



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

NORMAS PRINCIPALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y WORKOVER

Erick Oswaldo Campos Sarazua
Asesorado por el Ing. Romel Alaric García Prado

Guatemala, noviembre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**NORMAS PRINCIPALES DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y
WORKOVER**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERICK OSWALDO CAMPOS SARAZUA
ASESORADO POR EL ING. ROMEL ALARIC GARCÍA PRADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

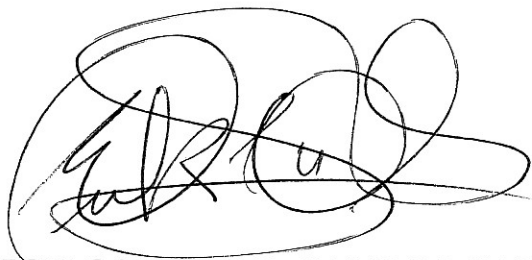
DECANO	Ing. César Augusto Fernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Julio César Rivera Peláez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Leonel Hurtarte Castro
EXAMINADOR	Ing. Byron Alberto Rosales Amado
SECRETARIO	Ing. Manuel de J. Castellanos Dubón

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad De san Carlos de Guatemala, Presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**NORMAS PRINCIPALES DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y
WORKOVER**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha Octubre del 2,001

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

ERICK OSWALDO CAMPOS SARAZÚA

Guatemala, 06 de Octubre del 2,006

Ingeniero
Fredy Mauricio Monroy Peralta
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica
Universidad de san Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Monroy:

Al saludarlo muy atentamente, cumpliendo con lo resuelto por la Dirección de la Escuela me permito manifestarle que he procedido a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado **“ Normas Principales de Operación y Mantenimiento de Equipos de Perforación y Workover”**, desarrollado por el señor Erick Oswaldo Campos Sarazúa, para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Considero que dicho trabajo es satisfactorio, cumpliendo con los requisitos reglamentarios impuestos por la Facultad de Ingeniería para ser aprobado, bajo la asesoría del suscrito, por lo que cuenta con mi total aprobación.

Atentamente.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Romel Alaric García Prado'.

Ing. Romel Alaric García Prado
Asesor



"Todo por ti Carolingia mía"
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su nacimiento

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado Normas principales de operación y mantenimiento de equipos de perforación y workover, del estudiante Erick Oswaldo Campos Sarazúa, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

CARLOS H. PEREZ
ING. MECANICO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, octubre de 2006.

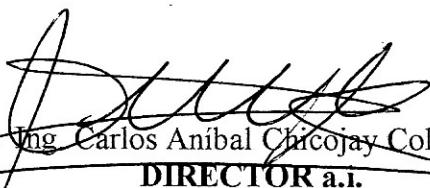
/behdei



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al trabajo de graduación, **NORMAS PRINCIPALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y WORKOVER** del estudiante Erick Oswaldo Campos Sarazúa, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
DIRECTOR a.i.



Guatemala, octubre de 2006.

/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **NORMAS PRINCIPALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y WORKOVER**, presentado por el estudiante universitario **Erick Oswaldo Campos Sarazúa** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, Noviembre 2 de 2006



/gdech

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII

1. DIFERENTES EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y SUS COMPONENTES	1
1.1 Definición	1
1.2 Clasificación de los diferentes equipos	3
1.2.1 Equipos de tierra	3
1.2.1.1 Componentes de un equipo de perforacion	4
1.2.2 Equipos de perforación costa afuera	5
1.2.3 Selección de equipos de perforación	8
2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS COMPONENTES	13
2.1 Sistema de elevación y grúas	13
2.1.1 El Malacate	13
2.1.2 Transmisión selectiva del malacate	13
2.1.3 Tipo de cadenas y rueda dentada	14
2.1.4 Tipo de engranajes	14
2.1.5 Tipo eléctrico	14

2.1.6	Eje del cabrestante	14
2.1.7	Cabrestante de enrosque	15
2.1.8	Cabrestante de desenrosque	15
2.1.9	Bloque corona	15
2.1.10	Bloque viajero	16
2.1.11	El Gancho	16
2.1.12	Los Elevadores	16
2.1.13	Mantenimiento de bloques, ganchos Y elevadores	18
2.1.13.1	El cable de perforación	19
2.1.13.2	Construcción	21
2.1.13.3	Tipos de hilo	24
2.1.13.4	Diferentes tipos de torsión	25
2.1.13.5	Factores que afectan la vida del cable de Perforación	25
2.1.14	Potencia requerida en el sistema de aparejamiento	26
2.2	Sistema de rotación	27
2.2.1	El cuadrante	27
2.2.2	Diseño	28
2.2.3	La unión giratoria	28
2.2.4	Mantenimiento	28
2.2.5	Características de la unión giratoria	29
2.2.6	La mesa rotaria	29
2.2.7	Accesorios y diseño	29
2.2.8	Lubricación	30
2.3	Sistema de potencia	31
2.4	Sistema de circulación de lodos	32
2.4.1	Circulación de lodo	34
2.4.2	La carga de la succión	35
2.4.3	El manifold de descarga	36
2.4.4	La pérdida de la presión	36

2.4.5	El colador o filtro	37
2.4.6	El prensaestopas	38
3.	EQUIPOS DE TORRES EN PISO Y ACCESORIOS	39
3.1	Indicadores de Peso, Torque y Presión	39
3.1.1	Indicadores de peso	39
3.1.2	Indicadores de torque	41
3.1.2.1	Pasos del llenado del sistema	42
3.1.3	Mantenimiento	43
3.1.3.1	Calibración del sistema	43
3.1.3.2	Rueda guía	44
3.1.4	Indicadores de presión de bomba	44
3.1.4.1	Elementos de indicador de presión de lodo	45
3.2	Degasificador, Desarenador, Desaliviador	45
3.2.1	El degasificador	45
3.2.2	Desarenador y desaliviador	46
3.3	Transmisiones, Frenos y Embragues	48
3.3.1	Embragues	50
3.3.2	Frenos	51
3.3.2.1	Frenos del malacate	51
3.3.2.2	Frenos mecánicos	51
3.3.2.3	Enfriamiento de los frenos	54
3.3.2.4	Norma importante de operación	54
3.3.2.5	Desgaste y mantenimiento	55
3.3.3	Frenos auxiliares	55
3.3.3.1	Freno hidrodinámico	56
3.3.3.2	Freno electrodinámico	56
3.3.3.3	Freno crown-o-matic	57

3.4	Elementos Tubulares	58
3.4.1	Drill collares (porta barrenas)	60
3.4.2	Funciones	61
4.	OPERACIÓN DE ALZADO DE TORRE	63
4.1	Mecánico	63
4.1.1	Torres en tierra	63
4.1.2	Torres marinas	64
4.2	Hidráulico	67
4.2.1	Levantado de sección telescópica	69
4.3	Mixto	71
5.	SISTEMAS PREVENTORES PARA CONTROL DE POZO	73
5.1	Definición de Equipos de Control de Pozo	73
5.2	Acumulador de Presión (Koomey)	74
5.3	Preventores de reventones	75
5.3.1	Preventores de Ariete	75
5.3.2	Preventores giratorios	75
5.3.3	Conjuntos de preventores de reventones	76
5.4	Carrete de perforación	80
5.5	Preventor B.O.P	80
5.5.1	El conjunto de arietes	82
5.5.2	El asiento de sello reemplazable en el sitio	82
5.5.3	Las tapas abisagradas	82
5.5.4	La camisa de cilindro reemplazable	82
5.5.5	El conjunto de pistón y vástago del pistón	83

5.5.6	El enclavamiento manual	83
5.5.7	El sello de lodo del vástago del pistón	83
5.5.8	El sello del pistón	83
5.5.9	Las salidas laterales en el Preventor	84
5.5.10	Configuraciones simples y dobles	84
5.5.11	Los pernos de la tapa	84
5.5.12	Las varillas de guía	84
5.5.13	El sello del ariete	85
5.6	Operación del obturador de seguridad Hydrill del tipo ariete	85
5.7	Operación del obturador frontal	86
5.8	Operación del sello superior	87
5.9	Procedimiento de cambio de ariete	87
5.10	Preventor anular o unidades obturadores de seguridad anular	88
5.10.1	Pruebas del preventor anular	89

6.	NORMAS DE SEGURIDAD E OPERACIONES DE CAMPO	91
6.1	Normas de Seguridad en Áreas de Alto Riesgo en la Torre	91
6.1.1	Malacates y bombas de lodos	92
6.1.2	En el piso de perforación	95
6.1.3	En los tanques de lodo	97
6.1.4	Equipos impide reventones	98
6.1.5	Equipos misceláneos	100
6.2	Normas de seguridad Durante Viajes de Tubería y Manejo de Tubulares	101
6.2.1	Crown-o-matic	101
6.2.1.1	Pruebas de crown-o-matic	102
6.2.2	Cuñas y elevadores	102

6.2.2.1	Elevadores de tubería	103
6.2.3	Cadenas enroscadotas	103
6.2.4	Llaves de maniobra o tenazas	104
CONCLUSIONES		107
RECOMENDACIONES		109
BIBLIOGRAFÍA		111
ANEXOS		115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Equipo de perforación	10
2. Cabrestante	15
3. Bloque de poleas corona	15
4. Conjunto de poleas del bloque viajero	15
5. Elevador tipo cuña para producción o perforación	17
6. Lubricación de Cable en el campo	19
7. Componentes del sistema de Elevación	20
8. Acoplamiento de buje maestro para sostener la Tubería	29
9. sensor o pistón	38
10. Detalle del Degasificador	42
11. Desareandor y Desaluvador	44
12. Elementos del sistema de frenos y desgaste	47
13. Freno Crown-o-Matic	51
14. Efecto de Portabarrenas	55
15. Maniobra de elevación de torre	59
16. Conjunto de equipo preventor instalado en pozo	68
17. Obturador tipo ariete hidráulico	69

GLOSARIO

- Abandonar v** Tapar y dejar un pozo cuando termina de producir, pues ya no es rentable. También se abandona un pozo de exploración que no resulta productivo. En ambos casos se remueve la tubería de revestimiento para recuperarla, se tapona el hoyo con cemento (para evitar la infiltración de fluidos en las formaciones), se le tapa la boca y se abandona. En muchos países se debe conseguir permiso previo de las autoridades pertinentes antes de abandonar un pozo.
- Agitadores pl** Paletas que mezclan el lodo dentro de los tanques de lodo para mantener una mezcla uniforme de los líquidos y sólidos contenidos en el lodo.
- Ancla de cable muerto** Aparato que sirve para fijar y mantener firme el cable muerto. Esta ancla va asegurada a la infraestructura.
- Ariete** El componente que cierra y sella en un preventor de reventones de tipo de ariete. Hay tres tipos de preventores que usan arietes, el preventor ciego, el preventor de ariete cortante y el preventor de ariete de tubería.
- Ayudante del perforador** Obrero no especializado que hace trabajo general en el piso de la torre.

Barco de perforación	Embarcación que contiene instalaciones de perforación utilizadas para hundir pozos en aguas profundas, remotas y costa afuera.
Barrena	Elemento perforador que penetra la formación. Este elemento puede ser de rotación o de percusión o una combinación de ambos. La barrena siempre incluye elementos perforantes/cortantes y de circulación (toberas) a través de las cuales pasa el fluido de perforación y cuya corriente contribuye a aumentar la velocidad de perforación
Bloque de aparejos	Un ensamble de poleas, contraparte del bloque de corona, que sube y baja el cuadrante, sarta de perforación y otra tubería. El bloque de aparejo también contiene el asa que soporta los elevadores.
Bloque corona	Ensamble de poleas montado sobre vigas encima de la torre, en el cual se enhebra el cable de perforación.
Bomba del lodo	Bomba alternante movida por transmisión y eje de cigüeñal, que, a su vez, son activados por un motor independiente, sea eléctrico o de combustión. La bomba de lodo puede tener dos o tres cilindros compresores de fluido.
Buje maestro	Aparato que va sentado dentro de la mesa rotatoria para proveer un adaptador que acomoda el buje de transmisión del cuadrante. Este buje también achica la apertura de la mesa rotaria para acomodar las cuñas.

Cabeceo	Término genérico para los brotes de agua salada y gas causados por infiltraciones en formaciones de alta presión y que, a falta de control oportuno, acaban en reventones o erupciones que destruyen el pozo.
Cable de acero	Soga muy fuerte, entretejida de alambres de acero de alta resistencia.
Cable de perforación	Un cable de acero utilizado para soportar las herramientas de perforación.
Cable muertos	La punta del cable que baja del bloque de corona al tambor de reserva. Se llama cable muerto porque una vez está conectado al tambor alimentador, no se mueve.
Carrera	Sacar la sarta de perforación del hoyo para cualquiera de un número de operaciones tales como cambiar la barrena, tomar muestras y otras, y luego devolverla al hoyo.
Convertidor de torsión	Aparato usado para conectar una fuente prima de energía con la máquina que recibe de ésta. Los elementos que bombean fluido en el convertidor de torsión automáticamente aumentan la torsión del motor al cual se le aplica la torsión, y resulta en un aumento de producción en el eje de producción. Estos convertidores de torsión se usan extensamente en torres mecánicas que tienen centrales de distribución.

Cuadrante	La pieza pesada de acero que tiene cuatro o seis lados y va suspendida entre la unión giratoria y la mesa rotaria. El cuadrante va conectado a la parte superior de la tubería de perforación que está dentro del hoyo y le da vueltas a la sarta a medidas que la mesa rotaria gira. Tiene un agujero que permite que el fluido se circule en el pozo.
Cuñas pl	Aparatos en forma de prisma con dientes u otros elementos de agarre, utilizados para sostener tubería dentro del hoyo sin que se caiga dentro. Cuñas rotatorias van aseguradas alrededor de la sarta de perforación y hacen presión contra el buje maestro para aguantarlo en su sitio. Cuñas neumáticas o hidráulicas se montan automáticamente, así librando la cuadrilla de tener que meter las cuñas manualmente.
Degasificador	Equipo utilizado para remover gas indeseable del fluido de perforación.
Desaluvianador	Un aparato centrífugo para remover partículas pequeñas del lodo de perforación. Su principio de operación es muy parecido al de un desarenador.
Elevadores	Pinzas que agarran y soportan un tubo o la sarta completa de tubería de revestimiento o de perforación para meterlos o sacarlos del hoyo.
Encuellador	El miembro de la cuadrilla que maneja la punta superior de la sarta de perforación mientras ésta se saca o se mete al

hoyo. También es responsable de la condición de la maquinaria de circulación y del fluido de perforación.

Espacio anular

1. El espacio alrededor de un objeto cilíndrico contenido dentro de otro cilindro. 2. el espacio alrededor de un tubo suspendido dentro de un pozo. Las paredes alrededor del tubo y la pared del pozo o la pared interior de tubería de revestimiento.

Freno principal

Un componente del malacate cuya función es para el malacate y aguantarlo.

Hacer una conexión v

Juntar una sección de tubería de perforación a la sarta que está suspendida en el hoyo.

Hoyo superficial

La primera parte del pozo de petróleo cerca de la superficie. Esta parte del hoyo se reviste con la tubería de revestimiento más ancha que se usará en la operación. El resto del pozo seguirá disminuyendo en diámetro.

Indicador de peso

Un instrumento localizado cerca al perforador en una torre de perforación que muestra el peso que se está ejerciendo sobre la barrena y sobre los ganchos.

Infraestructura

El cimiento sobre el cual el mástil o la torre va montado. La infraestructura contiene espacio para almacenaje y equipo de prevención de erupciones.

API	Organización fundada en 1920 por la industria petrolera en los Estados Unidos conocida como API (American Petroleum Institute), es la mayor autoridad para la estandarización de los equipos de perforación y de producción petrolera. Desde sus oficinas centrales en Dallas, Texas y en Washington, D.C., API publica códigos aplicables a la producción, refinación, transporte y mercadeo del petróleo.
Línea de descarga	Un canal o tubo instalado entre las conexiones de la superficie en la boca del hoyo y la zaranda vibratoria a través de la cual pasa el lodo de perforación en un viaje de vuelta hacia la superficie desde el fondo.
Manguera del cuadrante	Manguera en una torre de perforación rotatoria que conduce el fluido de perforación rotatoria que conduce el fluido de perforación de las bombas de lodo y el tubo vertical hasta la unión giratoria y el cuadrante.
Mástil s	Una torre de perforación portátil que se ensambla como una unidad, o sea, en una sola pieza. Difiere de una torre común en que es una sola pieza mientras que la torre común es doblegable o compuesta de muchas piezas que se pueden desarmar.
Perforación rotaria	Método de perforación en el cual se utiliza una barrena que gira sobre la punta de una sarta de tubería así cortando las formaciones subterráneas hasta que el hoyo llega a la profundidad deseada.

Portabarrenas	Un tubo pesado de paredes gruesas de acero, generalmente utilizado entre la barrena y el resto de la tubería de perforación. Esta pieza se utiliza para darle más peso a la barrena para que pueda perforar más eficientemente.
Preventor de ariete de tubería	Componente del preventor de reventones que cierra el espacio anular entre la tubería y el preventor de reventones o la boca del pozo.
Reventón	Un flujo descontrolado de gas, petróleo u otros fluidos del pozo hacia la superficie. Un reventón puede ocurrir cuando los fluidos de una formación entran al pozo y no se toman medidas para controlar la entrada de estos fluidos.
Sarta de perforación	Columna de tubería de perforación incluyendo los portabarrenas y el cuadrante. Usualmente se usa este término para denominar la tubería de perforación y los portabarrenas.
Tambor alimentador	Carretel donde se enrosca el cable sobrante.
Tenazas	Unas llaves enormes que se colocan alrededor de la tubería de perforación o los portabarrenas para enroscar o desenroscar la tubería. Estas tenazas pueden ser neumáticas o hidráulicas y giran los tubos para hacer las conexiones.

- Tubería de producción** Sarta de tubo insertada dentro de la tubería de revestimiento después de completado el pozo para servir de conducto para el petróleo producido por el pozo.
- Tubería de revestimiento** Tubería de acero colocada en un pozo de petróleo o gas que evita que el hoyo se derrumbe o se deslave mientras se perfora y protege contra filtración de formaciones hacia la superficie.
- Workover** Trabajo que se le hace a un pozo para cambiar su condición ya sea en zona productiva o zona de inyección, en si es toda modificación a condiciones de trabajo del pozo.

RESUMEN

El primer capítulo presenta una gama de conceptos básicos, con los cuales se obtienen los conocimientos necesarios para poder identificar la torre de perforación y los distintos elementos que la constituyen, además de que enumera los propósitos de los elementos estructurales de la torre, se dan las normas para la clasificación de los diferentes equipos que pueden ser tan versátiles como un transporte soportado por ejes con rodamientos o barcos que se pueden movilizar en el mar o lagos, además de las estructuras difíciles de ser movilizadas como por ejemplo las secciones de mástiles que deben de ser manipuladas con helicópteros, Un Ingeniero que este a cargo de un pozo o trabajo como proyecto debe de conocer las capacidades de los equipos a utilizar y los elementos que lo acompañan, al final de dicho capítulo esta un esquema donde se pueden localizar distintas partes componentes de un equipo de perforación.

En el segundo capítulo nos adentramos en los diferentes sistemas que conforman la torre como unidad que trabaja en armonía, destacándose la descripción de los sistemas que suben y bajan la tubería con sus diferentes elementos importantes dando una fácil y rápida descripción de la función o trabajo que desempeña también encontramos datos técnicos como lo son las capacidades de los elementos para no sobre diseñar una necesidad en equipo lo que acarrearía gastos innecesarios. Encontramos métodos para lubricación y diagramas en los cuales podemos identificar elementos y su disposición en la torre y su labor, podemos encontrar los elementos del sistema de limpieza del agujero o pozo por medio de los lodos de perforación.

El tercer capítulo contiene los diferentes equipos utilizados en el piso de trabajo en la torre que son la instrumentación necesaria para poder trabajar teniendo parámetros medibles en la operación, susceptibles a ser parte de un programa de mantenimiento y

verificación. También encontramos elementos instalados en los tanques de lodos parte de un proceso de limpieza tanto para el pozo y para el mismo lodo en sí, detallando la importancia del mantenimiento y operación correcta de los diferentes frenos del sistema su enfriamiento y se describe normas de operación, se incorporan los conceptos de frenos auxiliares que son alternativas técnicas para la seguridad de la operación así como lo son también los elementos tubulares que son la herramienta para profundizar en el pozo dándose funciones y características para su buen manejo.

El capítulo cuarto nos ilustra una de las maniobras más peligrosas dentro del montaje de una torre de perforación o de *workover* (servicio a pozo) dándonos las posibles variantes que se podrían presentar en esta maniobra ilustrando los pasos más importantes en las torres que se levantan mecánicamente y su variante en sistemas hidráulicos , en cada una de las operaciones existen pasos por seguir rigurosamente para tener una operación segura, además existen sistema de alzado de torre mixta esto es una sección mecánica y la otra hidráulica.

El capítulo cinco describe los diferentes sistema de control de pozo dándonos los conceptos para una perforación eficiente tomando en cuenta la parte de seguridad que se logra teniendo las herramientas adecuadas en la boca de pozo tanto para confinar los fluidos que previenen de pozo de manera descontrolada así como de los accesorios para continuar el proceso de perforación o intervención de pozo productor con el objetivo de prevenir contaminación al ambiente y daño al personal involucrado en este proceso, no importando lo difícil de la instalación de los equipos ni lo pesado de los accesorios , se logra describir como es un preventor internamente para su mejor mantenimiento pues se describen actividades específicas y sus respectivas descripciones con rangos de presión y tamaños para un fácil entendimiento e identificación.

En el capítulo seis se dan las normas de seguridad en las operaciones de campo mas peligrosas identificando los lugares donde se debe de poner especial cuidado por el alto grado de peligrosidad, además se dan varios criterios de inspección de elementos importantes, estas descripciones abarcan toda la instalación y se dan reglas claras a cumplir en maniobras con accesorios que deben de ser revisados con una rutina estricta con periodicidad frecuente.

OBJETIVOS

Generales

1. Lograr el costo más bajo de operaciones y mantenimiento de un equipo de perforación o torre de reacondicionamiento (*workover*) de pozo petrolero en nuestro país.
2. Optimizar la toma de decisiones del personal nacional y extranjero que necesita de un programa de capacitación continuo, para lograr óptimos resultados en el área de mantenimiento y operación de estos equipos.

Específicos

1. Mantener el equipo de perforación en condiciones óptimas de trabajo.
2. Capacitar al personal guatemalteco para la correcta toma de decisiones que permitan la máxima eficiencia en la operación.
3. Eliminar la falsa dependencia de personal extranjero.
4. Con una buena práctica de operación y mantenimiento lograr espaciar paros de equipo por fallas mecánicas.
5. Realizar por medio del seguimiento de las rutinas enmarcadas en el presente trabajo de graduación, un mejor nivel de operación.

6. Orientar al personal dentro de las actividades de mantenimiento u operación a acciones seguras sin costos por accidentes siguiendo un programa de metas “cero accidentes”.

INTRODUCCIÓN

La actividad petrolera en nuestro país ha tenido desde que se inició en el año de 1958 muchos cambios que para sectores productivos y profesionales pudieron haber pasado inadvertidos, ya que anteriormente la producción de éste valioso recurso no renovable en un 100%, pues salía del país sin que la industria nacional se beneficiara en ningún momento; la situación de nuestro petróleo ha variado, pues la industria nacional ha ido cambiando por los volúmenes de producción, así como la necesidad de ahorrar y producir divisas.

El tema del petróleo cobra actualidad constantemente por la dependencia de nuestro país a la importación de productos refinados de petróleo y exportación de hidrocarburos producidos, así como al buen aprovechamiento de nuestros recursos no renovables, además de las técnicas adecuadas de explotación que sería la solución a la dependencia nacional de energéticos, tomando en cuenta lo anterior como relación directa se deben de lograr niveles óptimos para el mantenimiento del equipo de extracción y el adecuado mantenimiento de apoyo a las instalaciones de producción.

