMESA Y VERIFICAR E INSPECCIONAR CON E.N.D. CADA UNO DE LOS COMPONENTES DE LA MESA	
2	INSPECCIONAR EL INTERIOR DEL DEPOSITO Y EN CASO DE CONTAMINACIÓN LIMPIAR	
3	DRENAR EL DEPOSITO Y REALIZAR CAMBIO DE LUBRICANTE	
4	INSPECCIONAR LOS ENGRANES EN BUSCA DE ALGUN PATRÓN DE DESGASTE PARA SU ADECUADA OPERACIÓN	
5	REVISAR EL ENSAMBLE PRINCIPAL DE RODAMIENTOS DE LA MESA Y AJUSTAR SI ES NECESARIO	
6	INSPECCIONAR LOS RODAMIENTOS DE EL EJE PRINCIPAL DE PIÑÓN O RUEDA DENTADA EN BUSCA DE DESGASTE EXCESIVO Y CAMBIAR SI ES NECESARIO.	
7	VERIFICAR QUE LOS CIERRES SE ENCUENTREN CORRECTAMENTE APRETADOS	
8	VERIFICAR LA CADENA DE TRANSMISIÓN Y LA RUEDA DENTADA O ACOPLAMIENTO	
9	INSPECCIONAR CON E.N.D. CADA UNO DE LOS COMPONENTES DEL BUJE MAESTRO	

**Tabla 26:** Cronograma de mantenimiento para unión giratoria. **Fuente:** Autores

<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA UNIÓN GIRATORIA</b>		
<b>DIARIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	ENGRASAR LAS PIEZAS DEL EQUIPO	
2	VERIFICAR ESTADO DE OPERACIÓN DE LOS ORIFICIOS DE ALIVIO	
3	EXAMINAR Y ENGRASAR LOS SELLOS DE LUBRICANTE DIARIAMENTE	
4	VERIFICAR QUE NO HAYAN FUGAS DE LUBRICANTE EN EL SELLO INFERIOR	
5	VERIFICAR EL ESTADO DEL OBTURADOR DE LODO EN LA UNIÓN GIRATORIA	
6	VERIFICAR EL NIVEL DE LUBRICANTE Y MANTENERLO EN SU ESTADO ÓPTIMO	
7	VERIFICAR EL ESTADO DE LOS EMPAQUES EN EL TUBO DE LAVADO	
<b>MENSUAL</b>		
1	DRENAR UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE LUBRICANTE DE LA UNIÓN GIRATORIA, PARA POSTERIOR ANÁLISIS Y DETERMINAR SI HAY CONTAMINACIÓN	
2	REVISAR LOS TAPONES MAGNÉTICOS EN BUSCA DE PARTÍCULAS DE METAL, CONTAMINACIÓN CON AGUA, LODO, ETC. TAMBIÉN SIGNOS DE DESGASTE EN SELLOS O RODAMIENTOS. REPORTE SI ENCUENTRA ALGO ANORMAL	
3	RETIRAR LA TUBERÍA DE LAVADO Y CAMBIAR LA UNIDAD DE EMPAQUETADURA	
<b>SEMESTRAL</b>		
1	REALIZAR CAMBIO DE LUBRICANTE. VER CARTA DE LUBRICACIÓN DEL EQUIPO	
2	REALIZAR REVISIÓN DEL ENGRASE DEL TUBO DE LAVADO, ENGRASAR SI ES NECESARIO, ASEGURARSE DE QUE SE ESTÁ ENGRASANDO RUTINARIAMENTE	
3	REALIZAR ENGRASE DE LOS PUNTOS	

	DE ENGRASE DE LA UNIÓN GIRATORIA	
4	REVISAR LA ROTACIÓN DE LA UNIÓN GIRATORIA. ESTAR ATENTO POR RUIDOS Y POR LA ROTACIÓN SUAVE DE LOS RODAMIENTOS. REPORTAR SI SE OBSERVA ALGUNA MALA CONDICIÓN	
5	SUSPENDER LA UNIÓN GIRATORIA EN EL GANCHO SIN EL CUADRANTE, JUSTO POR ENCIMA DE LA MESA	
6	REALIZAR INSPECCIONES END A TODAS LAS ÁREAS QUE SOPORTAN CARGA EN LA OPERACIÓN	
7	AISLANDO LA UNIÓN GIRATORIA, VERIFIQUE QUE LA PRECARGA SEA CORRECTA EN EL COJINETE DE EMPUJE	
8	INSPECCIONAR CON END TODOS LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN GIRATORIA	

**Tabla 27.** Cronograma de mantenimiento para cuadrante y accesorios. **Fuente:** Autores

<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA CUADRANTE Y ACCESORIOS</b>		
<b>DIARIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	VERIFICAR EL ESTADO DEL CUERPO DEL CUADRANTE DE MANERA VISUAL	
2	LUBRICAR FRECUENTEMENTE LAS CONEXIONES DEL CUADRANTE	
3	LUBRICAR FRECUENTEMENTE LAS CONEXIONES DEL ACOPLER PROTECTOR DEL CUADRANTE	
4	LUBRICAR FRECUENTEMENTE TODOS LOS ACCESORIOS DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD DEL CUADRANTE	
5	VERIFICAR EL ÓPTIMO ESTADO DE LA CADENA DE SEGURIDAD DEL ROTADOR DEL CUADRANTE DE MANERA VISUAL	
6	VERIFICAR QUE NO EXISTAN RESTRICCIONES DE FLUJO POR LAS LINEAS NEUMÁTICAS DEL ROTADOR DEL CUADRANTE	
7	REVISAR EL NIVEL DEL LUBRICANTE DEL ROTADOR DEL CUADRANTE, YA SEA A TRAVÉS DE LA MIRILLA O DE	



	UNA VARILLA GRADUADA	
8	VERIFICAR LA CORRECTA LUBRICACIÓN EN LOS RODILLOS DEL BUJE DEL CUADRANTE	
<b>MENSUAL</b>		
1	REALIZAR PRUEBAS DE PRESIÓN PARA LAS VALVULAS DE SEGURIDAD DEL CUADRANTE	
2	CON PISTOLA DE ENGRASE LUBRICAR TODAS LAS PIEZAS QUE CONFORMAN EL BUJE DEL CUADRANTE	
<b>SEMESTRAL</b>		
1	REALIZAR INSPECCIONES CON E.N.D. EN TODO EL CUADRANTE PARA GARANTIZAR EL ÓPTIMO ESTADO DEL MISMO	
2	REALIZAR INSPECCIONES CON E.N.D. EN TODOS LOS COMPONENTES DEL ROTADOR DEL CUADRANTE	
3	REALIZAR INSPECCIONES CON E.N.D. A TODOS LOS COMPONENTES DEL BUJE DEL CUADRANTE	
4	REALIZAR INSPECCIONES CON E.N.D. A TODOS LOS COMPONENTES DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD	
5	REALIZAR EL CAMBIO DE LUBRICANTE DEL ROTADOR DEL CUADRANTE	

También como resultado de toda la investigación realizada, a continuación se presenta un procedimiento básico comprender la elaboración de las listas de chequeo, además se generan las listas de chequeo para aplicar a los equipos del taladro PW-124, y en general a cualquier taladro que funcione con sistema rotatorio convencional.

### **Método para elaboración de listas de chequeo**

El desarrollo normal de la operación en un taladro de perforación, trae consigo un riesgo continuo para quienes operan, e incluso para los equipos o localidades. Las listas de chequeo constituyen un mecanismo para el control de estos riesgos y su función básica es la de detectar condiciones peligrosas que puedan generar accidentes o enfermedad profesional, antes que se desencadenen los accidentes o avancen las enfermedades profesionales. Por estas razones, es fundamental que todas las personas que intervienen en la operación comprendan que es una lista de chequeo y cuál es su aplicabilidad. Existen muchos formatos de listas de chequeo para diversas actividades o equipos, pero esto no implica que podemos tomar una de estas y aplicarla en un equipo o actividad similar, ya que, esto es un error. Nos podemos basar en el modelo, pero nuestra lista de chequeo debe ser particular.

Para la elaboración de una lista de chequeo, se recomiendan estos simples pasos:

- Para iniciar se debe definir quien elaborará la lista y para que queremos hacer la lista de chequeo, que buscamos con esto, cuál sería su aplicabilidad, en el caso de un taladro de perforación, debe ser el inspector encargado de la empresa de inspección el recomendado. Se debe definir una única actividad o una única máquina, con el fin de que la lista de chequeo no sea extensa, no es aconsejable tener listas de chequeo con más de 10 ó 12 ítems. Una vez definido esto, podemos buscar modelos, analizarlos y escoger el que más nos convenga o hacer un híbrido de estos según el caso.
- Analizar y observar la operación en su normal desempeño e ir detectando y registrando los peligros que se van presentando. Esta observación es necesario hacerla durante toda la actividad y operación e incluso en días diferentes ya que las condiciones varían muchas veces de un día a otro.
- Normalmente el trabajador que opera la máquina, equipo, herramienta o que realiza una actividad específica, posee experiencia muy relevante, que debemos aprovechar. Por lo tanto es necesario preguntarle sobre los peligros que él detecta e igualmente comentarle sobre los peligros que se han detectado con la elaboración de la lista de chequeo.
- El company man, el toolpusher o el supervisor del equipo, son personas que igualmente conocen los procesos y las dificultades que se presentan en los equipos,

por eso es necesario obtener toda la información posible, mediante preguntas al respecto.

- Analizar toda la información e ir haciendo un listado describiendo los ítems que conformarán la lista de chequeo.
- Filtrar la lista donde aparecen los ítems descritos, es decir, anular aquellas que se han repetido o unir en una sola lista varias que no se requiere que aparezcan individualmente.
- Establecer el formato que queremos utilizar y hacer un pequeño manual de instrucciones. Es necesario que se disponga de un encabezado, donde aparezca el nombre de la empresa, sección de trabajo, máquina, equipo, herramienta o actividad, fecha, responsable. La lista de chequeo como tal deberá contener al menos un número consecutivo para los ítems a evaluar que no sean más de 12, descripción del ítem, evaluación del ítem que no implique cálculos sino que sea algo de fácil aplicación como por ejemplo decir si es aceptable o no aceptable la condición evaluada. Observaciones y recomendaciones. Se puede adicionalmente establecer índices comparativos entre las condiciones aceptables y no aceptables.
- Realizar una prueba piloto con el formato y manual de instrucciones, siendo aplicada por diferentes trabajadores.
- Realizar retroalimentación de toda la información, a fin de hacer ajustes de forma y contenido.
- Estandarizar el formato a utilizar y aplicarlo de acuerdo con el cronograma que se establezca.
- Realizar retro alimentación periódica.