El petróleo es en nuestro país una fuente importante de divisas, ya que el producto y sus subproductos son vendidos al extranjero y una parte de la refinación se comercializa como asfalto.

El propósito principal de este trabajo es dar una idea general de las operaciones más importantes que se dan para perforar o intervenir un pozo que está produciendo, ya que por medio del conocimiento de las operaciones se tendrá mucha más efectividad al proceso de campo. Es valedero exponer que para cada una de las actividades específicas de la perforación, existe una compañía contratista con personal calificado para determinada operación, pues existe personal para aplicar cemento, poner con recubrimiento, tomar

registros, chequeo de tubería, de estos procesos por salir de los alcances del presente trabajo se expondrá lo necesario para que el lector tome una idea de las operaciones enmarcadas en este trabajo.

1. DIFERENTES EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y SUS COMPONENTES

1.1 Definición

La torre de perforación es una estructura metálica con cuatro soportes de apoyo instaladas sobre una base cuadrada llamada subestructura. El área total de trabajo sobre el cuadrado lo constituye el piso de la torre.

En el extremo superior se encuentra el conjunto de poleas. La función principal de la torre es la de soportar la tubería y permitir sacar o meter tuberías dentro del pozo, esto se logra mediante el desplazamiento del bloque viajero por medio de los motores que dan la potencia necesaria al malacate a través del cable de perforación, el bloque fijo o corona. Además el mástil sirve de soporte para la parrilla o canasta del enganchador la cual permite al enganchador realizar sus labores de almacenar la tubería en la torre durante los viajes.

El mástil es ensamblado sólo una vez cuando es fabricado y se mantiene como una sola unidad, tanto en el proceso de alzado como en la bajada, existen otro tipo de torres que por su tamaño no pueden ser operadas de la manera anterior y se levanta por medio de secciones de tres a cinco secciones dependiendo de la altura total de la torre.

El mástil se erige sobre una subestructura que sirve para dos propósitos principales:

- a) Soportar el piso de la instalación, diseñado para proveer espacio al equipo, empleados y en la parte inferior para la ubicación de la seguridad del pozo o sea los preventores.

- b) La subestructura soporta la mesa rotaria, además a la sarta de perforación y permite ser un sostén de la sarta por medio de las cuñas que van asentadas dentro de la mesa rotaria para el enrosque.

Otra carga aplicada es la de la tubería que se encuentra almacenada, entra la subestructura y la canasta o parrilla del enganchador.

Las torres y mástiles se clasifican de acuerdo a su capacidad para soportar cargas verticales y velocidades de viento lateral.

Las capacidades de carga de las instalaciones modernas pueden variar desde 250,000 hasta 1,500,000 libras, un mástil típico puede soportar vientos aproximadamente 100 a 130 millas por hora (160 a 210 km/hora) con los peines o rastrilleras de la canasta del enganchador llenas de tubería, sin la necesidad de conectar cables anclados a tierra llamados (vientos) para refuerzo, desde luego ésta es una característica de diseño pues en Guatemala nunca se ha trabajado en ningún momento sin los anclajes a tierra (vientos) por seguridad del equipo y del personal que está en el área.

La altura del mástil no influye en la capacidad de carga pero sí influye en la altura de las secciones de tubo que se puede sacar sin tener que desconectarlas.

Esto se debe a que el bloque viajero y corona tienen que estar a una altura adecuada para permitir sacar las secciones ya estén compuestas por dos o tres

sencillos de tubería llamadas paradas, en nuestro país se han tenido equipos de paradas triples y las utilizadas de paradas dobles aproximadamente sesenta pies.

Las subestructuras vienen especificadas por su marca, tipo (A,B,C,D), capacidad, altura, otras dimensiones.

1.2 Clasificación de los diferentes equipos

Un equipo de perforación es un grupo de maquinas que conjuntamente con la gente que lo opera, deberá desempeñarse de una manera óptima bajo condiciones adversas. Un equipo seleccionado y diseñado apropiadamente deberá trabajar con la misma eficiencia en el Ártico como en el desierto, en el Mar del Norte ó en las selvas Peteneras de Guatemala.

El equipo puede variar desde una torre montada en un camión, hasta un barco capaz de operar con olas de 50 pies perforando a través de varios miles de pies de agua.

Es obvio, que el ingeniero de perforación en la fase de diseño y elaboración de un programa de perforación, deberá prestar atención especial a la selección del equipo de perforación y a los equipos auxiliares que lo acompañan. Los equipos se dividen en dos categorías amplias. Equipos de tierra y equipos de costa afuera. Cada grupo está conformado por equipos que tendrán diversa capacidad para perforar y operar.

1.2.1 Equipos de tierra

Estos son los equipos más comunes y son clasificados de acuerdo a la profundidad a la cual pueden perforar, de acuerdo a la máxima carga al gancho o

de acuerdo a la altura de la torre. A medida que la capacidad del equipo aumenta, el tamaño, peso y cantidad de tubería de perforación que la torre tendrá que maniobrar aumentará también. Como consecuencia el malacate, motores, torre, etc. debe aumentar de capacidad de trabajo también. Estos equipos pueden ser de poca capacidad y estar montados sobre un camión. En este caso el transporte será fácil y rápido. Equipos de mayor envergadura se componen de partes más grandes que se deben desarmar y transportar de una manera individual.

La torre de los equipos debe ser diseñado y seleccionado para poder almacenar y levantar la tubería de perforación que se requiere para llegar a la profundidad planeada lo mismo que poder correr al casing más pesado.

1.2.1.1 Componentes de un equipo de perforación

No todos los equipos se hallan posicionados de la misma manera, pero todo equipo propiamente diseñado debe ser integrado por las siguientes partes:

- a) Sistemas de elevación y Grúas Utilizado para maniobrar la tubería de perforación y para correr los siguientes casings. El sistema se compone del malacate, cables, bloque viajero, etc. Deberá ser diseñado y/o seleccionado para poder mover a la carga más pesada sin poner en peligro la integridad del equipo.
- b) Sistemas de Rotación Responsable de rotar a la sarta de perforación.
- b) Sistema de Potencia Generan la energía mecánica o eléctrica necesaria para operar
El equipo
- c) Sistema de circulación de lodos Responsable de la limpieza del hueco y de

Remover los recortes hacia la superficie por medio de la circulación del lodo.

e) Sistema de Prevención

Equipo de superficie que va a ser responsable de controlar el pozo en caso de un reventón o flujo descontrolado.

1.2.2 Equipos de Perforación Costa Afuera

Comprende a los equipos utilizados para perforar costa afuera. Los mismos poseen movilidad propia o son remolcados cuando se cambia de localidad. Los equipos son mas sofisticados y mucho más caros que los que se utilizan en operaciones de tierra. Los equipos móviles se utilizan solamente para perforación exploratoria.

Si el pozo es seco se tapaná y se abandonará la localidad. En caso positivo se localizarán plataformas fijas a partir de la cual se pueden perforar un gran número de pozos. El medio ambiente va a ser el factor determinante en cuanto a la elección del tipo de equipo. La selección se basará en la profundidad del agua, tipo de olas, condiciones climáticas y ubicación de la localidad donde se va a perforar. Las estructuras para perforar costa afuera incluye:

- a) Embarcación de perforación para zona de pantanos.
- b) Equipo jack-up.
- c) Equipos semi-sumergibles.
- d) Barcos de perforación.

a) Las embarcaciones de perforación para zonas pantanosas y cuerpos de aguas internas como por ejemplo: lagos, son bascazas flotantes con un equipo de perforación montado, están capacitadas para operar en aguas poco profundas y tranquilas. De los equipos móviles, es el menos sofisticado y más barato.

b) Equipos Jack Up Son las estructuras más utilizadas en operaciones de costa afuera. Pueden operar en aguas de hasta 350 pies y son ideales para operar en áreas como el Golfo de México. La estructura consiste en un casco flotante y tres piernas mecánicas de gran altura, que se pueden elevar y bajar mediante un sistema mecánico. El equipo necesita ser remolcado con las patas en la posición elevada. Al llegar al lugar de la perforación las mismas se bajan mecánicamente hasta apoyarse en el fondo del mar. Una vez que las patas han hecho contacto firme con el fondo marino, el casco se elevará mecánicamente por sobre el nivel de las aguas. La altura a la cual el equipo operará sobre las aguas dependerá de las condiciones climáticas. En la zona del golfo es de 30 a 35 pies. En el Mar del Norte se trabaja a más de 90 pies debido a las condiciones imperantes.

Como la estructura se haya apoyada en el lecho marino no sufren los movimientos que los otros equipos experimentan. Por lo tanto no se necesita un equipo de compensación de movimiento. Las desventajas más obvias de esta estructura son: Difícil y peligroso de remolcar, las piernas deben ser removidas para viajes largos, son las estructuras de costa afuera más inseguras y propensas a accidentes.

c) Equipos semisumergibles Estos equipos pueden operar bajo condiciones climáticas más adversas que las anteriores. También pueden operar en aguas de hasta 3.000 pies de profundidad. Se halla compuesto de una plataforma de trabajo y 6 a 8 columnas unidas a dos pontones. Los pontones se

llenar de balasto, que es generalmente agua, hasta que las columnas se hundan en el agua y la plataforma se halle elevado 30 a 40 pies sobre el nivel del mar. En estas condiciones se ancla a la estructura o en el caso de los más modernos se posicionan dinámicamente. La mayoría de las estructuras semisumergibles pueden desplazarse de un lugar de trabajo a otro por sus propios medios.

Las estructuras semisumergibles pueden ser posicionadas dinámicamente o ser ancladas. Para poder anclarlo se debe hacer un estudio del suelo marino para ver cuál es el tipo de ancla más conveniente para cada situación.

d) Barcos de Perforación Son las estructuras más modernas y sofisticadas pero también las más caras para operar. Es ideal para operaciones remotas debido a su gran capacidad de carga y la capacidad perforar hasta 7.000 pies de profundidad. El barco tiene propulsión propia y puede trasladarse con rapidez de un lugar a otro. El barco puede posicionarse con anclas o de una manera dinámica.

e) Plataforma de perforación y de Producción Si la fase exploratoria de una operación fue exitosa, se comienza con el programa de desarrollo. Estas plataformas permitirán la perforación de un gran número de pozos, en el mismo lugar. Una vez en producción, la plataforma servirá para esa fase, además de almacenar el petróleo. Hay más

de 4.000 plataformas fijas en el mundo operando en estos momentos. Estas son como se dijo estructuras fijas, complejas y muy caras.

Las estructuras consisten de cuatro a ocho piernas que van enterradas en el lecho del mar. El área de trabajo debe ser suficientemente alta y fuerte como para resistir una tormenta "milénaria". La plataforma se halla diseñada de tal manera que puede perforar hasta 48 pozos a partir de la misma posición. En zonas

inhóspitas como en el Mar del Norte las estructuras son de cemento. Las piernas de la estructura son columnas de cemento. En este caso las mismas, además de soportar a la plataforma, se utilizan para almacenar el petróleo producido. El peso de estas estructuras es de 10 veces mayor que la de una estructura de acero y pueden operar en aguas de hasta 500 pies de profundidad.

1.2.3 Selección de equipos de perforación

Para elegir al equipo adecuado para una operación, el ingeniero debe considerar una serie de factores. Entre ellos podemos mencionar:

1. Profundidad total del pozo.
2. Tamaño del hueco a perforar.
3. Ubicación y naturaleza de la localidad donde se operará.
4. Peso máximo del casing que se correrá.
5. Tipo, peso y longitud de la sarta de perforación que se usará.
6. Tipo de densidad del lodo.
7. Volumen del sistema circulatorio.
8. Requerimientos de RPM para perforar.
9. Tamaño y capacidad de trabajo de los preventores.
10. Equipo de control de sólido requerido.
11. Elevación sobre el nivel del mar y la temperatura del lugar de operación.

Un análisis cuidadoso y detallado de todos estos factores ayudará en la elección del equipo ideal para cada trabajo. En caso de perforar una serie de pozos cercanos y de poca profundidad, la movilidad del equipo es un factor muy importante. No debemos pasar una gran cantidad de tiempo desarmando y transportando el equipo.

Elementos de la torre El objetivo principal de esta sección es dar a conocer los nombres y elementos además de su ubicación dentro de lo que sería la locación de trabajo en una torre de perforación y workover, entendiendo por workover a una operación de intervención en un pozo que ya esté operando o en producción, cuya finalidad es:

1. Cambiar la situación del pozo de inyección a productor.
2. Subir la producción por medio de un cambio de zona productora.
3. Cambio de bomba sumergible.

Sistemas de circulación

1. Tanques de lodo
1. Bombas de lodo
2. Tubería de conducción de lodos
3. Manguera a la unión giratoria
4. Bodega componentes para lado
5. Línea de retorno de lodo
6. Saranda (criva vibradora)
7. Desalviador
8. Desarenador
10. Degasificador
11. Tanque de reserva

Equipo de rotación

12. Unión giratoria
13. Junta kelly
14. Acople (bushing) del kelly
15. Mesa rotaria

Equipo de elevación

16. Bloque corona
17. Canasta o parrilla del enganchador
18. Mástil o torre
19. Bloque viajero
20. Gancho del bloque viajero
21. Elevadores
22. Malacate
23. Cabrestante (cabeza de gato)
24. Freno
25. Indicador de peso
26. Consola del perforador
27. Subestructura
28. Cables o líneas de perforación

Equipos de control de pozo

29. Preventor anular tipo Hydrill
30. Preventor B.O.P. anular y total
31. Unidad de acumulación de presión koomey
32. Válvulas múltiples (choke manifold)
33. Separador de gas

Sistemas de potencia

34. Plantas generadores de potencia
35. Tanques de combustible

Misceláneos

36. Caseta de trabajo (Perrera)
37. Pasarelas

2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS COMPONENTES

2.1 Sistemas de elevación y grúas

El propósito principal de este sistema es meter y sacar del pozo o agujero la tubería. Un cable de acero es enrollado en el carrete del malacate y cuando se pone a funcionar el malacate gira, dependiendo de la dirección que gire el carrete, el bloque sube o baja a medida que el carrete enrosca o desenrosca cable. Como la sarta de perforación se puede conectar al bloque, ésta sube y baja con él.

2.1.1 EL Malacate

Es un aparato que sirve para levantar grandes pesos, el cual consta de:

- a) Tambor giratorio, alrededor del cual se enrolla el cable de perforación.
- b) Engranajes, embragues, frenos, cadenas, poleas para transmitir y controlar la velocidad.
- c) Eje del Cabrestante o elevadores auxiliares, sobre el cual están montados los cabrestantes.
- d) Consola donde se instala el tablero de controles del perforador.

2.1.2 Transmisión Selectiva del Malacate

Es la que distribuye la potencia al tambor principal, al eje del cabrestante y a la mesa rotaria, se utilizan los siguientes tipos de transmisión.

2.1.3 Tipo de Cadenas y Rueda Dentada

Es el tipo más utilizado para poner en movimiento las diferentes partes del malacate. Se ubica en la parte posterior del tambor principal o se puede instalar separada. El circuito impulsor está constituido por la cadena en curva cerrada alrededor de los ejes, con la transmisión selectiva se consiguen hasta ocho velocidades hacia delante y dos de reversa.

2.1.4 Tipo de Engranajes

Son muy compactas y se encuentran en malacates pequeños. Generalmente se utilizan con convertidores de torsión, los cuales son dispositivos hidráulicos con numerosas relaciones que se ajustan en forma automática para lograr una velocidad máxima bajo una carga determinada.

2.1.5 Tipo Eléctrico

Utilizan un motor de tracción de corriente continua para obtener una variación de torsión y velocidad. Una reducción en la cantidad de corriente baja la torsión pero incrementa la velocidad o viceversa.

2.1.6 Eje del Cabrestante

El eje del cabrestante es un eje largo que va apoyando en cojinetes de rodillo dentro de la armazón del malacate. Este eje está accionado por una cadena que viene del eje de salida o eléctricamente por su propio motor. A ambos lados del eje se encuentran los cabrestantes, si el malacate tiene un tambor de cuchareo su tambor puede estar instalado en el eje. El eje está provisto de un embrague de desacople.

Los cabrestantes son tambores sencillos colocados en los extremos del eje que giran con él según figura 2.

Existen cabrestantes auxiliares separados, de tipo automático los tambores para los cabrestantes automáticos están conectados con mucha rigidez al eje del cabrestante y giran con él. Los tambores se encuentran montados sobre cojinetes de rodillos y provistos de embragues de fricción. El control de los embragues pueden ser manuales, hidráulicos o neumático.

2.1.7 Cabrestante de Enrosque

Puesto al lado del perforador, utiliza una cadena para llegar la unión roscada y posteriormente una tenaza de torque, es valedero decir que existe una persona especializada para esta operación llamado cadenero.

2.1.8 Cabrestante de Desenrosque

Colocado en el sitio opuesto al perforador se utiliza para aflojar las uniones roscadas de la tubería al sacarla cuando se hace una intervención en un pozo.

2.1.9 Bloque Corona

Es un arreglo de poleas montado en vigas, en el tope de la parte superior de la torre. La mayoría de los bloques corona tienen cuatro a siete poleas que pueden ser de 5 pies de diámetro y están montadas en fila o se hacen combinaciones en la dirección de las poleas para mejorar la eficiencia del sistema figura 3.

2.1.10 Bloque Viajero

El bloque viajero sube y baja entre dos posiciones en la torre o mástil. Éste lleva en su extremo inferior el gancho el cual soporta la sarta de tubería cuando avanza la perforación y los eslabones o brazos que sostienen los elevadores cuando entra y sale la tubería en el pozo.

La capacidad de los bloques viajeros han sido establecidos por el Instituto Americano del Petróleo y pueden variar de 5 toneladas a 650 toneladas. Existen bloques que tienen capacidad hasta para 2,250 toneladas, tiene las mismas características del bloque corona pues son elementos que se complementan en su trabajo figura 4.

2.1.11 El Gancho

Sirve para agarrar las diferentes piezas del equipo necesarias para perforar o hacer viajes redondos. El gancho gira sobre cojinetes en su caja soporte y puede fijarse en varias posiciones diferentes. Un fuerte resorte dentro del gancho amortigua el peso de la tubería de perforación para que la rosca de una unión entre tubos no se dañe al desenroscar. El gancho tiene dos cerrojos o candados de posición, el gancho está especialmente diseñado para acoplar la unión giratoria.

2.1.12 Los Elevadores

Son abrazaderas que sujetan firmemente la parada de tubería y consecuentemente la sarta de perforación o trabajo.

Los elevadores de tubería de perforación están asegurados al gancho por medio de eslabones o brazos. Existen en el medio tres tipos de elevadores .

- a) Elevadores de puerta central, diseñado para manejar Drill-pipe hombro cerrado y cónico, capacidad de 50 a 350 toneladas, tamaños de 2 3/8 a 6 5/8.
- b) Elevador de puerta lateral diseñado para manejar casing hombro cuadrado, Drill Pipe y Tubing con capacidad de 30 a 200 toneladas. Tamaños de 2 3/8 a 30 pulgadas.
- c) Elevador tipo cuña, diseñado para manejar Casing y Tubing.

Figura 2. Cabrestante



Figura 3. Bloque de poleas corona



Figura 4. Conjunto poleas bloque viajero



2.1.13 Mantenimiento de los Bloques, Ganchos y Elevadores

Lubricación de Bloques y Ganchos

Es importante la inspección periódica de los cojinetes de las poleas por medio de los engrasadores provistos para este fin, así como la lubricación semanal de los pasadores de las asas. El orden de las líneas del bloque viajero deberá invertirse de vez en cuando para emparejar el desgaste de las poleas.

Se debe inspeccionar el nivel de aceite del gancho, bloque viajero y el nivel de aceite de las cámaras debe ser mantenido tal como lo recomienda el fabricante.

Normalmente el nivel apropiado es cuando el cojinete principal queda totalmente sumergido.

Los elevadores deben ser periódicamente inspeccionados y lubricados especialmente los cerrojos y pasadores de bisagras figura 5

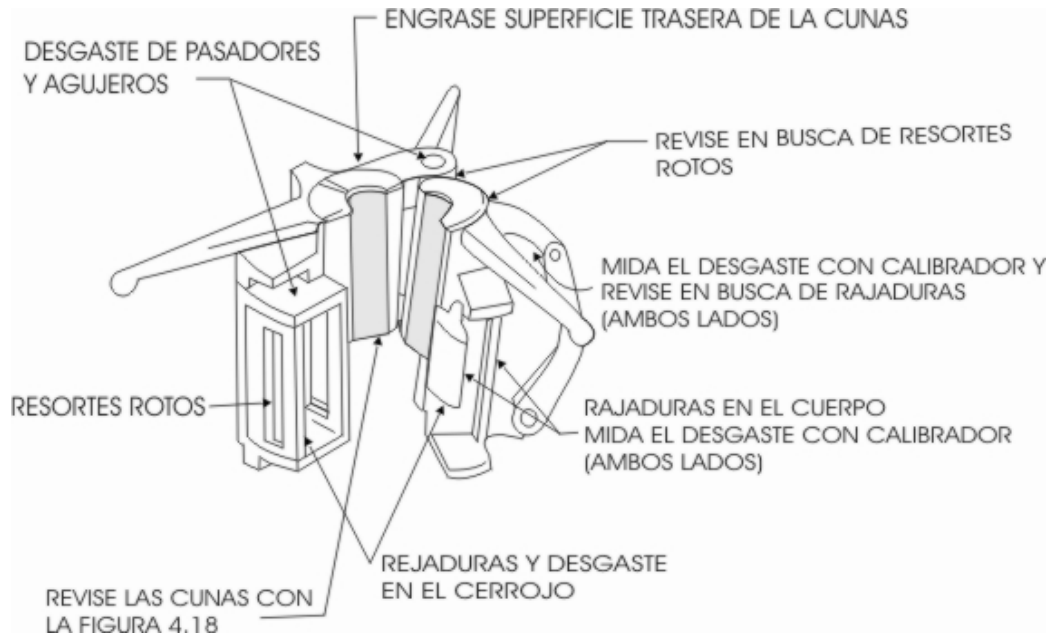
2.1.13.1 El Cable de Perforación

Generalmente está constituido de cable de acero de 1 1/8 a 1 1/2 pulgadas (2.86 a 3.81cm) en diámetro. Debido al movimiento constante de los alambres de acero dentro del cable. Unos rozando contra otros mientras viaja a través de las poleas en los bloques. El cable debe ser lubricado Figura 5. Para lograr la mayor economía con el uso del cable de acero en una instalación de perforación, el cable debe ser seleccionado de acuerdo con el peso que tendrá que soportar y el diseño de las poleas de los bloques.

El cable debe ser inspeccionado con frecuencia para asegurar que está en buenas condiciones. El cable de perforación debe ser movido periódicamente para que se desgaste igual en todos lados.

Figura 5. Elevador para tubería de revestimiento, producción y perforación tipo cuña

INSPECCIÓN:



MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Aplicar una capa de grasa en la superficie de desgaste del brazo del eslabón y perno del cerrojo.
3. Lubricar pasador de la bisagra.
4. Quitar toda seña de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.
5. Limpiar los dados. Reemplazarlos cuando se desprendan.
6. Apretar todo sujetador suelto.

El procedimiento para cortar el cable desgastado debe tomar en cuenta el uso o trabajo rendido por el cable de acero. El desgaste del cable de acero es determinado por el peso, distancia y movimiento de un cable viajando sobre un punto dado (toneladas millas), que es una medida de trabajo.

Para poder utilizar el cable de acero de perforación debe ser enhebrado figura 6 ya que lo que llega a la locación o emplazamiento es un tambor alimentador.