Tabla 28. Lista de chequeo para mesa rotaria. Fuente: Autores

<b>LISTA DE CHEQUEO DEL SISTEMA ROTATORIO</b>	
<b>FECHA:</b>	<b>EMPRESA: PETROWORKS S.A</b>
<b>EQUIPO: PW-124</b>	<b>REALIZADA POR:</b>

ITEM	MESA ROTARIA	C	NC	NA
1	Mesa rotaria aislada y bloqueada.			
2	Alarma de emergencias.			
3	Piso antideslizante.			
4	Mesa rotaria limpia y ordenada.			
5	Lamina inferior en barandas para evitar caída de objetos.			
6	Nivel óptimo de lubricante en el depósito de aceite. (1" por encima del nivel marcado en el depósito).			
7	Aceite lubricante limpio.			
8	Sin presencia de fugas en el depósito de aceite.			
9	Sin presencia de fugas en los sellos.			
10	Condición óptima de los rodamientos.			
11	Lubricación óptima de los rodamientos.			
12	Lubricación óptima en el buje maestro.			
13	Verificar el desgaste entre el buje y el tornamesa.			
14	Lubricación óptima en el mecanismo de bloqueo.			
15	Sello óptimo en el anillo sujetador.			
16	Pernos de anclaje o sujeción en condiciones óptimas.			
17	Apriete correcto de los cierres.			
18	Cadena de transmisión en condiciones óptimas. (Elongación menor al 3%).			
19	Rueda dentada en condiciones óptimas.			
20	Acoplamiento correcto en el piñón o rueda dentada. (Juego vertical: 0.002" y 0.006" ; Juego radial: < 0.012" ; Juego entre dientes: 0.048" y 0.068").			
21	Acoplamiento correcto en el juego del engrane de anillo.			
22	Condición óptima de la carcasa del freno neumático.			
23	Condición óptima de la estructura que soporta la mesa. (Puntos de soldadura, pines, pasadores y tubos).			

**Tabla 29.** Lista de chequeo para unión giratoria. **Fuente:** Autores

<b>LISTA DE CHEQUEO DEL SISTEMA ROTATORIO</b>	
<b>FECHA:</b>	<b>EMPRESA: PETROWORKS S.A</b>
<b>EQUIPO: PW-124</b>	<b>REALIZADA POR:</b>

ITEM	UNIÓN GIRATORIA	C	NC	NA
1	Cuerpo de la unión giratoria en buen estado mecánico.			
2	Sin presencia de fugas de aceite en el sello inferior.			
3	Empaques del tubo de lavado en condiciones óptimas.			
4	Carrilera en óptimas condiciones.			
5	Lubricación óptima de las pistas de rodaje.			
6	Orificios de alivio en buen estado.			
7	Piezas de la unidad correctamente engrasadas.			
8	Nivel óptimo de lubricante.			
9	Obturador de fluido de la unión en estado óptimo.			
10	Alineación correcta entre tubo de lavado y la camisa.			
11	Vástago de conexión sin discontinuidades superficiales.			
12	Componentes del empaquetamiento sin desgaste excesivo.			

Tabla 30. Lista de chequeo para cuadrante y accesorios. Fuente: Autores

<b>LISTA DE CHEQUEO DEL SISTEMA ROTATORIO</b>	
<b>FECHA:</b>	<b>EMPRESA: PETROWORKS S.A</b>
<b>EQUIPO: PW-124</b>	<b>REALIZADA POR:</b>

ITEM	CUADRANTE	C	NC	NA
1	Conexiones limpias.			
2	Superficies de sellado sin corrosión ni fisuras.			
3	Cuerpo del cuadrante en buen estado mecánico. (Picaduras internas con profundidad < 1/8")			
4	Se puede verificar grado y peso.			
5	Roscas con buena forma, sin desgaste ni corrosión.			
6	Conexión Pin en condiciones operativas. (Estiramiento < 0.006" en un intervalo de medición de cada 2")			
7	Conexión Caja en condiciones operativas. (Medida de separación de diámetro externo < 1/32")			
8	Diámetro externo aceptable. (Diámetro externo con incremento o reducción < 3%).			
9	Espesores de pared aceptables. (Desgaste máximo del 20% ; máximo espesor de desgaste permitido: 0.294").			
10	Lubricación óptima de las conexiones.			
	<b>BUJE DEL CUADRANTE</b>			
1	Rodillos con desgaste aceptable.			
2	Pernos de sujeción ajustados.			
3	O-rings con desgaste aceptable.			
4	Clavijas de cierre con desgaste aceptable.			
5				
	<b>ACOPLE PROTECTOR DEL CUADRANTE</b>			
1	Conexiones limpias, sin incrustaciones.			
2	Superficies de sellado sin corrosión ni fisuras.			
3	Bisel externo del ancho correcto.			
4	Superficies de las roscas sin corrosión ni fisuras.			
5	Conexión Pin en condiciones operativas.			
6	Conexión Caja en condiciones operativas.			
7	Cuerpo del acople en buen estado mecánico.			
8	Superficie externa del acople en buen estado mecánico.			
	<b>VÁLVULAS DE SEGURIDAD</b>			
1	Presión de trabajo óptima.			

2	Conexiones limpias, sin incrustaciones.			
3	Superficies de las roscas sin corrosión ni fisuras.			
4	Conexión Pin en condiciones operativas.			
5	Conexión Caja en condiciones operativas.			
6	Cuerpo de la válvula en condiciones operativas.			
7	Superficie externa de la válvula en buen estado mecánico.			
8	Espacio de apriete óptimo.			
9	Prueba hidrostática de conexiones completa.			
10	Prueba hidrostática de camisa completa.			
	<b>ROTADOR DEL CUADRANTE</b>			
1	Conexiones limpias.			
2	Roscas con buena forma, sin desgaste ni corrosión.			
3	Nivel de lubricación adecuado.			
4	Cuerpo del rotador en buen estado mecánico.			
5	Engrase óptimo de las roscas en la conexión.			

Tabla 31. Lista de chequeo para elementos de protección personal. Fuente: Autores

<b>LISTA DE CHEQUEO PARA ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
<b>FECHA:</b>	<b>EMPRESA: PETROWORKS S.A</b>
<b>EQUIPO: PW-124</b>	<b>REALIZADA POR:</b>

ITEM	CABEZA, OJOS Y OIDOS	C	NC	NA
1	Casco (carcaza)			
2	Correa de Suspensión (badana)			
3	Barbijos o sujetadores (quijada)			
4	Cobertor de casco (protección solar, faldón)			
5	Cobertor anti flama de cabeza (gorro)			
6	Gafas oscuras			
7	Gafas claras			
8	Gafas fotocromáticas			
9	Antiparras			
10	Máscara contra polvos (para arenado)			
	Filtro			
	Uniones Roscadas			
	Visor (¿presenta rayaduras?)			
	Ajuste (¿presenta deformación?)			
11	Máscara para soldar			
12	Máscara para amolar			
13	Máscara contra químicos (antigases)			
14	Orejeras (tipo copa)			
	Orquillas (¿presentan buen ajuste?)			
	Tapones (no incluye desechables)			
ITEM	BRAZOS Y PIERNAS			
15	Guantes de uso general (cuero, algodón)			
16	Guantes resistentes a químicos (goma)			
17	Botas de cuero			
18	Botas para agua			
19	Botines de cuero			
	Puntera (estado)			
	Planta / suela (estado)			
20	Arnés e Implementos			
	Arnés cuerpo completo (¿no presenta fisuras?)			
	Cabo de vida y conexiones (¿costuras completas?)			
	Línea de vida Retráctil (señalización para trabajos > 4,5 mt)			



	Línea de vida fija (señalización para trabajos de 1,8-4,5 mt)			
	Soga Perlón			
<b>ITEM</b>	<b>ROPA DE TRABAJO</b>			
21	Pantalón			
22	Camisa			
23	Overol			
24	Overol con retardante de llama			
25	Impermeable			
26	Ropa de Invierno			
27	Mandil de Soldador			
28	Faja Lumbar			