El primer paso que se lleva a cabo es tomar el extremo del cable y subirlo hasta la cima del mástil del bloque de corona.

Esta operación se repite varias veces hasta que se logra el número correcto de enhebradas. La operación de enhebrar se lleva a cabo siempre antes de levantar el mástil, el número de vueltas depende del peso que se va a soportar con los bloques. Mientras más peso más enhebradas son necesarias (número de líneas).

Una vez que la última enhebrada del cable se baja hasta el piso y se conecta el tambor del malacate figura 7. La parte del cable que se sale del malacate hacia el bloque de corona se llama línea viva, porque se mueve mientras se sube o baja el bloque viajero. El extremo que se corre del bloque de corona al tambor alimentador se asegura. Esta parte del cable se conoce como línea muerta, porque no se mueve, montado en la subestructura figura 7, se encuentra un aparato que se llama ancla del cable muerto. Esta ancla sostiene fijo el cable. Ahora el bloque viajero puede ser elevado del piso de la instalación enrollando cable con el tambor del malacate para bajar se suelta cable.

2.1.13.2 Construcción

El cable de perforación consiste de varios torones retorcidos en espiral alrededor de un núcleo. Cada hilo (toron) contiene varios alambres retorcidos helicoidalmente en varias capas. Los alambres y los hilos (torones) son pre-esforzados para ofrecer las siguientes ventajas a saber

Figura 6. Lubricación de Cable en el campo

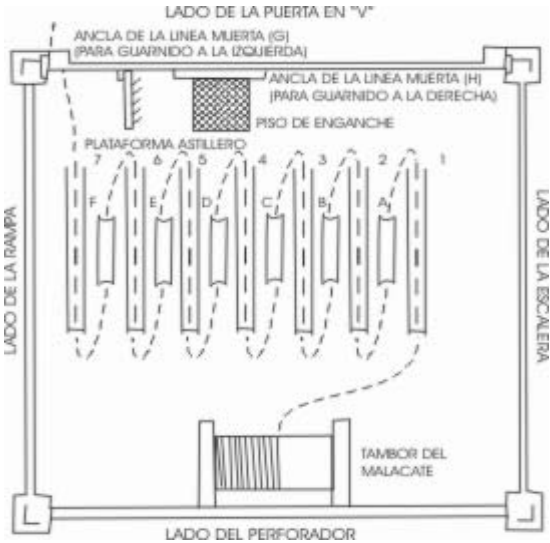
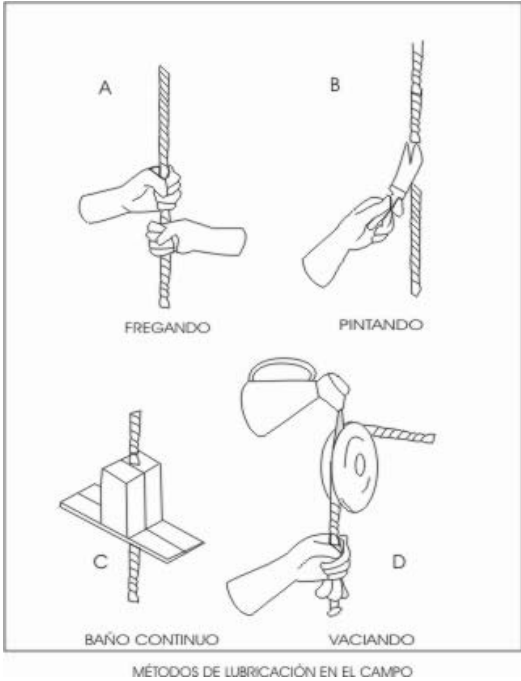
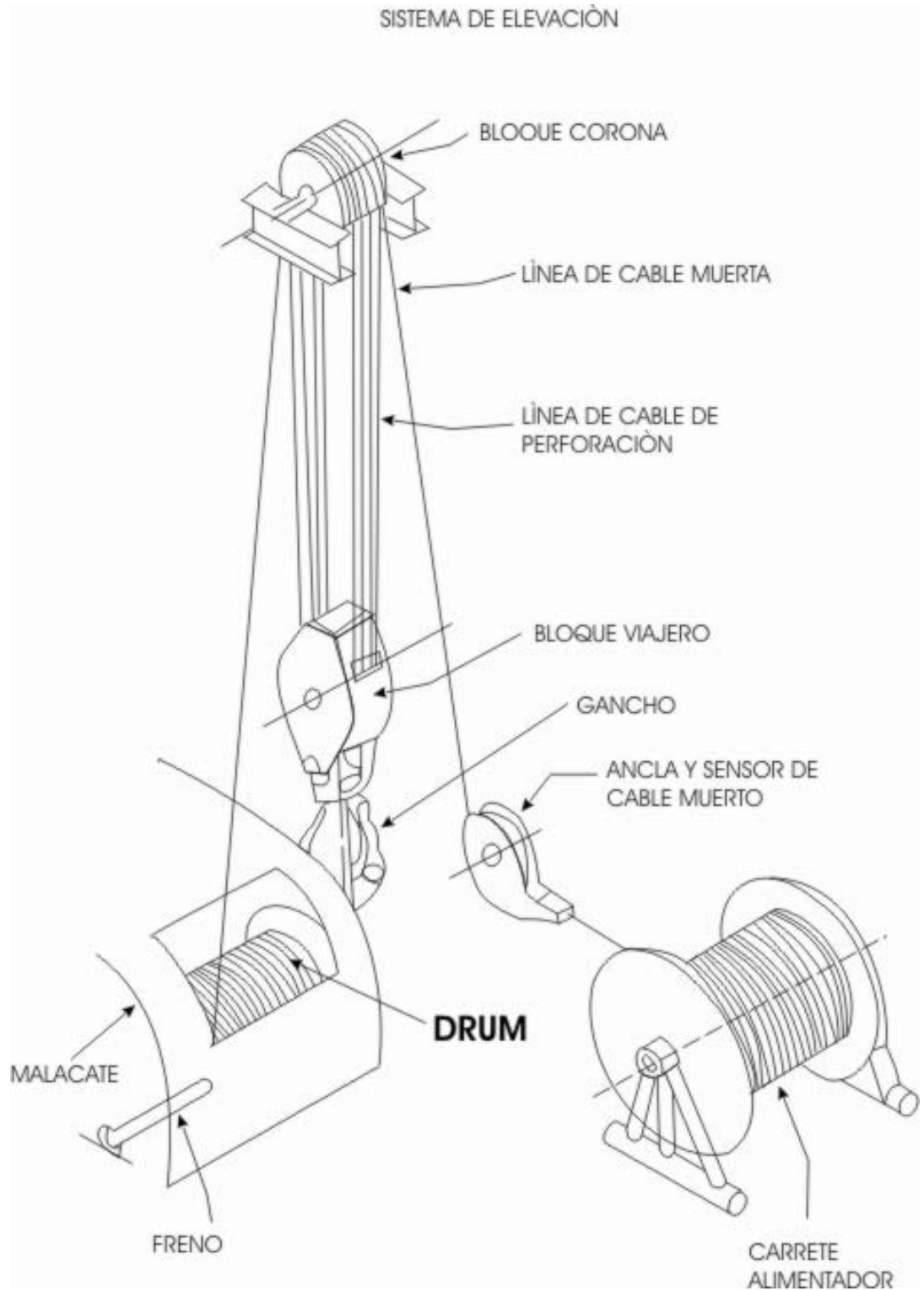


Diagrama típico del guarnido para 12 líneas con 7 poleas en el bloque de corona y 6 en bloque viajero; guarnido hacia la izquierda.

Figura 7. Componentes del sistema de Elevación



1. Mejor enrollado en el tambor del malacate.
2. No dañar el aparejamiento.
3. Conservar su forma si se rompen los alambres.
4. Que el extremo en el tambor no se atasque.

El núcleo del cable se utiliza para soportar los hilos (torones) que componen el cable de perforación.

Existen dos tipos de Núcleos

Fibra (Natural o Plástico)

Ventaja: Cable de perforación más liviano y más flexible con lubricación más efectiva (las fibras retienen la grasa).

Desventaja: El núcleo de fibra no constituye una resistencia a la ruptura del cable de perforación.

Alambres

Ventaja: Contribuye a la resistencia de la ruptura del cable también, a que mantenga su forma. Mejor resistencia a la distorsión.

2.1.13.3 Tipos de Hilos (Torones)

a) Tipo Seale

Las dos capas exteriores contienen el mismo número de alambres y están formados del mismo sentido. Se usan diferentes diámetros de alambre a fin de unirlos.

b) Tipo Relleno

Es un toron Seale pero contiene alambres de relleno que permiten mejor resistencia a la ruptura.

c) Tipo Warrington

La capa exterior tiene alambres de relleno de diferentes diámetros, que resultan en un toron redondo perfecto.

2.1.13.4 Diferentes sistemas de Torsión

a) Acolchado Regular: Los alambres retorcidos en una dirección y los torones en dirección opuesta.

b) Acolchado Lang: Los alambres y los torones son retorcidos en una misma dirección. Los tipos regular y Lang son disponibles con acolchado derecho e izquierdo. Para el mismo diámetro, el acolchado Lang es más flexible que el regular pero no es tan estable y tiene tendencia a destorcerse.

2.1.13.5 Factores que Afectan la Vida del Cable de Perforación

1. Aparejamiento sobre las poleas.
2. Desgaste de las poleas.
3. Enrollado sobre el tambor del malacate.
4. Enrollado sobre la polea del anclaje.
5. Falta de lubricación.

Función de Aparejamiento

El sistema de aparejamiento o enhebrado del cable por las poleas tiene como función:

1. Levantar cargas pesadas con el mismo esfuerzo de la línea rápida.
2. Distribuir la carga entre varias líneas.
3. Reducir la velocidad del bloque viajero

2.1.14 Potencia requerida en el sistema de Aparejamiento

La potencia requerida en el sistema de aparejamiento depende directamente de dos factores a saber:

1. El peso de la carga a levantar.
2. La velocidad del bloque viajero.

Esta potencia se dará por medio de la relación:

$$P_m = \frac{1,000 \times P \times V}{75} \quad \text{Entonces} \quad P = \frac{P_m \times 75}{1,000 \times V}$$

Donde

P_m = Potencia en caballos de vapor

P = Carga de toneladas

V = Velocidad del gancho en m/seg.

Ejemplos

- a) ¿Cuál sería la potencia en el gancho mientras se saca una sarta de perforación que pesa 88 toneladas a una velocidad de 0.5 m/seg?

Solución

$$P_m = \frac{1,000 \times P \times V}{75}$$

$$P_m = \frac{1,000 (88) (0.5)}{75}$$

$$P_m = 58606 \text{ cv.}$$

- b) ¿Cuál será la carga en el gancho sacando la sarta del pozo con 1,500 C.V. a una velocidad de 0.675 m/seg?

Solución

$$P = \frac{P_m \times 75}{1,000 \times V}$$

$$P = \frac{1,000 (75)}{1,000(0.675)}$$

$$P = 166.66 \text{ Ton.}$$

2.2 Sistema de Rotación

2.2.1 El Cuadrante

También llamado flecha o kelly. Es un tramo de tubería en forma cuadrada, hexagonal o triangular, generalmente de una longitud de 40 pies, cuyo objetivo es transmitir un movimiento de rotación de la mesa rotaria a la sarta de perforación o trabajo. El cuadrante es adicionalmente parte de sistema conductor del lodo de perforación.

2.2.2 Diseño

Las tablas de especificaciones que aparecen en las figuras 2, 3 4 y 5 han sido desarrolladas por el Instituto Americano del Petróleo, para el diseño y dimensiones de cuadrantes cuadrados y hexagonales.

2.2.3 La unión Giratoria

La unión giratoria está conectada a la válvula de seguridad y al cuadrante, esta unión permite que el cuadrante gire. Funciones principales de la unión llamada comúnmente swivel:

- a) Sostiene el peso de la sarta.
- b) Permite la circulación del lodo de perforación.
- c) Permite todo tipo de rotación sin ningún daño al aparejo.

2.2.4 Mantenimiento

El lubricado de la unión giratoria es fundamental y se debe seguir las instrucciones del Fabricante, se debe de llevar un control estricto sobre la cantidad de aceite para la lubricación, se debe lubricar las siguientes partes:

- a) Engrase de los sellos de aceite diariamente.
- b) Engrase de los pasadores de las asas diariamente.
- c) Mantener el baño de aceite a nivel recomendado.
- d) Engrase del tubo de lavado por lo menos una vez cada turno si hay maniobra.

2.2.5 Características de la unión giratoria

Consiste de un conjunto de caja de estopas, que es un cilindro, caja enroscada hacia la izquierda, que se enrosca en el vástago, dentro se encuentra empaques y el tubo de lavado encima.

2.2.6 La Mesa Rotaria

La mesa rotaria tiene específicamente dos funciones, por medio de las cuñas soporta la sarta de perforación suspendida en el pozo mientras se enrosca o desenrosca tubería, además mientras gira transmite el movimiento de rotación al Kelly. Cuando la perforación avanza, la mesa rotaria gira hacia la derecha, en el sentido de las manecillas del reloj. Cuando se saca tubería, la mesa rotaria sostiene la sarta de perforación con cuñas durante los intervalos.

Cuando se han soltado las uniones se puede girar la rotaria a la derecha y con esa rotación la unión se desenroscará, para enroscar una unión se fija la rotación de la mesa por medio de topes diseñados para bloquear el movimiento de rotación en la mesa, estos topes son llamados perros o seguros.

2.2.7 Accesorios y Diseño

Dentro de los accesorios podemos mencionar el buje maestro que es el asiento extendido para las cuñas, se encuentra seccionado en dos partes con perfil cónico interior y molde cuadrado de tracción en el extremo superior.

Dentro de las características de diseño podemos señalar que la mesa tiene una superficie plana y limpia, con un emparrillado antideslizante. Los dispositivos para la lubricación, tales como, engrasadores, varilla medidora, tapón de

alimentación y tapón de drenaje del depósito de aceite quedan colocados en cavidades de la estructura de la rotaria.

2.2.8 Lubricación

Las mesas rotarias pueden tener uno o dos depósitos para el aceite. Para mayor duración en buenas condiciones del aceite hay que tener especial cuidado en mantener los sellos en buenas condiciones y reemplazarlos si se deterioran.

Las boquillas de engrase están en lugares que requieren lubricación o en algún punto central de la mesa, no se debe colocar grasa en las boquillas de alivio.

Buje de Transmisión del Cuadrante Es un dispositivo que va colocado directamente sobre mesa rotaria, y por medio del cual pasa el cuadrante. Es parte de la mesa rotaria.

El acoplamiento se efectúa ya sea por medio de pasadores impulsores fijados en la base del buje del cuadrante y que encaja en orificios perforados en la parte superior del buje maestro, figura 8 o por medio de un resaltado cuadrado en la base del buje de transmisión del cuadrante que encaja en la correspondiente del buje maestro. Cuando el cuadrante es desconectado de la sarta de perforación y se coloca en la funda protectora el buje del cuadrante se transporta junto con el conjunto. Figura 8.

El Buje Maestro El buje maestro sirve para acoplar el buje de transmisión del cuadrante con la mesa rotaria y proporciona la superficie ahusada, cónica, para sostener las cuñas cuando éstas sostienen la tubería figura 8.

Desgaste Los efectos de las mesas rotarias, bujes maestros y cuñas desgastadas, tienen un efecto nocivo en la sarta de perforación ó en la sarta de

producción a la hora de estar corriendo la tubería al pozo se debe de poner especial cuidado en las tolerancias que manejan estos elementos, ya que son los elementos de soporte para todo tipo de carga o trabajo de la torre.

2.3 Sistema de Potencia

Se pueden generalizar en el sentido de decir que la mayoría de los equipos de perforación y workover en territorio guatemalteco tienen como fuente de su potencia motores de combustión interna movidos por diesel. Según sea el arreglo o diseño de los sistemas de potencia existirán arreglos de generadores de potencia eléctrica así:

- a) Dos motores diesel para mover generadores de electricidad los cuales dan potencia eléctrica a: Motores de 1 a 75 Hp, la iluminación general, equipos de detección de gas, compresores y equipos de comunicación, por lo general se utilizan motores GM 6-71 o CAT 3412.
- b) Tres o cuatro motores diesel para mover generadores que dan suministro de potencia al malacate, bombas, compresores y todo equipo de la torre, por lo general motores CAT 399.

Instalación Mecánica de Transmisión Diesel- Mecánico

En una transmisión mecánica en que la energía es transmitida desde los motores al malacate, bombas y otras máquinas a través de un ensamblaje conocido como la central de distribución o compound. La central está constituida por embragues, uniones, ruedas de cabillas, correas, poleas, ejes . En nuestro medio tenemos dos motores para la alimentación de potencia para el malacate, mesa rotaria y elementos que se encuentran en el camión o plataforma, además de los

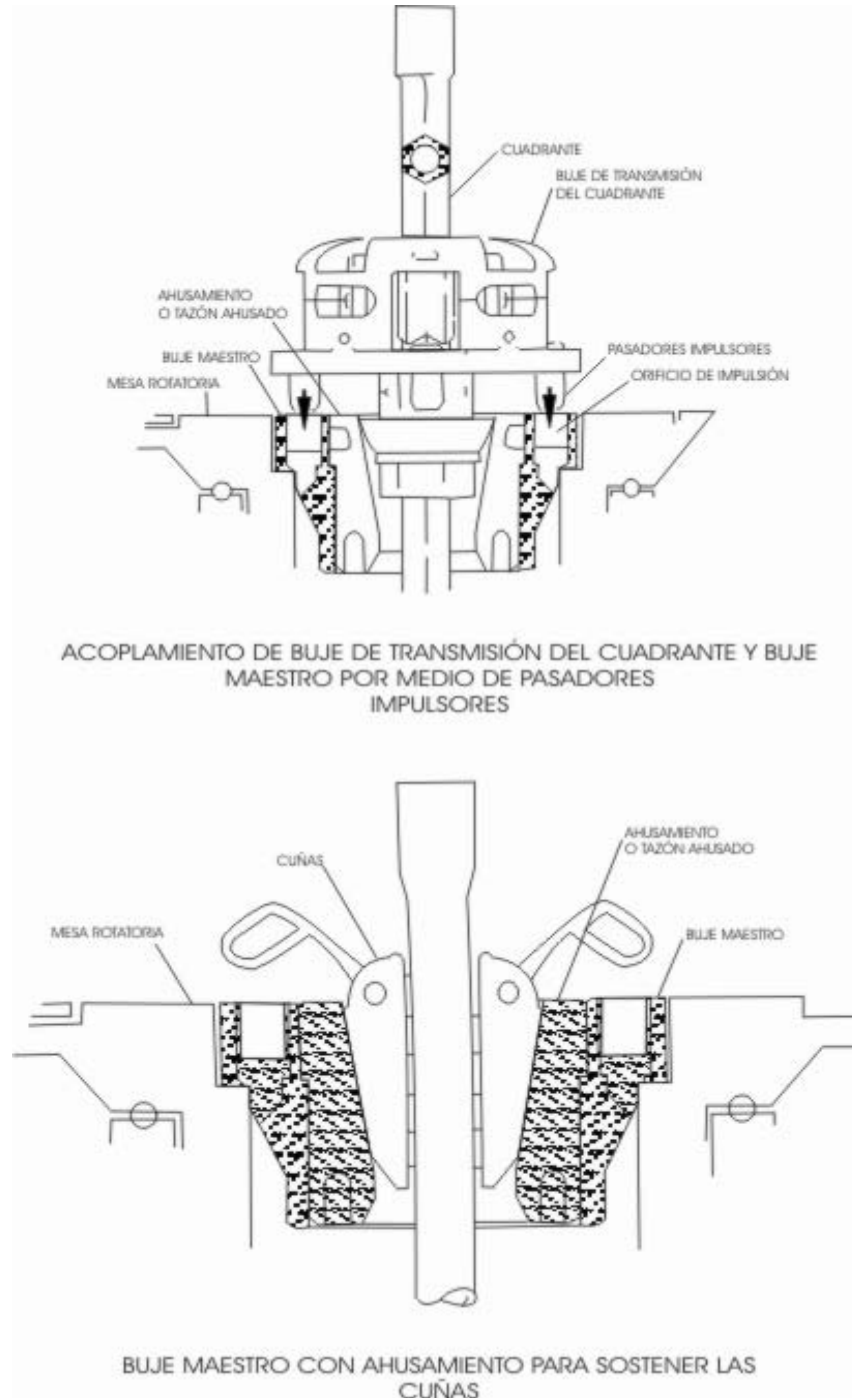
respectivos motores para las bombas de lodos, motores individuales para mezclado de lodos, para estos últimos tenemos motores GM-4. 7l.

2.4 Sistema de Circulación de Lodos

La barrena y la columna de perforación se han diseñado para conducir lodo (o fluido de perforación) de la superficie hasta el fondo del pozo. Este fluido regresa a la superficie a través del espacio anular que rodea la columna de perforación. La circulación del fluido, la cual continúa siempre que se está perforando el pozo, suministra enfriamiento, limpieza y, en cierto grado, lubricación a la barrena. La circulación del fluido es la clave del sistema de perforación rotaria.

Al comenzar la perforación, el fluido de perforación puede componerse de agua. A medida que la barrena va moviendo el suelo y soltando ripios en el agua, ésta se convierte en lodo o barro. El tratamiento del lodo con agua y compuestos químicos se discutirá detalladamente más adelante.

Figura 8. Acoplamiento del buje maestro para sostener la tubería



2.4.1 Circulación del Lodo

Ya que el bombeo del lodo de circulación es operación sin fin, hay que seleccionar un punto de partida para iniciar la discusión. Es conveniente empezar con el tanque de succión.

Al comenzar la perforación, el tanque se llena de agua (a veces mezclada con pequeña cantidad de bentonita). La conexión de succión de la bomba (generalmente una manguera de 8" de diámetro) permite el paso del fluido dentro de las cámaras de la bomba. Impulsado por ésta, el lodo pasa a través del tubo parado y la manguera, para llegar a la unión giratoria.

De la unión giratoria se encausa a través del cuadrante y la columna de perforación para limpiar la barrena y acarrear los ripios. Su curso hacia la superficie es a través del espacio anular ya referido. Al salir del pozo, el lodo se encausa a través de un tubo conducto por una criba (que saca los ripios) a un tanque o una fosa de asentamiento o decantación. Aquí se detiene un rato para que asienten la arena y otros materiales granulares. Luego regresa al tanque de succión.

El tratamiento del lodo, y el aumento de rendimiento que se consigue mediante su fuerza hidráulica, son asuntos de importancia mayor en la perforación.

El enganchador de la cuadrilla generalmente es el encargado del manejo del sistema de circulación del lodo.

Las bombas de lodos desempeñan un papel tan importante en la perforación que es conveniente mencionarlas brevemente en esta sección.

Capacidad adecuada de bombeo puede ser el factor más significativo para conseguir la velocidad deseada de perforación.

La fuerza hidráulica que producen las bombas puede utilizarse para aumentar la velocidad de perforación en un 100%. El equipo de bombeo generalmente consiste de dos bombas de capacidad alta, y una más pequeña que se mantiene en reserva para emergencias y que puede utilizarse mezclando los componentes del lodo en el sistema de superficie.

Con la sola excepción de la subida de la columna de perforación, la operación de las bombas requiere un número mayor de caballos de fuerza que todas las demás operaciones combinadas.

Así, como es el caso referente a todo el equipo de perforación, la bomba está sujeta a condiciones rigurosas de operación. Perforación rutinaria puede requerir presión de bomba de 1,500 psi. Muchas veces esta cifra asciende a 3,000 psi.

Es fácil comprender que el mantenimiento adecuado de las bombas es un deber cuya importancia es vital para la buena eficiencia en la operación de perforación.