## CONCLUSIONES

- Como reconocimiento al trabajo realizado se logra establecer el uso de las listas de chequeo y los cronogramas de mantenimiento generados en este proyecto en las operaciones del taladro PW-124 de la compañía Petroworks.
- Las condiciones óptimas del cuadrante, de las válvulas de seguridad del cuadrante y de los acoples protectores del mismo, se mantendrán si se siguen adecuadamente los procedimientos de inspección de sus uniones, pues las imperfecciones en estas son la causa principal de rechazo.
- Se identifica que los componentes fundamentales, que determinan el periodo de vida útil de la mesa rotaria, son los rodamientos y engranes presentes en su sistema de transmisión de rotación. La aplicación de un correcto mantenimiento y un oportuno proceso de inspección a los mismos, garantiza la optimización de la integridad mecánica de la mesa rotaria.
- La aplicación de los cronogramas de mantenimiento y listas de chequeo generados en esta guía, permiten a los usuarios una fácil elaboración de una rutina periódica o de chequeo operacional para intervención del equipo, crear planes de ejecución de labores en campo, garantizando siempre la seguridad y calidad de la operación, además de la integridad de los equipos.
- La presencia de discontinuidades en el empaquetamiento y el tubo de lavado de la unión giratoria se determina como una de las principales fallas de este equipo, causando deterioro y problemas en el funcionamiento integral del mismo; la inspección adecuada con una frecuencia semestral por medio de métodos no destructivos permite determinar de manera efectiva si éstos equipos pueden seguir en servicio.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda como labor complementaria en la inspección de las roscas de los equipos, que se usen los guarda roscas en las movilizaciones que se realicen a través de las zonas donde se realizan las operaciones de perforación, de esta forma se garantiza la integridad de éstas.
- La realización de operaciones que garanticen una óptima lubricación y engrase en los sistemas de rodamientos y engranes de la mesa rotaria, como la verificación diaria de la pureza y el nivel óptimo del lubricante, además de la correcta lubricación de los engranes y rodamientos, se recomiendan como producto de la investigación plasmada en esta guía técnica
- La aplicabilidad de este proyecto (listas de chequeo, cronogramas de mantenimiento), cubre solamente el inventario de equipos con las especificaciones que se muestran en la guía; se recomienda ampliar su estudio para poder implementarse en taladros con diferentes características.
- Se recomienda la óptima calibración y mantenimiento de los equipos que se utilizan en la inspección, pues mantenerlos en buen estado de funcionamiento es uno de los factores que asegura el buen resultado en los procesos de inspección.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American block manufacturing Company, 2014. Manual para mesa rotaria 17 ½. Estados Unidos.
2. American petroleum institute., 1996. Procedimiento para inspección, mantenimiento, reparación, y remanufactura para equipos de perforación.
3. American petroleum institute., 1998. Procedimiento para inspección, mantenimiento, reparación, y remano facturación para equipos de izaje.
4. American petroleum institute., 1998. Recomendaciones para sarta de perforación y límites de operación.
5. ASTM International., 2008. Guía estándar para pruebas de partículas magnéticas E-709.
6. ASTM International., 2014. Práctica Estándar para Ultrasonidos Pulso-Eco E-114.
7. Blake International Platform Rigs, 2013. Manual de operación y mantenimiento de la mesa rotaria oilwell b-17 ½". México.
8. Cifuentes, Elvis & Córdoba, Guillermo, 2006. Mantenimiento preventivo y correctivo para torres de perforación de pozos petroleros. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 45 -62.
9. Cordoba, G., 2006. Mantenimiento preventivo y correctivo para torres de perforación de pozos petroleros. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 97 -100.
10. DS-1 (Drill stem inspection)., 2014. Tercera Edición, Volumen 3, Inspección de la sarta de Perforación.
11. Freire, Orlando & Balladares, Edwin, 2007. Optimización de procedimientos de inspección para tubería de perforación (drill pipe), tubería de producción (tubing) y tubería de revestimiento (casing) de pozos petroleros utilizando ensayos no destructivos (Spanish). Universidad politécnica nacional Quito. Ecuador, 27 -40.
12. Gardner Denver, 1994. Swivels, Consultado el 21 agosto de 2014. <http://www.gardnerdenver.com>.

13. Nabors drilling international limited. Rig management system. Consultado el 10 de septiembre de 2014. [Aplicación informática].
14. National oilwell, 1977. Manual para cuidado, instalación y operación.
15. Pemex., 2000. Manual de mantenimiento a equipos y mantenimiento mecánico. México.
16. Rondon, G., 2003. Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo a todos los equipos de un taladro de perforación. Universidad Central de Venezuela. Venezuela, 28 -33.
17. The national supply company, 2000. Instrucciones para unión giratoria. México.
18. Varco, Bj., 1993. Kelly spinner service manual.
19. Varco, Bj., 1994. Manual de servicio de las válvulas de seguridad.