Apuntes Sobre la Operación de Bombas

2.4.2 La Carga de la Succión

Al instalar la bomba y el tanque de succión, la cuadrilla debe tener siempre en cuenta que, para realizar rendimiento adecuado de la bomba, se ha de suministrar carga positiva de succión. Es decir, el nivel del lodo en el tanque de

succión debe mantenerse más elevado que la entrada de succión de bomba. Por deseable que sea esta práctica no es posible cuando la bomba toma de una fosa cavada en el suelo. El uso de fosas cavadas va disminuyéndose hoy en día.

Siempre que se precise el uso de una fosa, la bomba debe colocarse al nivel de su borde. Este modo de instalar la bomba es común, aunque la potencia para accionarla se deriva de una máquina motriz instalada sobre la estructura a una elevación de 10 a 20 pies sobre la superficie del suelo.

2.4.3 El Manifold de Descarga

En pozos críticos el taladro será equipado con por lo menos con dos bombas. Para abastecer el barreno o taladro con volúmenes máximos de lodo, el manifold de descarga debe permitir operación en paralelo de ellas. En cambio, el suministro de presión máxima requiere una instalación en serie. Es decir, la succión de una bomba debe conectarse a la descarga de la otra.

2.4.4 La pérdida de presión

Para evitar pérdidas indebidas de presión del lodo a través de las tuberías de descarga y el manifold. Estos conductos deben evitar en cuanto sea posibles restricciones interiores, codos, cambios de dirección abrupta, válvulas sin aberturas completas y cualquier resistencia al flujo libre.

Cambios de forros o camisas. Las bombas de lodo que se emplean en la perforación son de tipo recíproco de efecto doble o triple. La mayoría son accionadas por máquina motriz de combustión interna.

Los movimientos de los pistones en los dos cilindros cargan y descargan estos alternativamente. Para cada uno de los cilindros hay cuatro válvulas, dos de

succión y dos de descarga las hay de tres pistones con 6 válvulas así 3 de succión y 3 de descarga ahora las mas usadas.

La superficie interior de los cilindros consiste de un forro removible. Se suministran forros de varios diámetros y grosores de pared. Para cada forro, hay un pistón de diámetro apropiado. Para bombear volumen de presión baja, se instalan forro y pistón de diámetro mayor, hasta 8". Al profundizarse el pozo, hay un aumento correspondiente en la presión de bombeo. Par vencer la presión, se instalan forro y pistón de diámetro intermedio. Por consiguiente, el gasto de la bomba disminuye a medida que se aumenta la presión.

Pozos muy profundos precisan presión muy alta. Esto requiere un forro y pistón de diámetro mínimo y el gasto disminuye aún más.

En el caso de bomba movida por vapor, la velocidad de la bomba, es decir, el número de recorridos por minuto, puede ajustarse mediante aumento o disminución del volumen de vapor usado. Cuando el accionamiento de las bombas es por máquina motriz, la velocidad tiende a ser constante. En tal caso el gasto de la bomba se ajusta solamente cambiando los forros.

2.4.5 El Colador o Filtro

La bomba viene equipada con un colador de succión que remueve toda clase de materia extraña del lodo entrante. Las aberturas del colador pueden taponarse con basura, impidiendo la entrada del lodo. A veces la bomba es equipada con colador de descarga, el cual queda taponado del mismo modo.

La inspección y limpieza del colador es buena práctica en todo momento que no funcione la bomba.

2.4.6 El Prensaestopas

Las fugas de lodo a través del prensaestopas constituyen un defecto en la operación que es fácil remediar. No obstante, si continúa por largo tiempo, puede dañar el vástago del pistón.

El enganchador puede evitar esto apretando las tuercas del prensaestopas en cuanto el empaque se afloje. Además, puede abastecer un chorrillo de agua al vástago, ya que el agua es un buen lubricante para eliminar fricción entre el caucho del empaque y el acero del vástago.

3. EQUIPOS DE TORRES EN PISO Y ACCESORIOS

3.1 Indicadores de Peso, Torque y Presión

3.1.1 Indicadores de Peso permite como su nombre lo indica conocer:

- a) El peso de la sarta de trabajo suspendido.
- b) El peso sobre el barreno para perforar.

Una característica muy importante de estos aparatos de medición para el operador es cuando el barreno (broca, mecha, trepano, bit con el mismo significado) no apoya sobre el fondo la lectura será el peso aparente más el equipo de maniobra. Cuando la broca esté apoyada en el fondo del pozo la lectura será la diferencia en las lecturas que dará como resultado el peso sobre la broca.

El principio básico del indicador de peso consiste en que mide la tensión del cable muerto de perforación esto se puede lograr por medio del sensor que está colocado en el ancla, fijada al piso, del cable muerto; el sensor transforma la carga del cable muerto en presión hidráulica conducida a través de una manguera al reloj colocado en el panel del perforador para su fácil interpretación. Vale la pena mencionar que deben tomarse en cuenta las indicaciones del fabricante en lo que se refiere al fluido hidráulico de trabajo.

La mejor forma de verificar si el indicador de peso está correctamente graduado es la de revisar el peso indicado cuando las cuñas estén puestas en la mesa rotaria puesto que la aguja del indicador debe marcar el peso del bloque

viajero, más las extensiones o brazos y el elevador. Por lo tanto se debe conocer el peso de éste conjunto.

Otra precaución que debe tomarse es cuando se estén haciendo viajes o maniobras se debe de cerrar la válvula identificada con Vernier, la cual permite que el fluido hidráulico llegue hasta el mecanismo de la escala exterior del peso sobre la broca, de no tomar ésta consideración el indicador de peso perderá la calibración debido a las vibraciones de la consola durante la maniobra.

Una vez armado el equipo, al conectar la instrumentación hay que cerciorarse de que no exista aire dentro de la línea que va del sensor al indicador del peso (reloj) ya que daría lecturas erróneas. Algo muy importante es verificar que las agujas del indicador se muevan libremente.

Los relojes o medidores tienen diferentes presentaciones por ejemplo: dependiendo de la capacidad del ancla del cable muerto, tipo E que utiliza ancla National, Modelo E. Tipo D usa ancla Hércules Modelo 119. Con respecto a su funcionamiento está basado en el tubo de Bourdon:

- a) Movimiento, articulado
- b) Una sección dentada
- c) Corona dentada y aguja

Para equipos el indicador de peso E soporta pesos en la línea de cable muerto hasta de 75,000 libras y se utiliza para bloque con enhebrado con 6, 8, 10 o 12 líneas. Para equipos más pesados existe el modelo EB con una capacidad de carga de 1000,000 libras en la línea muerta y coronas diseñados para enhebrados con 14 líneas para pozos muy profundos.

Indicadores de torque para conexiones Por definición tenemos que el torque de roscado es el valor de la fuerza de torsión aplicado a dos partes de una conexión conforme se atornillan y las unidades con que se expresa están dadas el Kilogramo-Metro o libras (fuerza) pie.

La instalación del indicador de torque debe realizarse de tal forma que el cable donde está ubicado el sensor y el brazo de la llave de tenazas forman un ángulo de 90 grados. No se debe olvidar que la torsión indicada en la escala del indicador se debe multiplicar por el largo del brazo de la llave, un detalle importante es que existen varios modelos de llaves de tenazas, son fabricados con brazos de largos distintos por ejemplo las llaves BJ tipo B que tienen diferentes longitudes que sería un factor determinante en el valor del torque aplicado en las conexiones.

3.1.2 El indicador de torque

para conexiones requiere normas de mantenimiento sencillas, que son dadas por el fabricante en esta caso Martín Decker existen varios tipos entre ellos tenemos.

El tipo P 325-E con 6.53 pulgadas cuadradas, capacidad para 25,000 libras.

El tipo P 265-D con 4 pulgadas cuadradas, capacidad de 20,000 libras.

Mantenimiento se pueden tener anomalías tales como pérdidas de fluido en el pistón y fugas en el sistema de conducción de los fluidos hablese de mangueras o líneas de tubería sólida.

3.1.2.1 Pasos de llenado del sistema

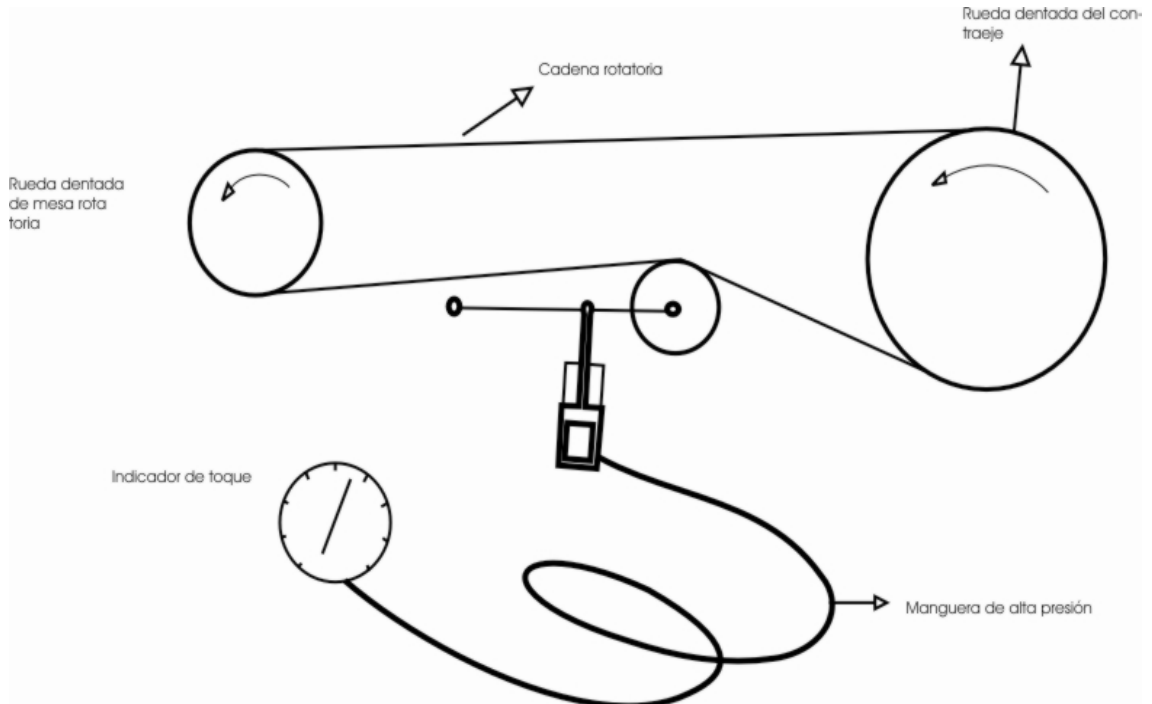
- a) Saque los tornillos de apriete.
- b) Limpie y engrase el exterior.
- c) Ponga el pistón en posición vertical, purgue el aire y bombee el líquido especial Martín Decker W-15.

La figura 9 muestra un sensor o pistón.

Indicador de Torque Rotatorio Del tipo llamado Hidromecánico, cuyo principio operacional consiste en la toma de la medida de la tensión en la cadena de transmisión de la mesa rotaria se compone, de tres elementos a saber:

- a) Cilindro hidráulico equipado con una rueda de hule que transmite la presión al pistón.
- b) Manguera de alta presión.
- c) Manómetro o reloj en la consola del perforador.

Figura 9. Sensor o pistón



Con respecto al cilindro de presión podemos decir que consta de: una Unión universal que sujeta la rueda con hule, cilindro de presión con pistón y empaque, además una conexión para la manguera de presión.

3.1.3 Mantenimiento

3.1.3.1 Calibración del sistema

- a) Mantenga la cadena rotativa lejos de la rueda guía, dé vuelta al disco moleteado al lado del manómetro hasta que el cuadrante indique cero.
- b) Vuelva a poner la cadena en la rueda guía.

- c) Bombee aceite del instrumento con bomba manual a partir de la válvula de chequeo hasta que el manómetro indique 75.

3.1.3.2 Rueda Guía

- a) No es necesario lubricar la guía.
- b) Frecuentemente, por lo menos cada ocho días, verifique la alineación de la rueda así como las condiciones de la rueda. Particularmente, debe hacerse la verificación cuando la mesa rotaria ha sido cambiada de posición.

3.1.4 Indicadores de Presión de Bomba

La presión de la bomba o presión de circulación del lodo de perforación está indicada por diferentes tipos de manómetros, ubicados en varios lugares del equipo para tener varios puntos de control.

En caso de pérdida de presión por ejemplo, en el manómetro que registra el comportamiento del lodo en el manifold del (Stand-pipe) el primer paso antes de parar la bomba es de verificar si hay presión de circulación en otro manómetro.

El manómetro más preciso del taladro es probablemente el de la consola del choke hidráulico.

Una vez se determina que la fuente del problema proviene del manómetro o de su sensor, es preferible verificar el sensor y su diagrama, ya que estos fallan en un 90% de todos los casos.

Se debe verificar de inmediato si hay presencia de lodo dentro de la manguera de alta presión entre el manómetro y el sensor. Al haber lodo dentro de la manguera esto pronto dañará el manómetro. Luego abrir la tapa del sensor y revisar el estado del diafragma. Cuando se cambia el diafragma, cerciorarse que el tornillo que lo sostiene no esté demasiado apretado.

La causa mayor de daños al diafragma es la instalación incorrecta.

El manómetro está provisto de un amortiguador (damper) de bronce. Cuando la aguja empieza a moverse libremente durante la perforación, la apertura de la válvula del amortiguador debe cerrarse o ajustarse.

3.1.4.1 Elementos del Indicador de Presión del Lodo

Se compone de tres elementos:

- a) El diafragma (cámara de pulsaciones)
- b) Instrumento de lectura.
- c) Manguera de la presión.

3.2 Degasificador, Desarenador, Desaluvador.

3.2.1 El degasificador

El degasificador atmosférico Drilco See-floo standard o de gran volumen consta básicamente de una bomba centrífuga sumergida, patentada, y de un tanque degasificador elevado. El ducto en espiral hace que el lodo forme un remolino arriba del centro del impulsador por efecto de la bomba. El gas se separa del lodo arremolinado en el impulsor sube por el eje y se descarga en la atmósfera como se aprecia en figura 10.

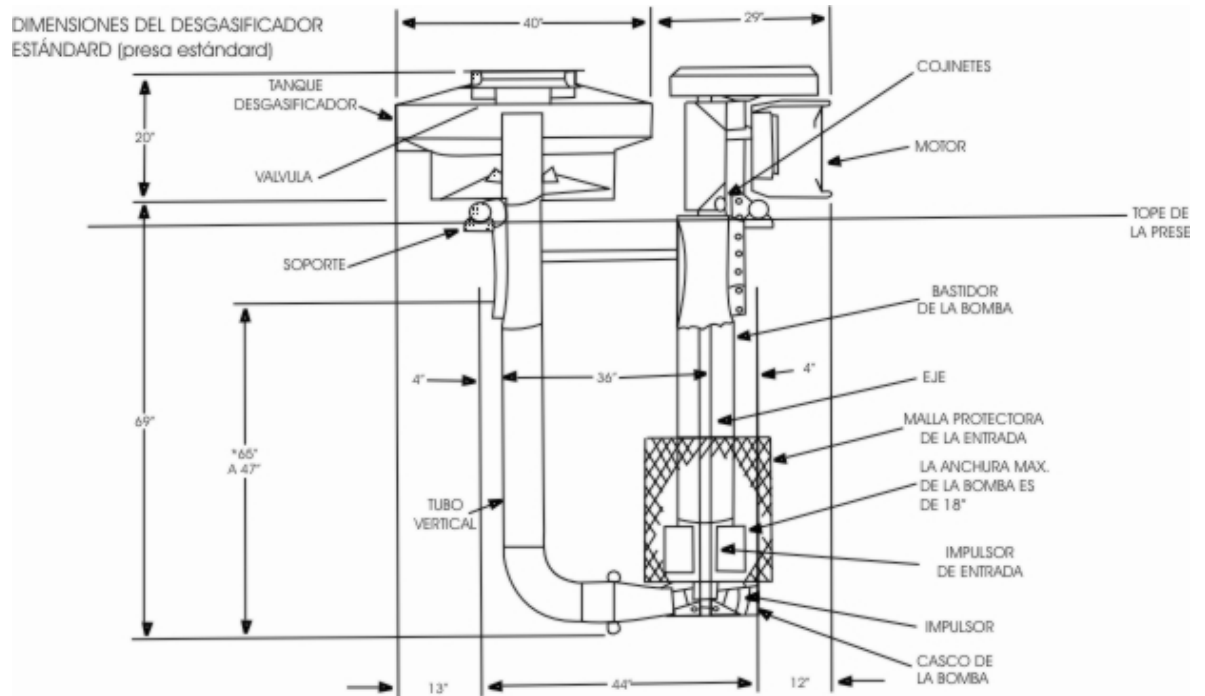
La descarga del casco de la bomba fluye hacia arriba por un montante, pasa por una válvula ajustable de disco que la atomiza y cae en el tanque desgasificador. La velocidad del lodo aumenta en la válvula y el lodo golpea contra la pared del tanque. El impacto, que reduce la viscosidad del lodo, y la fuerza centrífuga que se genera al circular el lodo contra la pared del tanque, hacen que las burbujas de gas se desprendan y suban a la superficie donde pueden escapar.

El lodo baja a la base del tanque de atomización y fluye por gravedad a través de un canal a las balsas de lodo.

3.2.2 Desarenador y Desaluvador

Estos dos elementos son considerados accesorios para mantener la configuración del lodo de perforación ya que en términos generales diremos son depuradores de lodo que consiste en varios hidrociclones (cónicamente formados) de diferentes tamaños como 6, 8 hasta 12 pulgadas, que se encuentran instalados en un marco, dependiendo de la capacidad. La función principal es separar sólidos del fluido de perforación por movimiento centrífugo.

Figura 10. Desgasificador



* Para el modelo de presa profunda, añada 24" a estas dimensiones

Modelo de Desgasificador	Tamaño del Modelo	Datos Del Motor Del Desgasificador					KW. A Plena Carga
		Motor HP. Veloc. Sin Carga	Ciclos (HZ)	Voltios	Amps. A plena carga		
Estándard	Presa Estandard	7 ½ HP. 1800 rpm	60	230	21	6.5	
				460	10.5		
		7 ½ HP. 1500 rpm	50	220	22		
	Presa Profunda	10 HP. 1800 rpm	60	230	26	8.3	
				460	13		
		10 HP. 1500 rpm	50	220	27		
Sistema de Desfogue		½ HP. 3600 rpm	60	230	1.95	43	
				460	0.95		
		½ HP. 3000 rpm	50	220	2		
				380	1.15		

Una bomba centrífuga se usa para alimentar una apertura tangencial en el extremo más grande del depósito en forma de cono. Otra definición sería que es un removedor de limo de fino tamiz, el lodo normalizado rebalsa del removedor del limo y vuelve al sistema de circulación figura 11.

El Desalviador tiene como característica distinta que los hidrociclones en el desalviador son más pequeños y más numerosos que en el desarenador. Los separadores hidrociclónicos operan en forma similar. Con tamaños diferentes 2, 3 y 4 pulgadas.

Este equipo es necesario para el correcto control de los sólidos en el sistema de circulación, en la mayoría de equipos para perforar existen mas accesorios como una bomba centrífuga de tal manera que se hace mas eficiente el control, en las torres de workover no existen este tipo de accesorios mas que mezcladores para mantener un lodo homogéneo.

3.3 Transmisiones, Frenos y Embragues

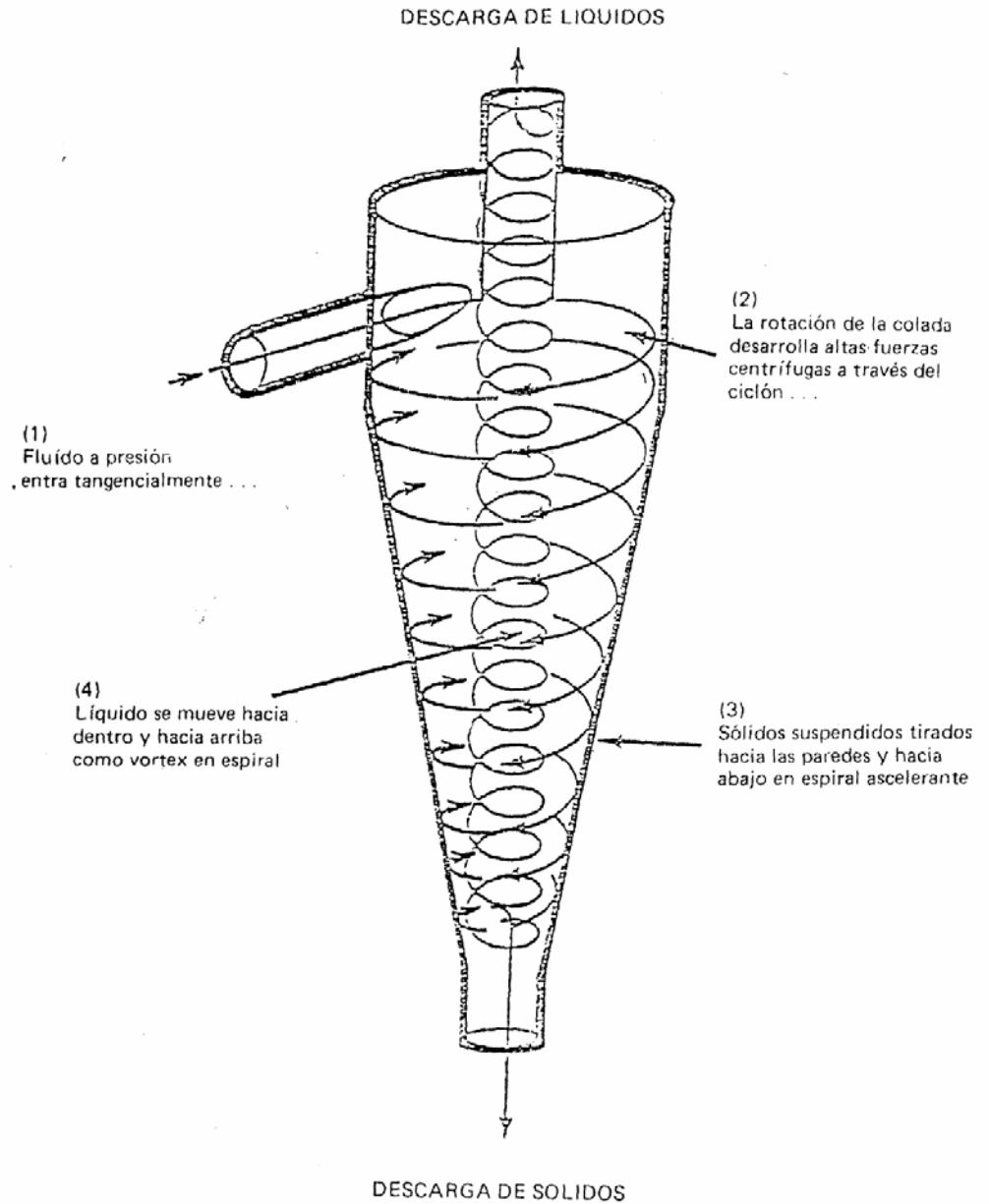
En equipos de perforación diesel se compone de 2, 3 o 4 compounds conectados por cadenas de rodillos, los componentes de un compound tenemos:

- a) El motor fuente del movimiento.
- b) Convertidor del torque.
- c) Embrague de piñones.
- d) Cadenas

Como su nombre lo indica su función principal es transmitir la potencia desde los motores a los componentes de la perforación.

El convertidor de torque se encuentra conectado entre el motor y las transmisión su funcionamiento es accionado hidráulicamente para dar cierta flexibilidad y que no exista daños en los motores.