# **Anexo 1**

**Registro fotográfico de prueba de inspección por partículas magnéticas realizado por autores**

***PRUEBA DE INSPECCIÓN POR EL MÉTODO DE PARTICULAS MAGNETICAS***

***REALIZADA POR:***

***SERGIO ALBERTO CUELLAR FERNANDEZ***

***GERARDO ZAMBRANO PERDOMO***

***REALIZADA EN:***

***NEIVA-HUILA***

***SERVICIOS DE INSPECCIÓN SI***



1. Cuarto oscuro para prueba de partículas magnéticas

Fuente: Autores



2. Área de inspección

Fuente: Autores





3. Prueba de partículas magnéticas

Fuente: Autores



4. Pieza inspeccionada con partículas magnéticas

Fuente: Autores



5. Pieza inspeccionada con partículas magnéticas

Fuente: Autores



6. Señalización de discontinuidades encontradas en la pieza



7. Pieza inspeccionada con partículas magnéticas

Fuente: Autores



8. Pieza inspeccionada con partículas magnéticas

Fuente: Autores



9. Pieza inspeccionada, yoke y dispersante de partículas magnéticas

Fuente: Autores



10. Discontinuidades en la pieza inspeccionada con partículas magnéticas

Fuente: Autores



*11. Discontinuidades en la pieza inspeccionada con partículas magnéticas*

*Fuente: Autores*



*12. Discontinuidades en la pieza inspeccionada con partículas magnéticas*

*Fuente: Autores*



*13. Pieza inspeccionada con partículas magnéticas*

*Fuente: Autores*



*14. Pieza inspeccionada con partículas magnéticas*

*Fuente: Autores*



15. Pieza inspeccionada con partículas magnéticas

Fuente: Autores



16. Pieza inspeccionada, yoke, lámpara UV y dispersante de partículas magnéticas

Fuente: Autores



17. Pieza seleccionada para la inspección

Fuente: Autores



18. Área de limpieza

Fuente: Autores





19. Área de recepción de herramientas

Fuente: Autores



20. Verificación de intensidad lumínica con el radiómetro

Fuente: Autores



21. Verificación de intensidad lumínica con el radiómetro

Fuente: Autores



22. Yoke y barra calibradora

Fuente: Autores



*23. Banco de inspección*

*Fuente: Autores*



*24. Radiómetro para medición de intensidad lumínica*

*Fuente: Autores*

# **Anexo 2**

**Especificación para tubería de perforación según norma DS-1**

Nominal Size/Wt.	Connection	Grade	Premium Class				Class 2				Minimum Tong Space		Max. Cbore	Max. Bevel	
			Max. ID	Min. OD	Min. Shoulder	Min. Seal	Max. ID	Min. OD	Min. Shoulder	Min. Seal	Pin	Box	Diameter	Diameter	
2-3/8 6.65	PAC	E	1-3/8	2-25/32	9/64	1/8	1-19/32	2-23/32	7/64	7/64	4	4	2-29/64	2-23/32	
		SL-H90	E	2-3/32	3-1/32	3/32	3/32	2-5/32	2-31/32	1/16	5/64	4	4-1/2	2-13/16	3-9/64
		OH	E	2-1/16	3-3/32	3/32	3/32	2-1/8	3-1/16	5/64	5/64	4	4	2-27/32	3-5/32
		NC26	E	2-3/32	3-3/16	5/64	3/32	2-5/32	3-5/32	1/16	5/64	4	4-5/8	3	3-9/32
		X	2	3-1/4	7/64	7/64	2-3/32	3-7/32	3/32	3/32	4	4-5/8	3	3-9/32	
G	1-15/16	3-9/32	1/8	7/64	2-1/32	3-1/4	7/64	7/64	4	4-5/8	3	3-9/32			
2-7/8 6.85	OH	E	2-15/32	3-1/2	7/64	3/32	2-1/2	3-7/16	5/64	3/32	4	4-3/8	3-1/4	3-5/8	
		SL-H90	E	2-19/32	3-1/2	3/32	5/64	2-5/8	3-7/16	1/16	5/64	4	4-5/8	3-9/32	3-59/64
		NC26	E	1-31/32	3-9/32	7/64	1/8	2-1/16	3-7/32	3/32	3/32	4	4-5/8	2-31/32	3-9/32
		NC31	E	2-17/32	3-11/16	5/64	3/32	2-11/16	3-21/32	1/16	5/64	4	5-1/8	3-33/64	3-31/32
		XH	E	2-9/16	3-5/8	1/16	3/32	2-5/8	3-9/16	3/64	5/64	4	5-5/8	3-29/64	4-3/64
		X	2-15/32	3-11/16	7/64	7/64	2-9/16	3-5/8	5/64	3/32	4	5-5/8	3-29/64	4-3/64	
G	2-13/32	3-23/32	1/8	1/8	2-1/2	3-11/16	3/32	7/64	4	5-5/8	3-29/64	4-3/64			
2-7/8 10.40	SL-H90	E	2-15/32	3-19/32	9/64	7/64	2-17/32	3-17/32	7/64	3/32	4	4-5/8	3-9/32	3-59/64	
		X	2-5/16	3-11/16	3/16	9/64	2-13/32	3-5/8	5/32	1/8	4	4-5/8	3-9/32	3-59/64	
		OH	E	2-9/32	3-19/32	9/64	9/64	2-3/8	3-17/32	7/64	1/8	4	4-3/8	3-1/4	3-5/8
		NC31	E	2-1/2	3-13/16	9/64	1/8	2-19/32	3-3/4	7/64	7/64	4	5-1/8	3-33/64	3-31/32
		X	2-5/16	3-29/32	3/16	5/32	2-7/16	3-27/32	5/32	1/8	4	5-1/8	3-33/64	3-31/32	
		G	2-1/4	3-15/16	13/64	11/64	2-3/8	3-7/8	11/64	9/64	4	5-1/8	3-33/64	3-31/32	
		S	2-1/32	4-1/16	17/64	13/64	2-13/16	4	15/64	3/16	4	5-1/8	3-33/64	3-31/32	
XH	E	2-13/32	3-23/32	9/64	1/8	2-1/2	3-21/32	7/64	7/64	4	5-5/8	3-29/64	4-3/64		
3-1/2 13.30 3-12 H90 E	NC31	E	2-1/8	4	15/64	3/16	2-9/32	3-15/16	13/64	11/64	4	5-1/8	3-33/64	3-31/32	
		X	3-5/16	4-17/32	1/8	1/8	3-3/8	4-1/2	7/64	7/64	4	5-5/8	4-1/4	5	
		XH	E	2-23/32	4-11/32	9/64	5/32	2-29/32	4-1/4	1/8	1/8	4	5-1/8	3-15/16	4-35/64
		X	2-19/32	4-7/16	13/64	3/16	2-23/32	4-3/8	11/64	11/64	4	5-1/8	3-15/16	4-35/64	
		G	2-15/32	4-1/2	15/64	13/64	2-21/32	4-13/32	3/16	11/64	4	5-1/8	3-15/16	4-35/64	
		SLH90	X	2-7/8	4-3/8	13/64	11/64	2-31/32	4-5/16	11/64	9/64	4	4-5/8	3-59/64	4-29/64
		NC38	E	3-1/16	4-1/2	11/64	9/64	3-1/8	4-7/16	9/64	1/8	4	5-5/8	4-9/64	4-19/32
		X	2-7/8	4-19/32	7/32	11/64	3	4-17/32	3/16	5/32	4	5-5/8	4-9/64	4-19/32	
		G	2-25/32	4-21/32	1/4	13/64	2-7/8	4-19/32	7/32	11/64	4	5-5/8	4-9/64	4-19/32	
		S	2-1/2	4-13/16	21/64	1/4	2-29/32	4-23/32	9/32	11/64	4	5-5/8	4-9/64	4-19/32	
		NC40	S	2-29/32	5	9/32	7/32	3-1/16	4-29/32	15/64	3/16	4	6-1/8	4-13/32	5-1/32
		3-1/2 15.50	NC38	E	2-31/32	4-17/32	3/16	5/32	3-3/32	4-15/32	5/32	9/64	4	5-5/8	4-9/64
X	2-25/32			4-21/32	1/4	13/64	2-29/32	4-19/32	7/32	11/64	4	5-5/8	4-9/64	4-19/32	
G	2-21/32			4-23/32	9/32	7/32	2-13/16	4-5/8	15/64	3/16	4	5-5/8	4-9/64	4-19/32	
NC40	G			3-1/16	4-15/16	1/4	13/64	3-3/16	4-27/32	13/64	11/64	4	6-1/8	4-13/32	5-1/32
S	2-13/16			5-3/32	21/64	1/4	2-31/32	4-31/32	17/64	7/32	4	6-1/8	4-13/32	5-1/32	
4 11.85	NC46	E	4-1/32	5-7/32	7/64	7/64	4-3/32	5-5/32	5/64	3/32	4	6-1/8	4-31/32	5-47/64	
		4 H90	E	3-23/32	4-7/8	7/64	7/64	3-25/32	4-27/32	3/32	3/32	4	5-7/8	4-5/8	5-9/32