Figura 11. Desarenador, desaluvador



3.3.1 Embragues

Los embragues tienen todos la misma función, acoplar y desacoplar un eje motor y otro que tiene que ser movido en la plataforma de perforación, se utilizan los siguientes lugares:

- a) Entre el compound y las bombas.
- b) Entre los motores y el compound.
- c) Dentro del compound
- d) Entre el compound y la transmisión del malacate.
- e) Dentro de la transmisión.
- f) Entre la transmisión y el lado de alta velocidad del tambor del malacate y el lado de baja velocidad.
- g) En los cabrestantes.
- h) En la transmisión de la mesa rotaria.

El tipo dependerá de su posición, espacio disponible y conocimiento de funcionamiento. Los embragues usados en malacates son por lo general del tipo positivo, de fricción y de rueda libre, existiendo además otras formas de descripción tales como:

- a) Tipo Airflex, cámara de aire.
- b) Airdisc, disco de fricción.
- c) Mecánico de quijada.

El Airflex consiste de una corona en cuyo interior hay una cámara de caucho con bloque de revestimiento fuerte o sea fibras de asbesto, cuando introducimos aire la cámara se expande y presiona contra el tambor en movimiento, existen

presiones mínimas de aire con que se puede trabajar pudiendo generalizar que con presiones menores de 50 libras por pulgada cuadrada no responderá bien este sistema.

El sistema air-disc consiste de varias planchas y discos de fricción prensados contra el tambor por medio de diafragmas de caucho o cámaras de aire (pistón). Una Válvula de control de aire se usa para enganchar o desenganchar el embrague, puede ser accionado con el elemento impulsador en movimiento.

El embrague de quijada consiste en dos partes mecánicas similares conectadas una con otra por medio de un pistón de aire o por medio de una palanca, se puede accionar siempre y cuando el elemento como el impulsado estén inmóviles.

3.3.2 Frenos

3.3.2.1 Frenos del Malacate

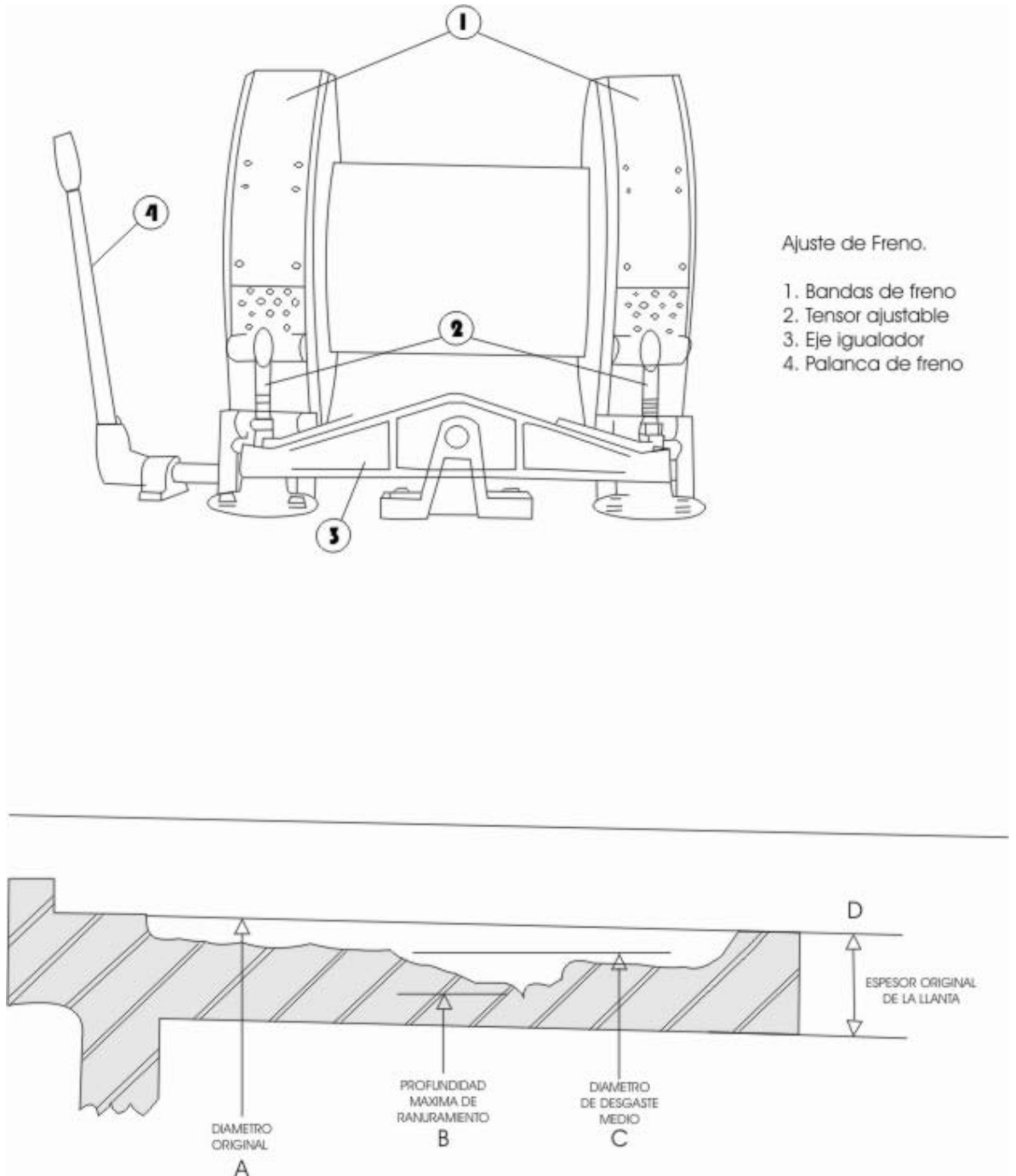
Los frenos del tambor del malacate generalmente son mecánicos. Un freno auxiliar, que se utiliza para disminuir la velocidad descendiente del bloque viajero que puede ser hidrodinámico (accionado por agua) o electrodinámico (accionado por electricidad).

3.3.2.2 Frenos Mecánicos

Los frenos del tambor son los que maneja el perforador mediante una palanca. Toda la banda se aprieta alrededor de la pestaña del tambor, haciéndolo que disminuya su velocidad o parar por efecto de fricción figura 12.

El sistema está diseñado para trabajar con mayor eficiencia durante el movimiento descendente. Cuando el bloque viajero sube se debe calcular más tiempo para detener el movimiento del bloque viajero, ya que al ir éste en ascenso y detenerlo bruscamente puede ocasionar que el cable que está enrollándose en el carrete del tambor o malacate haga saltar la abrazadera del cable de acero que lo sujeta provocando un accidente peligroso y ocasionando el deterioro del cable.

Figura 12. Elementos del sistema de frenos y desgaste



En la parte frontal del malacate las bandas están sujetas con pasadores articulados a una armadura fija llamada igualador, que a su vez está firmemente adherida al bastidor del malacate al nivel del centro del tambor.

La función del igualador es asegurar que cada una de las bandas del freno reciba la misma tensión. Este igualador hace también pasar toda la carga a una banda en caso que la otra fallara.

El revestimiento del freno está constituido por almohadillas de freno (fibra de asbesto) que se encuentran remachadas a las fajas profundamente, los remaches no pueden hacer contacto con la superficie de la superficie liza del tambor. El contacto de fricción de las almohadillas del freno a las bridas produce elevadas temperaturas por lo que hace necesario un sistema de enfriamiento.

3.3.2.3 Enfriamiento de los Frenos

Los frenos se enfrían con agua dulce y limpia que circula a través del eje del tambor hacia las llantas de los frenos. El agua debe moverse en un circuito y bomba independiente o sea que no debe ser impulsada por el compound, pues en el momento de esta maniobra metiendo tubería el compound estará trabajando a bajas revoluciones y en contraste es el momento en que se requiere más capacidad de enfriamiento en los frenos.

3.3.2.4 Norma importante de operación

Debe de tomarse en cuenta que el enfriamiento de los frenos debe estar siempre funcionando ya que un descuido del perforador o asistente en la no puesta en marcha de éste sistema haría que el agua entrara al sistema con los tambores a una alta temperatura y los tambores podrían fallar por choque térmico en fractura,

el vapor resultante podría ocasionar avería en la camisa exterior donde circula el agua.

3.3.2.5 Desgaste y Mantenimiento

Además del desgaste normal por su uso, se provoca por la flexión, torsión o deformación circunferencial en las bandas de los frenos. Esta avería suele producirse cuando el cable del cabrestante provoca sacudidas violentas en las bandas. La deformación puede comprobarse trazando en el piso una circunferencia del tamaño de la banda y haciendo que la banda descansa sobre el trazo, si está deformada debe de corregirse la deformación o reemplazarla. Los pernos del revestimiento se aflojan al asentar un revestimiento nuevo, deben revisarse también las llantas en cada colocación de un nuevo revestimiento, esta verificación se hace colocando una regla a través de la brida del tambor y midiendo la profundidad de la ranura más profunda. El grado máximo permisible es de 5/8 de pulgada (16 mm) figura 12 parte inferior

Una vez se hayan reemplazado las piezas o puestas en condiciones de trabajo se harán los ajustes, empezando con baja tensión en las bandas. Antes de poner carga en el bloque, hay que levantarlo y bajarlo varias veces. No debe permitirse que por desgaste la banda baje a la posición de operación de la palanca del freno.

3.3.3 Frenos Auxiliares

Se utilizan para disminuir la velocidad de descenso del bloque viajero. El freno auxiliar asume las cargas del bloque viajero y el gravamen de un peso muerto continuo. Existen dos tipos de frenos auxiliares el hidrodinámico y el electromecánico.

3.3.3.1 Freno Hidrodinámico

Funciona con agua que circula por el rotor móvil y la energía mecánica se convierte en calor dentro del fluido podríamos decir en general que es un sistema termodinámico que cumple con la ley de la conservación de la energía ya que es una turbina que rota en el fluido con cierto nivel por ende diremos que la cantidad de fluido dentro de la carcasa de la turbina variará la velocidad en una forma directamente proporcional.

Para que funcione lo único por hacer es abrir o cerrar las válvulas que controlan el nivel del agua dentro del freno. La escasez en el flujo de agua es la causa primordial en la elevación de la temperatura en el freno. La máxima temperatura permisible en la salida jamás debe exceder de 180°F (82°C).

El freno hidrodinámico funciona con un embrague de rueda libre que conecta el eje del tambor del malacate con el eje del freno en forma automática cuando el bloque sube el embrague se desconecta, gira libremente y deja el rotor del freno estacionario, cuando baja se acopla. La regulación del freno se hace por medio de las válvulas de salida de agua a diferente altura. Cuando se abre la más alta se obtiene la máxima capacidad de frenado.

3.3.3.2 Freno Electrodinámico

El freno consta de una armadura de acero en forma de tambor, que gira en un campo magnético producido por electroimanes que rodean el tambor. La combinación del movimiento con los campos magnéticos hacen que las corrientes parásita (corrientes de Hedí) fluyan al tambor. Estas corrientes reaccionan con los campos magnéticos estacionarios oponiendo resistencia al movimiento del tambor y produciendo la acción de la corriente eléctrica a través de las bobinas. Para

variar la capacidad de frenado, el perforador hace los ajustes del flujo de corriente desde el tablero de control.

El freno es enfriado por circulación de agua, el volumen varía con la asignación o tamaño del freno, pero la potencia de la bomba de circulación del agua es baja para que no existan contrapresiones en el sistema.

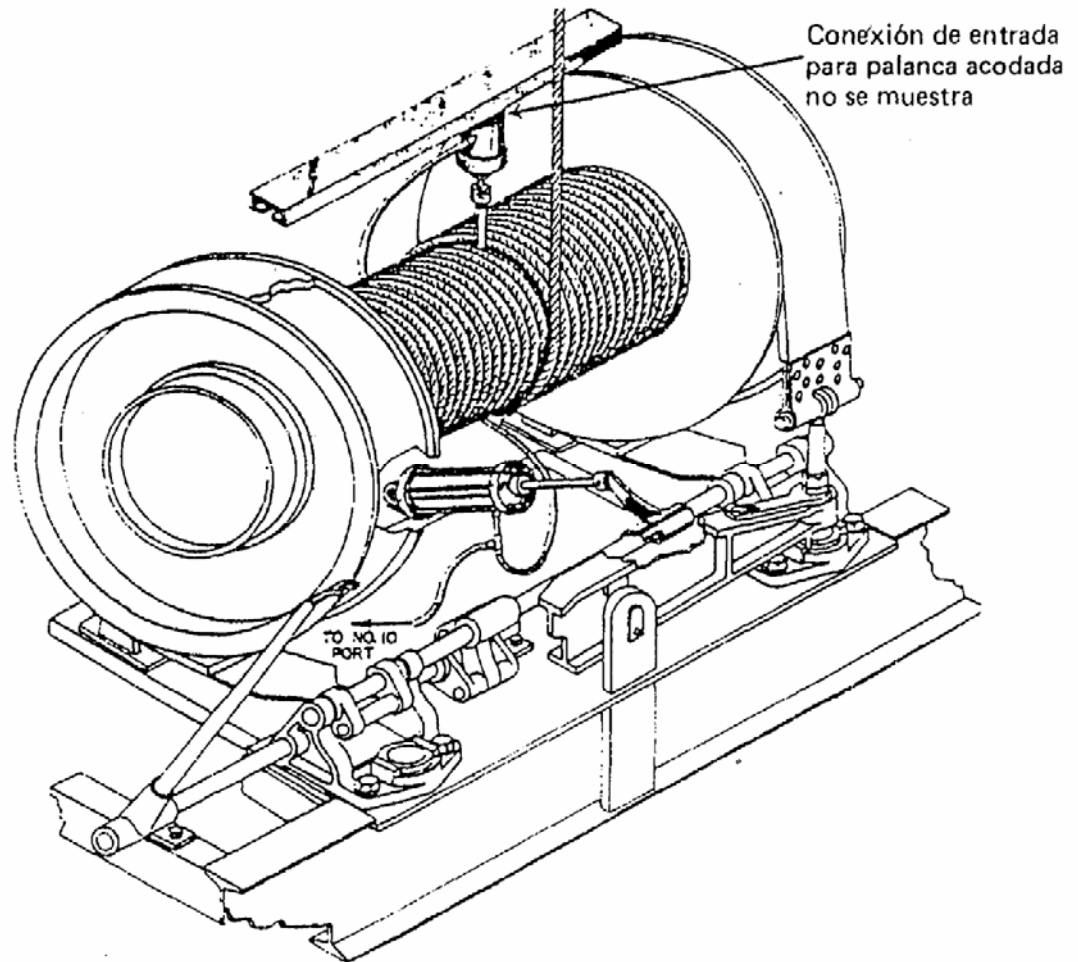
Este tipo de freno se encuentra por lo general en sistemas de potencia Diesel-Eléctrico.

3.3.3.3 Freno Crown-o-Matic

Es un freno automático protector del bloque viajero que elimina golpear en contra del bloque de la corona y detiene el bloque viajero a un nivel seguro, cuando el cable de perforación llega al dispositivo del freno Crown-o-matic éste automáticamente para, suspendiendo la energía del malacate. Después de cada corrida de cable o corte es necesario ajustar la palanca del dispositivo del Crown-o-matic. Figura

Figura 13. Freno Crown-o-matic

PROTECTOR DEL BLOQUE APAREJO CROWN – O – MATIC (patentado)



3.4. Elementos Tubulares

Las tuberías se fabrican de una sola pieza. La unión de tubería es un accesorio especial con rosca, pin y caja que se agrega a los extremos de cada sección de tubería de perforación y workover. Permitiendo así conectar las secciones de tubería.

Las tuberías se fabrican en longitudes estandarizadas divididas en los siguientes rangos:

- a) Rango 1: de 18 a 22 pies (5.47 a 6.71 M) OBSOLETO
- b) Rango 2: de 27 a 30 pies (8.23 a 9.14 M)
- c) Rango 3: de 38 a 45 pies (11.58 a 13.72 M)

La longitud más comúnmente utilizada es nuestro medio es la de 30 pies.

La resistencia mínima a punto cedente. Se refiere a la fuerza necesaria para estirar la Tubería de perforación hasta deformarla permanentemente.

La resistencia al colapso. Es la fuerza necesaria para aplastar los lados de la tubería hasta socavarlas sobre sí misma.

La resistencia a la torsión de la tubería es la fuerza de torsión que ella puede resistir antes de torcerse.

La resistencia al estallido de una tubería de perforación es la presión interna que puede reventar una tubería.

La mayoría de las tuberías sin costura de hoy en día pertenecen a uno de los cuatro grados API.

GRADO RESISTENCIA MÍNIMA A PUNTO CEDENTE

E	75.000	Lbs/plg ²	(517.05 MPA)
X-95	95.000	Lbs/plg ²	(654.93 MPA)
G-105	105.000	Lbs/plg ²	(723.87 MPA)

S-135 135.000 Lbs/plg2 (930.69 MPA)

Las causas más comunes de fallas en la tubería es en primer plano la fatiga y los desgarres producidos al girar la tubería entre las cuñas ó picaduras por corrosión en el interior de la tubería (concentración de esfuerzos en materiales sometidos a fatiga cíclica). La unión de tubería debe mantenerse tan cerca de unas cuñas como sea posible durante el enrosque y desenrosque para que este efecto existen tablas normalizadas para cálculo de altura máxima según sea el caso.

El API ha establecido pesos y dimensiones estandarizados de uniones de tubería para los pesos y grados de tubería de perforación. En el año de 1968 el Instituto Americano del Petróleo adoptó una serie nueva de conexiones, la designación de tamaño es un número de dos cifras que se refiere a la dimensión de la espiga. Esta designación de tamaño se denomina NC (Conexión Numerada).

3.4.1 Drill-Collares (Portabarrenas)

Son tubos de acero pesados de paredes gruesas con conexiones de roscas en ambos extremos.

La mayoría son redondos y tienen aproximadamente 30 pies de longitud (9 M). Sin embargo, también pueden ser cuadrados o en forma espiral. La forma espiral son utilizados por su diseño para prevenirla pegadura diferencial, para los trabajos de reacondicionamiento de pozos, son utilizados el 100% de las intervenciones.

Los diámetros exteriores pueden variar de 2 7/8” a 12”. El diámetro interior también es variable. El peso varía entre 21 y 306 libras por pie dependiendo de sus dimensiones.

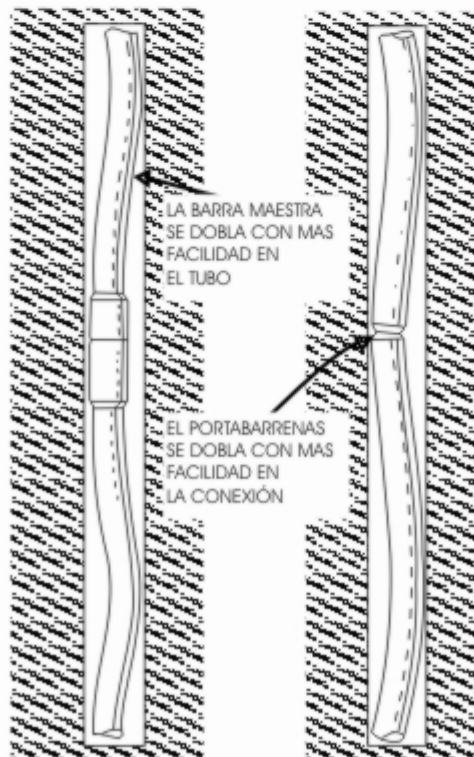
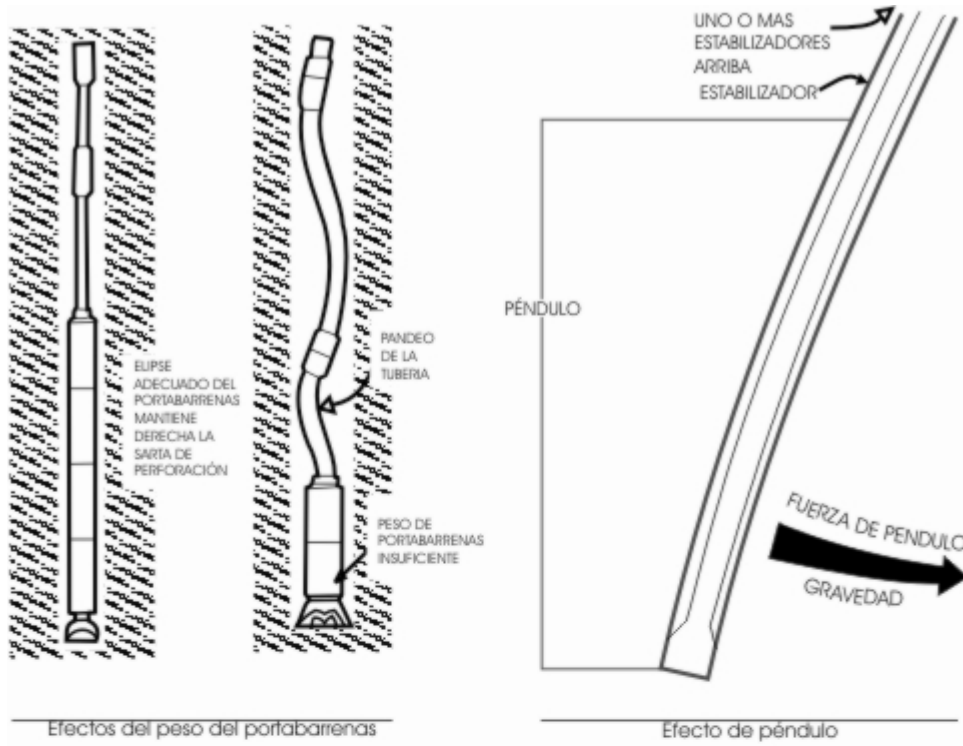
3.4.2 Funciones

- a) Proporcionan peso a la barrena (figura 14)
- b) Mantienen el peso para impedir que la sarta de perforación sea sometida a esfuerzos de compresión o pandeo.
- c) Ayuda a proveer el efecto de péndulo para hacer que la barrena perfora más cercano a la línea vertical (figura 14).
- d) Ayuda a estabilizar la barrena (rigidez)

Las fallas generalmente ocurren en las conexiones de las roscas debido a que los esfuerzos de flexión cíclicos causan fallas por fatiga en la tubería de perforación, la pared es más delgada que la unión roscada por lo consiguiente es más fácil de doblar.(figura 14)

La tubería de trabajo más utilizada en nuestro medio es la denominada Drill-pipe con rosca regular.

Figura 14. Efectos de portabarrenas



4. OPERACIÓN DE ALZADO DE TORRE

4.1 Mecánico

4.1.1 Torres en Tierra

En áreas que tienen acceso de carreteras autopistas, camiones transportan el equipo al área de perforación. Los componentes de la torre son especialmente diseñados para ser trasladados de un sitio a otro y son fáciles de instalar y desmontar. La verdad es que puede ser frustrante viajar detrás de un camión que está transportando una torre (camiones de carga son hechos para fuerza, no para rapidez). Aún así, el equipo de perforación es portátil. Luego de terminar un pozo, la torre tiene que ser desmantelada, trasladada y reconstruida para comenzar otro pozo, muchas veces a kilómetros del primer pozo.

Pero supongamos que no existan carreteras, supongamos que el área de perforación esté localizada en una jungla, esté precariamente posada sobre una montaña; o supongamos que el sitio sea el ártico.

Ya que los petroleros nunca han permitido que algo tan mundano como la logística los derrote, han inventado soluciones: helicópteros y aviones grandes de carga. Una grúa de helicóptero no encuentra obstáculo alguno para depositar equipo en una montaña o en la jungla. Igualmente, un avión de carga con esquís colocados en lugar de las ruedas no encuentra problemas en aterrizar en las llanuras nevadas del ártico.

4.1.2 Torres Marinas

En el mar (o en cualquier extensión de agua donde se perfore) la forma en que se transporta la torre al punto de perforación depende del propósito de la torre: si es de servicio o para producción. Si el pozo es de servicio, algún tipo de torre marina portátil se usará. Torres móviles incluyen las elevables, sumergibles, semisumergibles, y barcos de perforación.