1. Criterio de Aceptación Para Uniones.

Fuente: Standard DS-1

1	2	3	4	5	6	7		
Tamaño Nom. DE	Peso Nom.	DI	CLASE PREMIUN		CLASE 2			
			Mínimo espesor de pared remanente (80%)	DE	Mínimo espesor de pared remanente (70%)	DE		
				(3% variación del nominal)		(4% variación del nominal)		
(pulg)	(lb/pie)	(pulg)	Min	Máx	Min	Máx		
<b>2 3/8</b>	4.85	1.995	0.152	2.304	2.446	0.133	2.280	2.470
	6.65	1.815	0.224			0.196		
<b>2 7/8</b>	6.85	2.441	0.174	2.789	2.961	0.152	2.760	2.990
	10.40	2.151	0.290			0.253		
<b>3 1/2</b>	9.50	2.992	0.203	3.395	3.605	0.178	3.360	3.640
	13.30	2.764	0.294			0.258		
	15.50	2.602	0.359			0.314		
<b>4</b>	11.85	3.476	0.210	3.880	4.120	0.183	3.840	4.160
	14.00	3.340	0.264			0.231		
	15.70	3.240	0.304			0.266		
<b>4 1/2</b>	13.75	3.958	0.217	4.365	4.635	0.190	4.320	4.680
	16.60	3.826	0.270			0.236		
	20.00	3.640	0.344			0.301		
	22.82	3.500	0.400			0.350		
<b>5</b>	16.25	4.408	0.237	4.850	5.150	0.207	4.800	5.200
	19.50	4.276	0.290			0.253		
	25.60	4.000	0.400			0.350		
<b>5 1/2</b>	19.20	4.892	0.243	5.335	5.665	0.213	5.280	5.720
	21.90	4.778	0.289			0.253		
	24.70	4.670	0.332			0.290		
<b>6 5/8</b>	25.20	5.965	0.264	6.426	6.824	0.231	6.360	6.890
	27.72	5.901	0.290			0.253		

2. Criterio dimensional para la aceptación de tubería de perforación.

Fuente: DS-1.