Una torre elevable es construida de tal manera que flote mientras se está llevando al lugar de perforación. Cuando llega al lugar indicado, sus largas patas se bajan por medio de gatos hasta que llegan al fondo del mar. Entonces la plataforma se sube en las mismas patas para que quede encima de la superficie del agua. Las torres elevables están limitadas a agua no más profundas de 300 pies (91.4m)

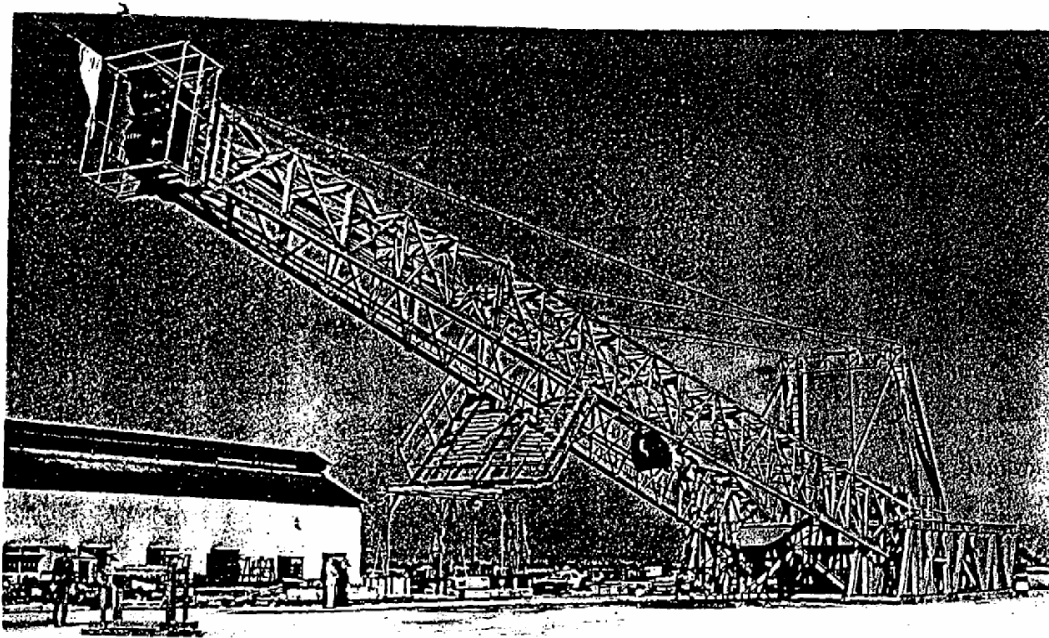
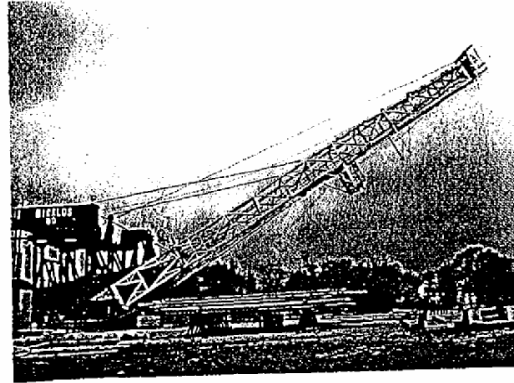
Una vez que el contratista ya ha trasladado su torre hasta el lugar de perforación, el próximo paso es montar los componentes de la torre para poder comenzar la perforación. Para torres que se van a utilizar en tierra, primero se tiene que montar la subestructura, una armazón de metal que descansa sobre la tierra justo encima del hoyo (Fig.4.1) La subestructura aguanta el peso del mástil o de la torre; los kilómetros de tubería que se usarán en el hoyo y el malacate que soporta el peso de la sarta de perforación durante las carreras. A veces, dependiendo del diseño de la torre, los motores también van sobre la plataforma.

Con la subestructura en su sitio, armada, con los motores y malacate en su sitio, el próximo paso es montar la torre. La torre es una estructura que se monta pieza a pieza con pernos por una cuadrilla de construcción. El mástil es una estructura que se arma una sola vez en el sitio de manufactura y nunca se vuelve a desarmar. El mástil es portátil y muchas veces le llaman “torre”, aunque en

realidad no lo es. La mayoría de las perforaciones modernas utilizan mástiles, aunque todavía existen unas cuantas torres, especialmente en las plataformas marinas que tienen que ser montadas o desmontadas cada vez que se cambian de lugar.

Un mástil se pone en posición en una cuna especial en la infraestructura (Fig. 15) En su posición original el mástil está horizontal. Usando el malacate y cable, el mástil se sube poco a poco hasta que llega a su posición final vertical (Fig. 15) Esta operación puede ser difícil. Primero, varias grúas montadas sobre camiones se utilizan para poner el mástil en la cuna. Ya que un mástil puede medir hasta 200 pies (61m) y pesa muchísimo, y su base tiene que montarse encima de la subestructura, la operación tiene que ser calculada y coordinada por los operadores de grúas y los chóferes de camiones.

Figura 15. Maniobra de elevación de torre



Otra consideración es que hay que tomar precauciones de seguridad cuando se está elevando algo tan pesado como un mástil, para evitar accidentes.

Mientras tanto, otras operaciones de ensamblaje continúan. Tanques de acero, que alojarán el lodo de perforación, se llevan al área de perforación y se conectan unos a otros. Paseos y escaleras se instalan para permitir que los empleados tengan acceso a los diferentes componentes de la torre, Barandas se montan, Equipo auxiliar para suplir electricidad, aire comprimido y agua se ponen a funcionar.

4.2 Hidráulico

La mayor parte de los equipos de capacidad mediana, hablese de equipos de workover o servicio, son de mecanismo hidráulico, estos mecanismos se mueven a base de altas presiones que deben de llevar ciertos pasos de chequeo que se describen a continuación.

1. La instalación de la torre debe llevarse en pozos según especificaciones de distancia de centro de pozo a bases (Filler Bass)
2. Las Bases de la torre tienen que quedar completamente alineados a los pozos.
3. El Supervisor o Tool Pusher será el encargado de velar que todas las personas involucradas en la maniobra, tengan el equipo de protección personal adecuado (casco, cinturón, etc, etc.)
4. Antes de cualquier intento de subir la torre se debe de estar seguro que existan los anclajes a tierra (muertos)
5. En la torre Cabot 550 existen seguros de cadena que amarran el mástil al camión, para Cooper 500 no tenemos estos seguros.

6. El motor de la torre tiene que estar con por lo menos 30 minutos arrancado antes de la maniobra para que la temperatura y presión de aire en el sistema sean adecuadas.
7. Los soportes hidráulicos de la torre (patas) deben estar nivelados y con su respectiva contratuerca para no perder el nivel.
8. Se debe circular el sistema hidráulico en cada una de sus aplicaciones según sea levantar primera sección de torre o levantar sección telescópica de la torre. La circulación deberá ser por lo menos 15 minutos comprobando la existencia de aire y sacándolo fuera del sistema, por medio de los drenajes en los cilindros.
9. Las líneas de acero, cable, guías, líneas de seguridad del torrero, cables para suaveo, escaleras , winch de servicio pasamanos nunca deberán obstruir el libre paso de la torre hacia la posición vertical.
10. Al llevar la torre de posición horizontal a vertical se debe de observar tanto el manómetro de la presión hidráulica como todo el entorno de la torre poniendo especial cuidado a la presión que nunca deberá de exceder de las 1,850 PSI. Si en algún momento la presión sobre pasa este valor existirá una obstrucción .
11. Comprobación de sistema de seguridad al iniciar la maniobra de subir la torre se debe de hacer una prueba sencilla que es levantar la torre 2 o 3 pies de la horizontal y comprobar si los cilindros hidráulicos soportan el peso y lo mantienen.

12. Durante la maniobra se debe tener una persona, el perforador de preferencia en la palanca de freno (malacate principal)
13. Cuando la torre este muy cerca de la vertical se debe tener el cuidado de hacer la maniobra suavemente de tal manera que al aterrizar las patas de soporte delantero sea lentamente sin movimientos violentos. El bloque viajero debe de estar fijo sin ningún movimiento vertical.
14. Una vez la torre esté asentada en sus 4 soportes, debe ponerse en la Cabot 500, los seguros en el mástil que no permitan que la torre sea movida de tal posición sin quitarse los anteriores. Consisten en 2 platinas de ajuste aseguradas con roscas para Cooper 500, tenemos pines que aseguran el mástil en las patas de soporte delantero* los pines deben tener seguros chaveteros para evitar que los pines salgan de su posición*
15. Seguidamente de tener la primera sección levantada se debe de liberar el bloque viajero del soporte de cable que tenga, preferentemente utilizar cables.
16. Se necesitan instalar el mecanismo del freno principal, esto es para por ejemplo para una torre Cabot 550.

4.2.1 Levantado de Sección Telescópica

1. Después de circular el sistema por lo menos por 15 minutos se cerrará la válvula de circulación y se podrán presurizar los cilindros para levantar la sección telescópica de la torre en Cabot 550 tenemos dos

cilindros al igual que en BIR 800, En Cooper 550 tenemos un solo cilindro.

2. Para este momento deben de estar instalados los cables tensores de la primera sección, estos aseguran el mástil al camión torre.
3. En el momento de estar levantado la sección telescópica por ningún motivo debe manipularse el control hidráulico de la primera sección del mástil, en la torre Cabot 550 se debe de abrir la válvula que manda la presión hidráulica a los cilindros de la primera sección.
4. Se debe quitar un seguro (candados o chuchos) en ambas torres antes de iniciar la maniobra (mecanismo hidráulico en Cooper y Manual en Cabot 550).
5. Una vez iniciada la maniobra de subir la sección telescópica es necesario controlar cualquier tipo de obstrucción en la maniobra.
6. A medida que la sección telescópica va hacia arriba se debe de comprobar que los estabilizadores de los cilindros llegan a su posición (para Cabot 550) y su instalación manual (en Cooper 550). El objetivo de los anteriores es dar rigidez al cilindro evitando así un posible fallo del cilindro (que no se doble)
7. Al igual que en la sección anterior nunca deben de sobrepasar presiones hidráulicas por el orden de las 1,850 PSI.

4.3 Mixto

El sistema de levantamiento mixto es una combinación del hidráulico en la primera sección y el mecánico en la segunda sección, dando como resultado que se deben de tener las precauciones de los sistemas anteriormente descritos, teniendo en cuenta que para las secciones telescópicas levantadas mecánicamente la tensión en los cables son muy altas, la vida del cable de levantado debe de llevar un control tanto de maniobras como del estado físico.

5. SISTEMAS PREVENTORES PARA CONTROL DE POZO

5.1 Definición de Equipos de Control de Pozos

En el sistema de perforación rotaria, la presión hidrostática creada por la columna de fluido de perforación permite confinar los fluidos de la formación en sus fuentes. Sin embargo, un fluido de perforación de densidad excesiva es indeseable, ya que retardará el régimen de penetración. Además, la alta presión hidrostática que resulta puede fracturar la formación y producir pérdidas de circulación; por consiguiente, se retrasa la operación de perforación. La economía dicta el empleo de fluidos de perforación de baja densidad, y la seguridad obliga a tomar algunas medidas de protección contra posibles reventones. Si la presión de la formación excede la presión hidrostática de la columna de lodo, los fluidos de la formación entrarán al pozo. Tal fenómeno se conoce como un cabeceo y, a menos que se lo controle, se convertirá en un reventón. La función del equipo de control de pozos es la de cerrar el pozo para impedir que se produzca un cabeceo, evitar la pérdida de lodo y mantener el control de la presión mientras se restaura una presión hidrostática suficiente para contrabalancear la presión de la formación.

El equipo de control de pozos incluye equipos permanentes la tubería de revestimiento más profunda y el cabezal del pozo sujeto a ella y equipo auxiliar consistente de un conjunto de preventores de reventones y un múltiple del estrangulador para controlar la contrapresión en el espacio anular.

Para las torres de Completación o workover tenemos que por lo regular se utiliza solamente un preventor de reventones del tipo anular, llamado así por ser el área en la cual actúa y restringe cualquier flujo incontrolado venido del pozo,

desde luego depende del tipo de trabajo la utilización del sistema de control de pozo.

5.2 Acumulador de Presión(Koomey)

La operación de una unidad de preventores de reventones consiste en cerrar y abrir los arietes o elementos sellantes de caucho. Esta operación se efectúa hidráulicamente y puede controlarse ya sea desde el piso de trabajo o desde la unidad de control remoto. La operación puede efectuarse para fines de pruebas o para las emergencias.

El boletín API RP 53 estipula que el sistema de cierre deberá ser capaz de cerrar cada preventor de arietes en 30 segundos, y cada preventor anular menos de 20 pulgadas en 30 segundos y aquellos mayores de 20 pulgadas en 45 segundos.

Las unidades de operación de los preventores incluyen un acumulador (un depósito a presión cargado con gas de nitrógeno que almacena fluido hidráulico bajo presión), una fuente de presión y un tablero maestro de control. Estos deben hallarse situados a una distancia segura de la boca del pozo. Otro tablero de control deberá situarse en el piso de la torre o en otro lugar de acceso fácil para el perforador.

En la operación a control remoto, la presión del acumulador impulsa el aceite a través de la tubería hasta la conexión del preventor ya sea cerrar o abrir los arietes o elementos sellantes. Después de usarse, el acumulador se recarga bombeando líquido dentro del él. El nitrógeno llena la porción superior de la cámara encima del diafragma. A medida que el fluido retorna del preventor de reventones y el sistema de cañerías, el fluido se bombea dentro de la cámara debajo del diafragma, comprimiendo el nitrógeno encima. Cuando se obtiene la

presión deseada, la bomba se detiene automáticamente y la unidad se encuentra una vez más lista para una emergencia.

5.3 Preventores de Reventones

El preventor de reventones es un aparato sujeto al cabezal de la tubería de revestimiento, el cual permite sellar el pozo para confinar los fluidos dentro del mismo.

Se emplean tres tipos: (1) preventor de arietes, (2) el preventor anular y (3) el preventor tipo giratorio, o cabezal giratorio, un conjunto de preventores se muestra en la figura 16.

5.3.1 Los preventores de ariete (Fig. 17)

Funcionan en pares, casi siempre hidráulicamente, para cerrar el espacio anular alrededor de la tubería en el pozo. Los arietes para tubería deben ajustarse alrededor del perímetro de cualquier clase o tamaño de tubería que se encuentre en el pozo. Los arietes ciegos se sellan uno contra el otro para cerrar efectivamente un pozo cuando no hay tubería en él. Los arietes cortantes son arietes ciegos que tienen un filo cortador para cizallar tubos que se encuentren en el pozo, permitiendo así que los arietes ciegos cierren el pozo; éstos se emplean principalmente en instalaciones submarinas.

5.3.2 Preventores Giratorios

Llamados también cabezales giratorios o selladores de tubería, trabajan continuamente cerrados alrededor del cuadrante o de la tubería por medio de un caucho reforzado que gira con la sarta de perforación. El empaque sella entre el elemento rotario y

el estacionario. Los cabezales giratorios se usan principalmente en las operaciones de perforación que usan gas, aire, espuma o cualquier otro fluido cuya presión hidrostática es menor a la presión de la formación.

5.3.3 Conjuntos de Preventores de Reventones

Las asignaciones del Instituto Americano del Petróleo están basadas en la especificaciones de presiones de servicio: por ejemplo, 2M se refiere a 2,000 PSI, (14,000kPa), 3M a 3,000 PSI (21,000 kPa) y 15M a 15,000 PSI (104,000 kPa). El tamaño del preventor de reventones se designa de acuerdo al diámetro real del taladro, por ejemplo 13 5/8 se refiere a un preventor que posee un diámetro interno de 13 5/8 de pulgada en cualquier punto.

Figura 16. Conjunto de equipo preventor instalado en pozo

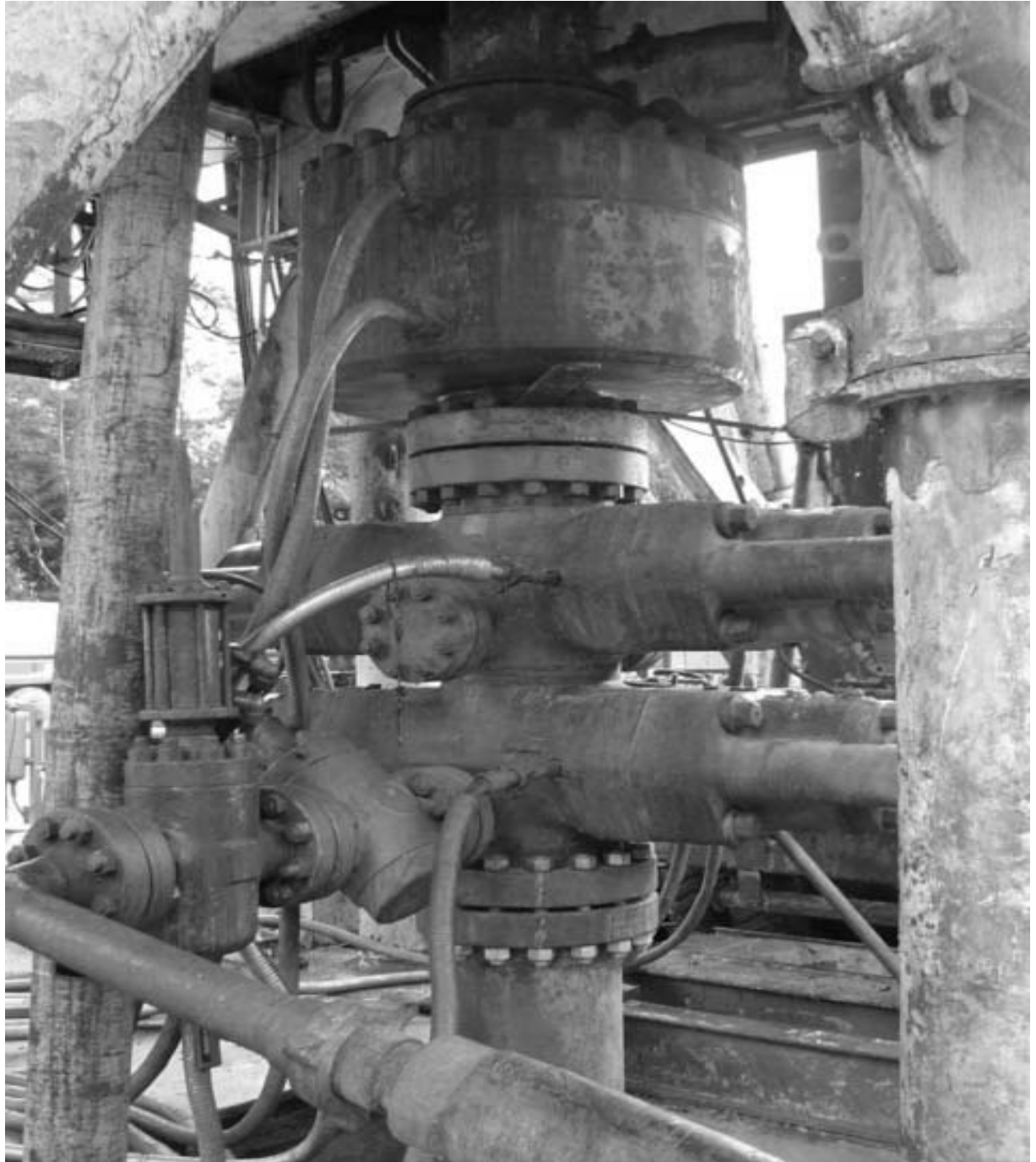
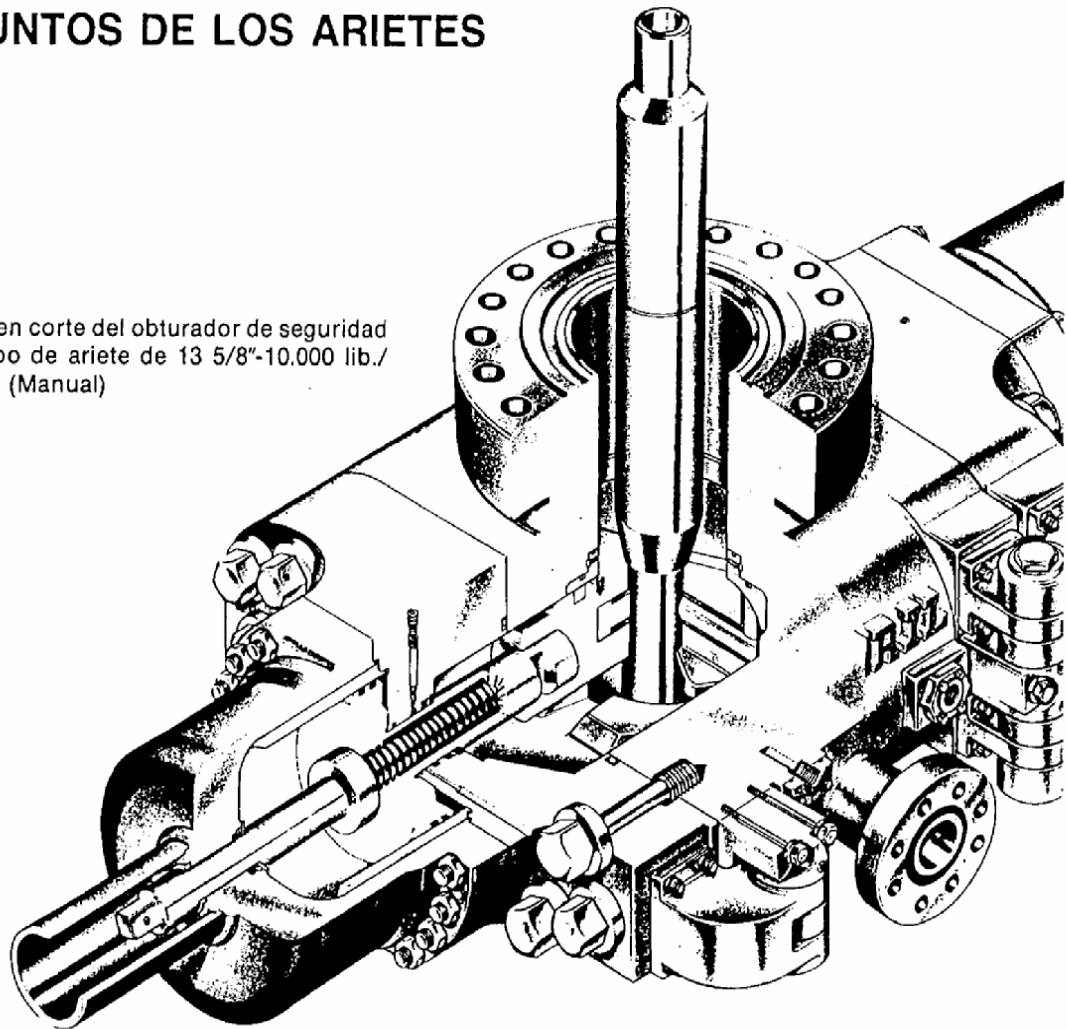


Figura 17. Obturador tipo ariete hidráulico

Operación del Obturador de Seguridad Hydril del Tipo de Ariete

CONJUNTOS DE LOS ARIETES

Vista en corte del obturador de seguridad del tipo de ariete de 13 5/8"-10.000 lib./pulg.² (Manual)



El código adoptado para la designación de la disposición o arreglo de conjuntos, leyéndose hacia arriba desde la pieza fija situada sobre el equipo del cabezal del pozo,

Cada arreglo de conjuntos puede ofrecer una ventaja distinta para cada situación especial.

Un conjunto de preventores de reventones puede identificarse completamente con un designación tan simple como : 5M-13 5/8 –SRRA.

Este conjunto de preventores tendrá una presión de trabajo asignada de 5,000 Psi, tendrá un diámetro de taladro de 13 5/8 de pulgada; y estará dispuesto (de abajo hacia arriba) en el siguiente orden: carrete de perforación, preventor de arietes, preventor de arietes y preventor anular.

Según el sistema métrico SI, la designación será como sigue: 5M-346-SRRA

Este conjunto de preventores tendrá una presión de trabajo asignada de 34,475 kPa, tendrá un diámetro de taladro de 346 mm; y estará dispuesto (de abajo hacia arriba) en el siguiente orden: carrete de perforación, preventor de arietes, preventor de arietes y preventor anular.

En el momento del montaje del conjunto, deberá inspeccionarse el estado de cada pieza del equipo para determinar la condición de las ranuras de los anillos, las superficies de los sellos, los pernos y demás piezas que requieren atención. Una inspección posterior que incluye pruebas de presión y de funcionamiento, deberá verificar que todas las piezas móviles estén libres, que todas las unidades se hallen lubricadas adecuadamente y que todas las piezas estén en buen estado de funcionamiento. Durante la perforación, deben llevarse a

cabo frecuentes pruebas de funcionamiento, y los pernos de las bridas deben revisarse periódicamente para verificar su ajuste.

5.4 Carrete de Perforación

Las líneas de estrangular y de matar pueden conectarse a las salidas laterales de los preventores de reventones, pero es preferible que estas líneas estén conectadas a un carrete de perforación instalado debajo de por lo menos un preventor capaz de cerrar sobre la tubería.

El uso de las salidas laterales en los preventores de reventones reduce el número de conexiones del conjunto porque se elimina el carrete de perforación, pero el uso del carrete asegura que una posible erosión sea confinada a la pieza menos costosa del equipo, y crea un espacio adicional entre los arietes para facilitar las operaciones de sellado; es decir, sacar o meter la tubería a presión.

Los carretes de perforación deben tener salidas laterales de tamaño adecuado, así como asignaciones de diámetro interior y presión de servicio consistentes con los preventores en uso.

5.5 Peventor B.O.P de Seguridad

El obturador de seguridad del tipo de ariete es esencialmente una válvula especial para “cerrar” el pozo. De funcionamiento similar al de una válvula de compuerta, este obturador de seguridad cuenta con compuertas llamadas arietes que convergen hacia el centro y cierran el pozo. Las caras de los arietes están provistas de obturadores de caucho de grandes dimensiones, conformados para efectuar el cierre alrededor de tuberías de producción, de perforación o de revestimiento, o para cerrar completamente el agujero libre. El sello superior del ariete cierra el área entre el ariete y el cuerpo del obturador de seguridad. Los arietes Hydrill proveen un gran volumen de caucho alimentable en el sello superior

y en el obturador frontal. A medida que se produce el desgaste del sello y/o del obturador frontal, se comprime una mayor cantidad de caucho hacia el área de sellado para permitir un cierre positivo.

Cuando los arietes de la tubería se cierran, ellos sellan herméticamente el espacio anular entre la superficie externa de la tubería y las paredes del pozo. Las guías de centrado en la cara de los arietes de tubería aseguran que la tubería queda concéntrica con las paredes del pozo o al cerrarse los arietes. Los obturadores de seguridad Hydrill del tipo de ariete también pueden proveerse con arietes ciegos para cerrar el pozo cuando no existen tuberías en el mismo. Se dispone de arietes ciegos(cizalla) que primero corta la tubería de perforación y luego sellan la cavidad del pozo.

El obturador de seguridad del tipo de ariete se abre y cierra hidráulicamente. Los arietes se cierran aplicando presión a la cámara de cierre. El obturador frontal realiza el sellado entre la cara del ariete y la superficie externa del tubo mientras que el sello superior efectúa el cierre hermético del espacio entre el ariete y el asiento del sello. La aplicación de presión hidráulica a la cámara de apertura hace retroceder los arietes.

Estos obturadores se proveen con tapas abisagradas para facilitar el cambio de los arietes. El reemplazo de los arietes se realiza llevándolos primeramente a la posición totalmente abierta. Luego se desmontan los pernos de la tapa y se abre ésta haciéndola girar aproximadamente 90 grados. Una vez abierta la tapa, los arietes se accionan hidráulicamente para llevarlos a su posición extendida. A continuación, el ariete se levanta directamente hacia arriba para desacoplarlo del vástago del pistón. El nuevo ariete de reemplazo se asienta primeramente en el vástago del pistón y después de sacar el cáncamo de levante, se lo hace entrar en la

cavidad de la tapa. Finalmente, se gira la tapa hasta cerrarla y se aseguran los pernos de la misma aplicando la torsión adecuada, con lo que el obturador de seguridad queda listo para su uso.

5.5.1 El Conjunto de Arietes

Provee un sellado hermético confiable del pozo a los fines de control y seguridad. El ariete contiene un gran volumen de caucho alimentable en el obturador frontal y en el sello superior, para asegurar una larga vida útil.

5.5.2 El Asiento de Sello Reemplazable en el Sitio

Provee una superficie suave de sellado al sello superior del ariete. El asiento del sello se fabrica con materiales seleccionados especialmente y de características comprobadas para obtener una duración máxima. Este asiento de sello reemplazable en el sitio elimina los trabajos de reparación en el taller, tales como soldadura, tratamiento para eliminación esfuerzos internos y mecanizado, reduciendo así el tiempo de paralización forzada y los costos directos de reparación.

5.5.3 Las Tapas Abisagradas

Giran a una posición de despeje total con respecto a obstáculos superiores (tales como otro obturador de seguridad) y permiten un fácil acceso para efectuar el cambio rápido de arietes y reducir así el tiempo de paralización forzada.

5.5.4 La Camisa De Cilindro Reemplazable

Presenta una superficie interna resistente a la corrosión y al desgaste para una operación confiable del pistón. La camisa de cilindro puede reemplazarse

fácilmente en el sitio o repararse a fin de reducir el costo de mantenimiento y el tiempo de paralización forzada.

5.5.5 El Conjunto de Pistón y Vástago del Pistón

Es de una sola pieza a fin de lograr resistencia y confiabilidad en el cierre y apertura de los arietes, lo que resulta en un conjunto de operación segura.

5.5.6 El Enclavamiento Manual

Utiliza una rosca tipo ACME (29°) reforzada para enclavar manualmente el ariete en la posición de cierre o para cerrar el ariete en forma manual si el sistema hidráulico se encuentra fuera de operación.

5.5.7 El Sello de Lodo del Vástago del Pistón

Es un sello robusto y ampliamente comprobado en las instalaciones. Su diseño integral combina el sello de borde de contacto con el anillo de apoyo. Su sujeción en la tapa se logra con un anillo de apoyo espiral de retención de acero inoxidable.

5.5.8 Los Sellos del Pistón

Son del tipo de borde de contacto y están activados por la presión. Ellos proveen un sellado confiable del pistón para formar las cámaras de operación del obturador de seguridad.

5.5.9 Las Salidas Laterales en el preventor

Para las líneas de estrangulación o ahogo pueden obtenerse en todos los modelos. Pueden colocarse dos salidas, una en cada lado, por debajo de cada ariete. En las configuraciones simples y dobles, las salidas pueden colocarse debajo del ariete inferior solamente, o debajo del ariete superior solamente. Esto permite una gran flexibilidad en el diseño de la columna.

5.5.10 Configuraciones Simples y Dobles

Estas pueden obtenerse con conexiones a bridas conforme al Instituto Americano del Petróleo, del tipo de espárragos o del tipo campana para abrazadera. Esto permite el uso más económico del espacio disponible, tanto para operación como para el servicio.

5.5.11 Los Pernos de la Tapa

Están dimensionados para facilitar su torsión y dispuestos para obtener un sellado confiable entre la tapa y el cuerpo. Esto evita una distorsión excesiva durante el sellado de alta presión.

5.5.12 Las Varillas de Guía

Alinean el ariete con la cavidad de la tapa, evitando daños al ariete, al vástago del pistón o a las tapas cuando se hacen retroceder los arietes.

5.5.13 El Sellado de los Arietes

Se mantienen por medio de las presiones del pozo, no se requieren fuerzas de cierre para mantener un sellado ya establecido de los arietes.

5.6 Operación del Obturador de Seguridad Hydrill del tipo Ariete

El ariete es una pieza integral de fundición de acero de baja aleación, habiéndose diseñado para combinar una gran resistencia con un conjunto de sellos de máxima eficiencia. El conjunto de sellos consiste en un obturador frontal y un sello superior, cada uno de los cuales contienen un gran volumen de caucho alimentable para una larga vida útil. El obturador frontal y el sello superior son unidades separadas que pueden reemplazarse en forma independiente. Equipare siempre el obturador frontal con el ariete de tamaño adecuado.

La superficie superior del ariete está rebajada para prevenir el desgaste del asiento del sello durante la operación de apertura y cierre de los arietes, y para evitar rayar el asiento del sello como consecuencia de un ariete averiado.

Un notable método de accionamiento del sello superior produce el contacto con el asiento del sello sólo durante la parte final de la carrera de cierre de ariete. El sello superior cuenta con un gran volumen de caucho alimentable para asegurar una larga vida útil, aún cuando los sellos estén dañados o hayan sufrido un desgaste excesivo.

El obturador frontal tiene asimismo un gran volumen de caucho alimentable, el que está cementado a robustas placas anti-extrusión. La gran superficie frontal de caucho, conjuntamente con el gran volumen de caucho alimentable, aseguran el sellado hermético durante operaciones de cierre

repetidas, aún con obturadores usados que deban sellar contra superficies de tubo dañadas.

Los arietes de tubería con insertos de aleación endurecida son standard para los obturadores de seguridad de 16 ¾"-10.000 y 18 ¾"-10.000. Están diseñados para permitir la suspensión repetida de hasta 600.000 libras de peso de la tubería de perforación mediante las uniones cónicas de ésta, al mismo tiempo que mantienen un sellado hermético a la presión nominal total. Este diseño puede obtenerse a pedido en los obturadores de seguridad de 13 5/8"-5.000 y 10.000, en los de 20 ¾"- 3.000 y en los de 21 ¼"-2.000. Los arietes de tubería standard suministrados con todos los tamaños de obturadores de seguridad soportarán una carga suspendida en una unión cónica de la tubería de perforación y mantendrán un sellado hermético.

Sin embargo, los arietes pueden sufrir una deformación. La guía de centrado de la tubería en la cara de los arietes de tubería aseguran el centrado del tubo con respecto a las paredes del pozo cuando se cierran los arietes.

Los arietes ciegos realizarán el sellado repetido de un pozo sin tuberías hasta la presión nominal total. Los arietes ciegos/ cizalla pueden cortar los tubos de perforación de tamaño común y sellar la cavidad del pozo sin que sea necesaria sacar los extremos superior e inferior de la tubería de perforación.

5.7 Operación del Obturador Frontal

El obturador frontal cuenta con un gran volumen de caucho alimentable, cementado a robustas placas anti-extrusión.

Cuando los arietes se han acercado suficientemente uno al otro durante la operación de cierre, las coronas de caucho en la cara del obturador frontal crean

presión en el caucho para iniciar el sellado. El movimiento subsiguiente de los arietes hace que las placas anti-extrusión de los obturadores frontales en oposición entren en contacto, a fin de controlar el flujo de caucho hacía el área de sellado.

El desgaste producido en la cara del obturador frontal debido a la rotación o movimiento alternativo de la tubería durante el sellado, es compensado por el gran volumen de caucho alimentable que se encuentra en la parte posterior del obturador frontal. Este caucho se alimenta hacia el área de desgaste a medida que los bloques de arietes se acercan más y más a la tubería.

5.8 Operación del Sello Superior

El sello superior es un sello que se reemplaza en forma independiente, contando con un gran volumen de caucho alimentable, el que está cementado a robustas placas anti-extrusión.

El método de activación del sello superior mantiene al sello dentro del ariete, evitando su desgaste durante el desplazamiento del ariete. El sello superior es activado por el cierre de los arietes, pero su activación total no se completa hasta que se logre el sellado hermético final. El diseño de las superficies interiores superiores del asiento del sello y del cuerpo del obturador de seguridad evita el arrastre del sello superior a través de esta superficie antes del sellado final del cuerpo o tapa. Este diseño provee una vida útil, confiable y prolongada.

5.9 Procedimientos para Cambio de Ariete

El cambio de ariete se efectúa como sigue:

1. Abra (haciendo retroceder) los arietes, aplicando presión de apertura.

2. Desenrosque todos los pernos de la tapa.
3. Abra la tapa girándola hasta su posición extrema (aproximadamente 90°)
4. Cierre (haga extender) los arietes, aplicando presión de cierre.
5. Saque el conjunto del ariete colocando un cáncamo de levante en el agujero provisto y levantado directamente hacia arriba.

5.10 Preventor Anular o Unidades Obturadoras de Seguridad Anulares

Una de las características más importantes de los obturadores de seguridad anulares Hydrill es su unidad obturadora. Hydrill fabrica estas confiables unidades utilizando caucho de alta calidad, reforzado con segmentos de acero apestañados. Cada uno de los tamaños de las unidades obturadoras cuenta con un gran volumen de material sellante, resistente y alimentable, en cantidad suficiente como para satisfacer cualquier requisito.

Los segmentos de acero, moldeados en la pieza, cuentan con pestañas en su parte superior e inferior. Estos segmentos sujetan la unidad obturadora dentro del obturador de seguridad y controlan la extrusión y flujo del caucho cuando se realiza el cierre hermético contra las presiones del pozo. Debido a que el caucho se encuentra confinado y bajo presión, es sumamente resistente al confinado y bajo presión, es sumamente resistente al desgarramiento, corte y abrasión.

En la posición abierta, el diámetro interno de la unidad sellante se encuentra al ras con el diámetro total del obturador; los trépanos, las barras maestras o los escariadores pueden así pasar libremente a través de la unidad. Al aplicarse la presión de cierre al pistón, la unidad obturadora es apretada y se expande interiormente.

El agujero de la unidad obturadora se adapta automáticamente en forma y tamaño para efectuar el sellado hermético prácticamente contra cualquier pieza de la columna perforadora, o para efectuar el cierre total si las herramientas están fuera del pozo.

5.10.1 Pruebas del Preventor Anular

Los procedimientos de pruebas a presión adecuados para cualquier obturador de seguridad anular permitirán asegurar el cierre hermético subsiguiente y una máxima vida útil de la unidad obturadora.

Las pruebas confiables de sellado se realizan cerrando la unidad obturadora contra el tamaño recomendado de tubo de prueba mediante la aplicación de la presión prescrita a la cámara de cierre, y determinando la porción restante de la carrera del pistón después de haberse logrado un sellado hermético. La óptima vida útil de la unidad obturadora se obtiene realizando las pruebas a bajos niveles de esfuerzos en el caucho. El mínimo esfuerzo de la unidad obturadora se obtiene usando la mínima presión en la cámara de cierre que permita mantener el sellado hermético contra el tamaño recomendado de tubo de prueba.

Una prueba válida en cualquier obturador de seguridad anular sólo se logra cuando se mide la carrera restante del pistón puede medirse en los obturadores de seguridad anulares Hydrill a través de un pasaje vertical en el tope de la cabeza del obturador. Las distancias máximas y mínimas desde el tope de la cabeza hasta el tope del pistón se encuentran estampadas en la cabeza del obturador. La carrera restante del pistón correspondiente al obturador de seguridad a fin de asegurar sellados herméticos subsiguientes.

El modelo GL del obturador de seguridad está diseñado para operar manteniendo la presión de cierre en la cámara de cierre durante todas las operaciones de sellado. A medida que la presión del pozo aumenta, deberá aumentarse en la cámara de cierre. La presión de cierre variará ligeramente con cada unidad obturadora. La prueba deberá comenzarse con la presión del cierre recomendada.

6. NORMAS DE SEGURIDAD EN OPERACIONES DE CAMPO

6.1 Normas de Seguridad en Áreas de alto Riesgo en la Torre

El bloque corona de la torre debe estar protegido contra golpes accidentales o por falta de control del perforador con el bloque viajero, por medio de tacos de madera.

Dichos tacos deben ubicarse directamente en la parte inferior del bloque corona. Una parrilla de metal deberá cubrir la superficie de los tacos, para impedir la caída de estos en caso de que el bloque viajero golpeé el bloque corona.

Se deben usar los pines y ejes del tamaño adecuado para juntar los tramos de la torre y la canasta del enganchador. Cada “pin” debe estar provisto de un seguro que no permita que el pin salga de su posición.

Es completamente prohibido el uso de tornillos en lugar de pines.

Todas poleas que se encuentran en la torre deben estar provistas de un cable de seguridad.

No se debe permitir que rocen cables de acero (cable de bajar la torre, cable de los contrapesos de las llaves de maniobra, etc.) contra las vigas y travesaños de la estructura de la torre.

Las guías de los contrapesos de las llaves de maniobra o tenazas deben engrasarse regularmente.

La media luna del cable de bajar la torre debe colocarse en la torre por medio de dos cables de un diámetro mínimo de 5/8". Además se recomienda colocar un cable de seguridad a dicha pieza metálica.

El cable de soporte del brazo del mecanismo de levantar accesorios debe revisarse durante la mudanza. Si está corroída u oxidada, debe reemplazarse.

De todas formas, se recomienda reemplazar el cable de soporte de este mecanismo elevadores una vez al año. La escalera de subir al bloque corona debe estar debidamente sujeta a la torre. Los peldaños deben mantenerse en buenas condiciones, y libre de grasa o aceite.

El sistema de contrapeso y faja para subir a la torre debe estar diseñado de tal forma que, el trabajador suba hasta el bloque corona sin quitarse la faja de seguridad. Esto se realiza generalmente por medio de un poste ubicado en el piso de la corona, el cual sostiene la polea del cable del contrapeso.

La falla que se observa frecuentemente con este sistema de seguridad es que el cable del contrapeso roza contra los bordes de las barandas del bloque corona. Esto puede ocasionar un desgaste prematuro del cable y causar la caída del trabajador. Por lo tanto, el poste de la polea debe ser una altura suficiente que permita ubicar el cable del contrapeso a unos 20 centímetros de las barandas del bloque corona.

6.1.1 Malacates y Bombas de Lodo

Malacate

En todos los equipos de perforación y servicios de pozo debe existir un interruptor o switch que permita apagar los motores del malacate desde un lugar distante. Esta acción se toma de inmediato en el caso de que el pozo fluya sin control.

Los perforadores no abandonarán los controles de la maquinaria mientras el tambor del malacate esté en movimiento, sin antes amarrar el freno con su respectiva cadena.

Todas las máquinas, malacates, cadenas, transmisión, cremalleras, correas, ventiladores, elevadores de carga, ejes, embragues, deben estar provistos de protectores adecuados, los cuales deben estar debidamente sujetos y asegurados.

No se harán reparaciones en máquinas, malacates, sistemas elevadores, frenos, crown-o-matic y otros equipos, antes de que se haya desconectado y neutralizado la fuente de potencia, sea aire, eléctrica o mecánica.

Cada vez que se corra cable de perforación, se debe hacer una inspección visual al freno del malacate. Se debe revisar lo siguiente:

- a) Desgaste de las rótulas entre la palanca y las bandas.
- b) Desgaste de los bloques, prestando particular atención al extremo muerto en el igualador donde mayor presión es aplicada sobre el revestimiento debido a la rotación.
- c) Que el ajuste sujetador esté nivelado y que las contra tuercas entre el ajuste sujetador y el yugo igualador estén apretadas.

El equipo de suabeo (cable auxiliar) debe tener un guía mecánica, la cual se controla a distancia.

No se permitirá que ningún trabajador maneje la máquina (malacate) a menos que esté debidamente aprobado por la empresa (Supervisor de 24 horas o de 8 horas)

En la Canasta del Enganchador o Encuelladero

Los peines de la canasta del torrero deben mantenerse derechos y estar provistos en su parte inferior de una cadena o cable de seguridad.

La parte movable de la tabla de la canasta del torrero (lengüeta) debe estar provisto de una cadena de seguridad; el último eslabón en ambas puntas de esta cadena debe estar soldado a la lengüeta por un lado y al lado de la tabla por la otra punta.

La canasta del torrero debe estar provisto de un seguro horizontal, al lado de la posición de enganchar los tubos, el cual podrá deslizarse para impedir la caída de las parejas de tubería almacenadas en la torre.

Dichos tubos deben estar provistos de pasadores que se usarán durante la perforación para impedir su caída, por el deslizamiento causado por vibraciones.

En todas las torres, tanto en los equipos de Reacondicionamiento como en los equipos de perforación, la plataforma del torrero deberá estar provisto de un implemento de seguridad que permitirá al torrero bajarse sin usar la escalera de la torre, en caso de una emergencia o flujo del pozo descontrolado (reventón)

Se recomienda el uso del equipo de marca “Gerónimo” en vez del “Garrot”, ya que éste está diseñado rudimentariamente y es incomodo.

El cable donde desliza el implemento antes mencionado debe ser de 7/16” o de 1/2 “de diámetro, el largo de éste cable debe medir dos veces la altura entre la canasta del torrero y el suelo.

Esta guaya no debe tensionarse sino tener un seno de aproximadamente 3 pies.

Debe estar debidamente anclada al suelo y ser capaz de aguantar una tensión de 3,000 libras. Dependiendo de la condición del suelo el punto de ancla debe estar enterrado por lo menos a 3 pies de profundidad.

Se permite usar herramientas de mano en la canasta del torrero cuando es absolutamente necesario; sin embargo, dichas herramientas deben estar siempre amarradas por medio de un mecate cuando no están en uso y bajarse inmediatamente una vez terminado el trabajo con ellas. Es completamente prohibido el uso de botellas o de cualquier otro objeto de vidrio en la canasta del torrero. En todos los equipos, tanto de perforación como de workover se deben reservar dos cinturones de seguridad adicionales.

En torrero debe asegurarse de que en los taladros en que se utilizan el conjunto winche/polea para halar los portamechas, que el cable de acero de dicho sistema no roce contra ninguna parte de la canasta.

De lo contrario, esto debe reportarse al supervisor, el cual tomará las medidas necesarias para corregir esto.

6.1.2 En el Piso de Perforación

Todas las máquinas, malacates, cadenas de transmisión, correas, embragues, etc., deben estar provistos de protectores o guardas.

Mientras se está trabajando en la mesa rotaria o en el malacate principal, bajo ningún pretexto el perforador debe alejarse o dejar su sitio de trabajo, o sea, la máquina (perforación o workover)

La plancha de la cubierta del piso, alrededor de la mesa rotaria debe ser de lámina corrugada. Al desgastarse y ponerse resbaladiza éstas láminas debe cambiarse (perforación y workover)

La práctica de soldar dientes de tenazas usados alrededor de la mesa rotaria, es una solución temporal. Los tacos de madera donde se almacena la sarta de perforación cuando está fuera del pozo, deben mantenerse en buenas condiciones.

Las barandas y pasamanos que se encuentran alrededor del piso de perforación deben estar provistos de una plancha de metal, en su parte inferior, de una altura mínima de 6” para impedir la caída accidental de cualquier objeto o herramienta desde el piso de perforación. El borde inferior de esta plancha debe estar nivelado con la superficie del piso de perforación y workover.

No se deben unir las barandas con mecate o alambre, deben mantenerse en forma rígida en su sitio, y no flojas o sueltas.

Durante la perforación o cualquier otra operación que no requiera el manejo de tubulares por rampa inclinada, se debe meter una cadena o mecate entre las barandas en ambos lados de la parte superior de la rampa (perforación y workover).

Toda la superficie del piso de perforación y workover debe mantenerse limpia y sin grasa o aceite.

No debe permitirse el uso de aparatos o equipos eléctricos sino son a prueba de explosión; ya sea en el piso de perforación o en la casita del perforador (perforación y workover).