CLASIFICACIÓN DE LOS TUBOS Y UNIONES EN TUBERÍAS DE PERFORACIÓN USADA			
	CONDICIÓN	CLASE PREMIUM	CLASE 2
<b>TUBOS</b>			
I.	Mínimo espesor de pared remanente	$\geq 80\%$	$\geq 70\%$ <sup>1</sup>
II.	Cortes y desgarraduras en áreas de cuñas (profundidad) <sup>2</sup>	$\leq 10\%$ del promedio de espesor adyacente <sup>3</sup>	$\leq 20\%$ del promedio de espesor adyacente <sup>3</sup>
III.	Reducción de diámetro	$\leq 3\%$ del DE especificado	$\leq 4\%$ del DE especificado
IV.	Aumento de diámetro	$\leq 3\%$ del DE especificado	$\leq 4\%$ del DE especificado
V.	Grietas	Ninguna	Ninguna
<b>UNIONES</b>			
I.	Fuerza de Torsión	$\geq 80\%$ de un tubo Clase Premiun	$\geq 80\%$ de un tubo Clase 2
II.	Elongación de la espiga	$\leq 0.006''$ en 2"	$\leq 0.006''$ en 2"
III.	Grietas	Ninguna	Ninguna

3. Clasificación de los tubos y uniones en tuberías de perforación.  
Fuente: Standard DS-1.

# **Anexo 3**

**Formatos utilizados para el reporte de la inspección equipos**



REPORTE DE INSPECCIÓN DE HERRAMIENTAS					
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	

CLIENTE		TIPO DE INSPECCION			REPORTE No	
LUGAR		VISUAL		PART. MAGNÉTICAS	OIT No	
FECHA		DIMENSIONAL		LIQUIDOS PENETRANTES	INSPECTOR	
ORDEN CLIENTE No		ULTRASONIDO		CATEGORÍA DE INSPECCION	PROCEDIMIENTO	
DESCRIPCION DE LA HERRAMIENTA:						

ID	LONGITUD		CUELLO DE PESCA			ESPACIO DE LA LLAVE			CONDICION CUERPO
	TOTAL	EFFECTIVA	OD	ID	LONGITUD	OD	ID	LONGITUD	

	CONEXIONES	OD	BEVEL DIAM.	LONG. C/BOR E	DIAM. C/BOR E	LON G. R.A.	DIAM. R.A.	LON G. B.B	DIA M. B.B	CONDICION		RF	VALVULA FLOTADORA		
										ROSC A	SELL O		TIPO	ID	LON G
PI N															
X															
PI N															
X															

CONDICION FINAL					
OPERATIVO		REPARABLE		FUERA DE SERVICIO (CHATARRA)	

OBSERVACIONES
---------------

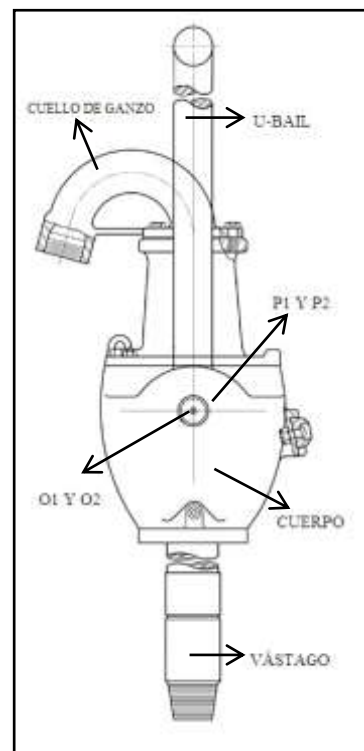
CONDICIONES OPERATIVAS				
------------------------	--	--	--	--

INSPECCIONÓ: \_\_\_\_\_ RECIBIDO CLIENTE: \_\_\_\_\_

<b>REPORTE DE INSPECCIÓN DE UNIÓN GIRATORIA</b>					
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	

CLIENTE		TIPO DE INSPECCION			REPORTE No
LUGAR		VISUAL		PART. MAGNÉTICAS	OIT No
FECHA		DIMENSIONAL		LIQUIDOS PENETRANTES	INSPECTOR
ORDEN CLIENTE No		ULTRASONIDO		CATEGORÍA DE INSPECCION	PROCEDIMIENTO
DESCRIPCION DE LA HERRAMIENTA:					

<b>MATERIAL INSPECCIONADO</b>	
<b>UNION GIRATORIA</b>	
MARCA:	
DESCRIPCION	
SERIE	
TAMAÑO	
CAPACIDAD	



ELEMENTO	OD	ID	VIS	LONG	DIM	MT	UT	CONDICION
PASADOR	P1							
	P2							
OJOS	O1							
	O2							
VÁSTAGO								
ASA								
CUERPO								
CUELLO DE GANZO	ESPESOR DE PARED:		MAX:		MIN:			

CONDICION FINAL
OBSERVACIONES

REPORTE DE INSPECCIÓN EQUIPOS					
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	

CLIENTE		TIPO DE INSPECCION			REPORTE No	
LUGAR		VISUAL		PART. MAGNÉTICAS	OIT No	
FECHA		DIMENSIONAL		LIQUIDOS PENETRANTES	INSPECTOR	
ORDEN CLIENTE No		ULTRASONIDO		CATEGORÍA DE INSPECCION	PROCEDIMIENTO	
DESCRIPCION DE LA HERRAMIENTA:						

DESCRIPCION DEL TRABAJO	

DESCRIPCION DEL EQUIPO	

OBSERVACIONES	

CONDICIONES OPERATIVAS FINALES	REPARABLE		FUERA DE SERVICIO	
	OPERATIVO		OTRO	

INSPECCIONÓ: \_\_\_\_\_ RECIBIDO CLIENTE: \_\_\_\_\_