Las cadenas enroscadas que no estén en uso deben ser enrolladas y almacenadas en la base del malacate. No dejarlas sueltas en el piso de perforación.

La válvula de seguridad de tubería debe ubicarse siempre frente al malacate, con su respectivo sustituto para enroscarlo en las portamechas o tubería de trabajo. Cuando se usa una válvula tipo TIW de bola, la llave de ésta debe ubicarse en un lugar visible, conocido por todos los trabajadores.

La manguera del cuadrante debe estar provista con cadenas de seguridad de 3/8” en ambos extremos.

Dichas cadenas se conectarán por medio de una grampa al tubo vertical del lodo (Standpipe) y por el otro extremo a la cabeza giratoria (Swivel).

Igualmente, el motor neumático del gira cuadrante (Kelly Spinner) debe estar provisto con una cadena de seguridad, la cual se conectará a la cabeza giratoria.

El hueco de ratón debe estar provisto con una tapa protectora. De igual manera, la parte superior del hueco de ratón debe estar nivelada con el piso de perforación y no sobresalir.

Cuando se utilizan trozos de cable de perforación para forrar el área de almacenamiento de la sarta de perforación, estos deben mantenerse en buenas condiciones. Al desgastarse, frecuentemente se producen puyas por los hilos rotos. Estos deben aplastarse o cortarse hasta que el trozo de guaya pueda ser reemplazado.

6.1.3 En los Tanques de Lodo

Todos los tanques de lodo deben tener un pasillo con pasamano, en caso de que no estén cubiertos con lámina de parrillas.

No se deben dejar huecos o espacios en la superficie de los tanques de lodo. Las escaleras de los tanques de lodo deben amarrarse a éstos por medio de dos tornillos en su extremo superior. Estas deben estar provistas con barandas.

Todos los tanques deben tener una red de lámparas adecuadas. Las bombas centrífugas deberán tener una tapa (guarda) sobre el acople del motor eléctrico. Dicha tapa debe sujetarse por medio de tornillos a la base de la bomba. No deben ubicarse cables eléctricos de los motores de los agitadores, cernidores, mud cleaners (limpiadores de lodo) desarenadores u otros equipos eléctricos por encima de las parrillas de cubierta o en los pasillos. Estos deben estar a los lados de los tanques o dentro de bandejas porta cables.

Los desgasificadores tipo centrífugo (Drilco) o tipo vacum (swaco) deben tener una salida de escape de gas adecuada.

Todos los equipos y accesorios eléctricos en los tanques de lodo deben ser a prueba de explosión.

Las líneas de descarga de las válvulas de alivio en las bombas de lodo, deben amarrarse por medio de grampas al borde del tanque de succión, a menos que retornen en las líneas de succión de bombas.

Todas las válvulas de los tanques de lodo deben tener una asa para abrir o cerrarlas.

Se recuerda que, una gran parte de los accidentes de trabajo provienen del mal uso de las herramientas de mano. Por lo tanto, usar una llave de tubo para abrir o cerrar una válvula mariposa u otro tipo, constituye una mala práctica.

No se debe obstruir los pasillos con productos químicos o cualquier otro objeto.

El pasillo frente a los cernidores y del lado de la laguna, debe mantenerse en buenas condiciones. Debe asegurarse de que este pasillo tenga soportes adecuados y de que esté provisto con barandas.

Las correas de los cernidores deben mantenerse tensionadas y cubiertas con su respectiva tapa.

6.1.4 Equipos Impide Reventón

La válvula impide reventón debe estar nivelada y sujeta por medio de cuatro (4) cables con tensores, los cuales se amarrarán en las vigas de la subestructura por medio de grilletes.

La línea del estrangulador debe estar debidamente anclada.

Todos los arietes deberán cerrarse a distancia por medio de un conjunto de cordones y varillas en el caso que no se pueda usar el KOOMEY.

No se permite hacer trabajos de soldadura en la válvula impide reventón. De igual manera, queda prohibido soldar o rellenar con soldadura las ranuras de los anillos.

El equipo impide reventón que no esté en uso, deberá ser almacenado con protectores de ranuras y tener los huecos de conexiones hidráulicas protegidos con tapones.

La línea de control de pozo debe estar provista con una válvula.

En los taladros de perforación, se recomienda el uso de andamios o plataformas para facilitar los trabajos de instalar o desmontar los impide reventones, cambiar los arietes, etc.

En las unidades de control remoto (koomey) las funciones de las palancas de control deben estar claramente indicadas en español.

La palanca de control de los arietes ciegos debe estar protegida por medio de una tapa u otro dispositivo que impida su uso accidental.

La precarga del acumulador debe hacerse exclusivamente con nitrógeno.

La cadena de la bomba triplex debe estar provista con un protector.

La línea del quemador debe estar debidamente anclada por medio de estacas. Igualmente, debe estar lo más recta posible, ubicarse de tal forma que llevará el chorro de gas lo más lejos posibles del taladro.

El largo mínimo de la línea del quemador es de 100'. Cuando las condiciones de la localización no permita ubicar la línea del quemador en la línea recta, y se deban usar conexiones de alta presión.

Nunca se debe ubicar la línea del quemador en paralelo con los tanques de lodo del sistema activo, o cerca de los tanques de combustible diesel.

6.1.5 Equipos Misceláneos

a) Burros de almacenamiento de Tubería:

Los burros de almacenamiento de tubería deberán estar provistos con pines de una altura mínima de 6" en ambos extremos.

Los burros doblados nunca deben usarse. Al almacenar los tubos revestidores no se debe imponer una carga excesiva en los "burros", ya que éstos pueden doblarse.

Los burros deben estar correctamente nivelados y de misma altura de corredera.

b) Sensor del Indicador de Peso:

El sensor debe mantenerse limpio, libre de barro y debidamente lleno de aceite.

El espacio correcto entre la tapa superior y la tapa inferior de los sensores Martín Decker es de 1/2" mínimo y 5/8" máximo para los modelos E80, y de 3/8" para los modelos E-190 y W59.

6.2 Normas de Seguridad Durante Viajes de Tubería y Manejo de Tubulares

6.2.1 Crown-o-Matic

Existen dos sistemas para parar el bloque viajero antes de que golpee el bloque de la corona, el primero es el sistema Koomey-Duo Block, el cual para el bloque viajero en posición alta e impedir un golpe a la corona, en posición baja, para impedir que el bloque viajero se caiga en el piso de perforación. La práctica demuestra que la eficiencia de este sistema está reducida por dos factores: 1) El diseño complicado y la dificultad para conseguir repuestos y 2) Lo difícil de graduarlo correctamente para que sea un sistema eficaz y confiable. Este sistema trabaja con el número de revoluciones del tambor del malacate. En muchas partes del mundo se considera como ineficaz este sistema.

Crown-o-Matic Este sistema funciona con el número de vueltas del cable de perforación alrededor del tambor del malacate. Cuando se acerca el bloque viajero a la corona, el cable de acero se enrolla en el tambor del malacate, empuja la varilla de una válvula de aire, la cual en este momento cierra el paso del aire del embrague del malacate y pone en acción un pistón conectado al eje de las bandas del freno.

El efecto inmediato es que el malacate se neutraliza por tener el embrague desacoplado, el freno detiene el tambor que está girando por inercia.

La ventaja de este sistema es, esencialmente la simplicidad del diseño, el cual se puede adaptar a cualquier tipo de malacate. Sin embargo, para que sea eficaz y confiable, se deben aplicar las normas siguientes:

Se debe probar el sistema diariamente y cada vez que se va a hacer un viaje con tubería, en ocasiones es necesario neutralizar el sistema cuando se va a cortar cable de perforación. Pero es responsabilidad del Supervisor de la cuadrilla y del perforador asegurarse que el crown-o-matic esté funcionando y probarlo una vez terminada esta operación.

6.2.1.1 Pruebas de Crown-o-Matic

Este debe probarse de tal manera que se disparará cuando la punta “Pin” de una pareja. Está aproximadamente a 10 pies de la mesa rotaria. Se realiza la prueba al guindar una pareja de tubería en el elevador luego se hala el bloque viajero hasta que se dispare el sistema cuando la pareja esté a la altura correcta. Si no se dispara a la distancia de +/- 10 pies del piso, se deberá mover lateralmente la válvula de aire, la cual está montada debajo de un carril en el malacate principal.

NO ES ACEPTABLE una prueba “Manual”- cuando se empuja la varilla de la válvula de aire manualmente.

6.2.2 Cuñas y Elevadores

Cuñas: Cuando estas se usan durante un viaje de tubería queda prohibido meterlas en la mesa golpeándolas con los pies.

Las cuñas deben estar debidamente provistas de elementos adecuados. No deben permitirse mangos de alambres o de mecate improvisados.

Al halar de las cuñas, las palmas de las manos deben estar hacia arriba, ya que si se deben soltar las cuñas, resulta peligrosa hacerlo con las palmas de las manos hacia la mesa rotaria, puede ocasionar lesiones graves de la mano queda aprisionada con el mango, por el movimiento de las cuñas que se comprimen por el peso de la tubería. Es buena práctica engrasar la superficie externa de las cuñas.

6.2.2.1 Elevadores de Tubería

Queda terminantemente prohibido que alguien suba a la torre o a la canasta de enganchador por medio de los elevadores de tubería.

No se debe permitir el uso de un elevador con un cierre defectuoso, ya que si éste se abre con una pareja adentro puede ocasionar lesiones graves al personal del piso de trabajo.

Se deben chequear frecuentemente el desgaste en las siguientes partes:

- a) Los pines de las “orejas” o agarres.
- b) El eje de la bisagra.
- c) Los tornillos en la parte inferior de las “orejas”.

Por otra parte no se debe permitir llevar prenda, cadenas o anillos a los trabajadores que laboran en el taladro, ya que se ha comprobado que llevar un anillo o sortija generalmente aumenta la gravedad de una lesión al aprisionarse el dedo en las cuñas, tenazas u otro equipo.

6.2.3 Cadenas Enroscadoras

Todas las cadenas enroscadoras deben estar provistas de un mecate en la punta, de 8 a 12 pulgadas de largo.

No se deberán usar eslabones divididos o soltar eslabones.

Se deberán dar instrucciones adecuadas al personal en el uso de las cadenas enroscadoras antes de que dicho personal le sea exigido o permitido usarlas.

Las cadenas enroscadoras que no estén en uso deben ser enrolladas y almacenadas en la base del malacate principal. **NO DEJARLAS SUELTAS EN EL PISO DE PERFORACIÓN.**

No se deben usar las cadenas enroscadoras para levantar o halar piezas pesadas en el piso de perforación. El diámetro nominal mínimo aceptable para cadenas enroscadoras es de 5/16”.

6.2.4 Llaves de Maniobra o Tenazas

Las llaves de tenazas deben tener un cable de seguridad para reducirles el juego a un área determinada.

Debe usarse un par de llaves de tenazas para aflojar tubería. No debe de usarse la mesa rotaria para esta operación. De igual manera, queda terminantemente prohibido apretar las brocas a los substitutos usando la mesa rotaria en alta velocidad. La mejor práctica es la de enroscar broca con la mesa rotaria, luego bloquearla con los seguros y aplicar el toque deseado a la broca, por medio de la llave de maniobra.

Cuando haya que aplicar una fuerza extraordinaria a las llaves de tenazas, como por ejemplo: Cuando se aprietan o se aflojan las barras, todos los trabajadores se retiran a posiciones seguras.

Queda prohibido mantener las quijadas de las llaves de tenazas alrededor de la tubería mientras se efectúa un viaje. Se deben apartar bien sea sacando o metiendo tubería al pozo.

Cuando se cambian los dientes de las quijadas, los trabajadores deben usar lentes de protección. Todos los contrapesos de las llaves deben estar suspendidos por medio de cables de un diámetro mínimo de 3/8”, las cuales se revisarán frecuentemente por el torrero,

y durante las mudanzas se evitará que los cables de los contrapesos rocen en alguna parte de la torre.

Se debe evitar el uso de cinceles u otras herramientas inadecuadas para cambiar los dientes de las quijadas.

Desconectar la tubería al trancar la mesa rotaria y mediante el uso de un juego de llaves de tenazas, donde la tubería podría virarse hacia adentro de las cuñas queda terminantemente prohibido.

Los puntos de anclaje de los cables de acero de seguridad de cualquier tipo de llave deben colocarse a la misma altura de la llave.

Deben usarse tres (3) grampas para asegurar los cables de seguridad de las llaves de tenazas.

El cable de la llave de maniobra debe estar debidamente asegurados al punto de anclaje de los malacates auxiliares. Se deben revisar estos frecuentemente, ya que cualquier desgaste o trozo de cable dañado no se nota.

Para efectuar una inspección del cable o de la cadena halarlos afuera completamente, hasta que no quede ninguna vuelta en los malacates auxiliares.

Llaves de Aire

Todas las llaves de aire, de cualquier modelo, deben estar equipadas con una puerta de protección, la cual debe cerrarse antes de que la llave sea puesta en marcha.

Es obligatorio desconectar la manguera de aire o hidráulica antes de realizar un cambio de quijadas, de dientes o de cualquier otro ajuste interno o reparación a la llave.

Otras medidas, tales como bloquear el compresor de aire, antes de realizar las operaciones antes mencionadas son consideradas como inadecuadas.

CONCLUSIONES

1. Durante el desarrollo del presente trabajo de graduación se dieron normas de diseño y mantenimiento donde se evidenciaron diferentes fallas tanto en el montaje e instalación, así como en la operación del equipo, con lo que se logrará un mejor mantenimiento en cualquiera de sus tres aspectos: Preventivo, correctivo y de avería, ya que se trata de cumplir con los tres términos en forma complementaria e integral
2. Los criterios de operación segura se vuelve un renglón importante dentro de los costos de la perforación y/o mantenimiento de un pozo petrolero y a medida que se logre comprender este concepto redundará en beneficio para la operación y consecuentemente para los trabajadores y será desde todo punto de vista un ahorro en los gastos de la perforación.
3. Después de ser obtenidos los conocimientos, ser analizados y la respectiva puesta en práctica se logrará tener un criterio de decisión más profesional, tanto para personas que esté vinculada con el medio o a futuros profesionales que deseen incursionar en esta industria.
4. Para encontrar los riesgos en las actividades de la industria del petróleo, es importante conocer desde dentro la operación y tener como objetivo la toma de decisiones acertadas, pues es uno de los objetivos del presente trabajo de graduación.

5. la industria del petróleo posee normas de seguridad industrial muy estrictas, así como operacionales esto es para la protección del personal y de las instalaciones cabe mencionar que para instalaciones en el mar como plataformas de perforación y producción las normas son aún mas exigentes.

RECOMENDACIONES

1. Para el profesional o persona particular que se inicie en el fascinante mundo del petróleo, encontrará que este documento logra resumir experiencias acumuladas por lo largo de muchos años de trabajo, en los campos petroleros activos de Guatemala y varios en el extranjero, cuyo objetivo es lograr abrir las barreras que en cualquier industria se dan por efecto de muy pocas áreas en donde se pueda aprender algo sobre los equipos o a lo apartado de las operaciones, dando como resultado muy poca divulgación del que hacer de la industria petrolera.
2. Al tener los profesionales egresados de Universidades o técnicos a nivel medio, tendrán capacidad y las herramientas adecuadas para un buen desenvolvimiento dentro de la rama de la operación o el mantenimiento de los equipos de perforación o de reacondicionamiento, a fin de lograr tener mejor criterio de decisión, el presente trabajo pretende dar una mejor visualización de las operaciones en pozos petroleros en Guatemala que redundará en actividades encaminadas al éxito a nivel de empresa como individual.
3. Los diferentes cursos dictados a nivel superior en cualquier país carecen de la parte vital e importante que es la práctica, se debe tratar de encaminar al personal que se vaya vinculando con la industria, por medio de prácticas supervisadas por Centros de estudios Superiores, para beneficio de la fuerza laboral guatemalteca.
4. Cada una de las actividades de operación y mantenimiento deben ser respaldados por una práctica de análisis de riesgo de trabajo y permisos de trabajo que conlleva a una operación segura, ya que analizando los riesgos y a través de pláticas antes de las

actividades, con el objetivo de lograr visualizar los peligros potenciales en el desempeño del trabajo.

5. Existen normas internacionales que se cumplen, tanto en la industria petrolera Guatemalteca, como en todas partes del mundo, como referencia se puede consultar las normas API (*American Petroleum Institute*).

BIBLIOGRAFÍA

1. Catálogo Shaffer Pressure Control. “Installation, Operation and Maintenance Manual” NL Rig Equipment/NL Industries, Inc.
2. Curso Fipetrol Latinoamericana. “Perforación, Completación y Reacondicionamiento de Pozos Nivel 1, 2, 3, 4 y 5”. Caracas, Venezuela 1991.
3. Chilton’s I & CS, “Guide to transmitter Selection”. Sept. 1984.
4. Drilling data Handbook, Gilles GABOLDE, Jean-Paul NGUYEN , Engineers at IFP SEVENTH EDITION COMPLETELY REVISED AND EXPANDED, 1999. Editions Technip 27 Rue Ginoux,75737 Paris Cedex 15 France
5. “Petroleum Extension Service”. The Univerity of Texas At Austin. A Primer if Oilwell Service and Workover. Third Edition 1979.
6. Well completion Workover & Stimulation Course. HK. Van Poolen & Associates Inc.1982.
7. Oil & GAS The production Story , By Ron Baker. Petroleum Estension Service Division of continuing Education, The Universwity of Texas at Autin Austin Texas, 1983

8. Applied Drilling Engineering, Adam Bourgoyne Professor of Petroleum Engineering, Louisiana State U. Keith K. Millheim Manager –Critical Drilling Facility, Amoco Production Co. Martin E. Cehevert Senior Lecturer of Petroleum Engineering, U. of Texas. FS Young Jr. President, Woodway Energy Co. Society of Petroleum Engineers Richardson, TX 1983

9. Sumersible Pump HANDBOOK Centrilift A Baker Huges company 1997, Centrilift Claremore, Oklahoma, 74087

10. Engineering Hanbook, BJ, revised- December 1997, second Printing Dec 2000, BJ Service Houston, TX

11. SI Drilling Manual 1st Edition, Canadian Associatio of Oilwell Drilling contractors Gulf Publishing Company Book Division Housotn London Paris (CAODC) 1982

12. Well Control School An RPC, Inc compay manual de control de pozo curso Website www.Wellcontrol.com New Orlean, Lafayette, LA, Houston Tx. US & International & traveling School –MMS-IADC-IWCF

13. Technical Data Book Wild Well Control Inc. A superior Energy Service company Wld Well control inc. 2003 22730 Gosling Road Spring, Tx 77389 contained herein has been collected from various sorces. Accordingly, Wild Well control Inc.

14. IGERSELL-RAND, Oilfield Products Company, catalog Parts & Maintenece Mobilrig Division, P.O. Box 1101 Pampa TX 79065 unit Serial N 80100-6 Drilling-Workover-Well Servicing. TX U.S.A

15. COMPOSITE CATALOG 40th Revision 1992-1993 in 2 volumes
Of Oil Field Equipment & Services. Published by World Oil a Gulf Publishing
company Publication Box 2606, Houston, Texas 77252, U.S.A. Copyright
1,992

16. Fundamentos de Perforación Tomo 1 Editado por PETROLEUM
EXTENSION
SERVICE , La universidad de Texas- Austin, Texas Jun 1961

17. Drilling Manual Eleventh Edition, 1,992. Seventh Printing International
Association of Drilling Contractors.

18. Backer Packer Catalog a Division of Baker Oil tools, Inc. 1984-1985 catalog
Printed in USA

19. Instruction Manual BOWEN 85 Ton Model S-2.5 Power Swivel W/ unitized
Packing Manual No 5/ 7025 Seventh Printing, October 1984. P.O Box 3186.
Houston TX. Bowen Tools,Inc.

20. Operation & Maintenance Manual for Koomey Blowout Prevnetner Control
System prepared for T-315 ¾” Stewart & Stevenson Oiltools, Inc Op

21. Operator’s Representative Seminar NL Career Development Center/NL
Industries, Inc Book 1 Outline, printed in USA

ANEXOS

ANEXO 1

Unidades de Medida SI para la Industria Petrolera

Propiedades de las Medidas	Unidades Inglesas	Unidad SI	Símbolo	Para Conversión Métrica Multiplique por
Azul de Metileno (equivalente de bentonita)	libras/barril	kilogramos por metro cúbico	kg/m ³	2.85
Concentración de Materiales	libras/barril	kilogramos por metro cúbico	kg/m ³	2.85
Concentración Iónica en Agua	equivalentes por millón	moles por metro cúbico	mol/m ³	1
Densidad del Lodo	libras/galón E.L. UU.	kilogramos por metro cúbico	kg/m ³	-119.82
Diámetros de Hoyo y Tubería y Tamaño de Barreras	pulgadas	milímetros	mm	25.4
Gradiente del Lodo	psi/pie	kilopascuales por metro	kPa/m	22.621
Grosor de la Costra	32avos de pulgada	milímetros	mm	0.794
Longitud y Diámetro de Tubería de Revestimiento	pulgadas	milímetros	mm	25.4
Pérdida por Filtración	milímetros o centímetros cúbicos	centímetros cúbicos	cm ³	1
Peso sobre la Barrera	libras	decantewtons	daN	0.445
Presión	psi	kilopascuales megapascuales	kPa MPa	6.895 0.006 895
Profundidad	pies	metros	m	0.304 8
Punto Cedente Fuerza del Gel y Esfuerzo	libras-pies/100 pies ²	pascuales	Pa	0.478 8 (0.5 para uso en el campo)
Régimen de Corrosión	libras/pie cuadrado/año	gramos por metro cuadrado por año	mm/a	0.025 4
Rendimiento de Bentonita	barriles/tonelada	metros cúbicos por tonelada métrica	m ³ /t	0.175
Rendimiento de Bombas y Régimen de Flujo	EE. UU. galones/minuto barriles/embolada barriles/minuto	metros cúbicos por minuto metros cúbicos por embolada metros cúbicos por minuto	m ³ /min m ³ /emboladas	0.003 78 un barril de petróleo es igual a exactamente 0.158 987 3 m ³
Régimen de Perforación	pies/hora	metros por hora	m/h	0.304 8
Tamaño de Boquillas	32avos de pulgada	milímetros	mm	0.794
Tamaño de Partículas	microns	micrómetros	µm	1
Temperatura	°Fahrenheit	°Celsius	°C	$\frac{°F - 32}{1.8}$
Torsión	pies-libras	newton metros	N·m	1.355 8
Velocidad Anular y Velocidad de las Cuañas	pies/minuto	metros por minuto	m ³ /min	0.304 8
Velocidad de Corte (líquidos)	segundos recíprocos	segundos recíprocos	s ⁻¹	1

Continuación

Propiedades de las Medidas	Unidades Inglesas	Unidad SI	Símbolo	Para Conversión Métrica Multiplique por
Velocidad de la Mesa	revoluciones por minuto	revoluciones por minuto	r/min	1
Viscosidad Aparente y Plástica	centipoise	milipascuales por segundos	mPa·s	1
Viscosidad del Embudo de Marsh segundos/quartillo EE.UU.	segundos/litro	s/litro	s/litro	1.057
Volumen	bariles	metros cúbicos	m ³	0.159 0
	galones EE. UU./embolada	metros cúbicos por embolada	m ³ /embolada	3.785 litros/embolada

La arena, los sólidos y el contenido de aceite se deben reportar como fracción de volumen, utilizando el símbolo ϕ sustituida. Por ejemplo, 12% por volumen de sólidos se reportaría como " ϕ sólidos = 0.12".

El término *densidad relativa* reemplazará al término *gravedad específica*.

Fórmulas Útiles

- Presión hidrostática (kPa) = densidad del lodo (kg/m³) × profundidad (m) × 0.009 8
(para cálculos más rápidos aproxime 0.009 8 a 0.01 - esto le dará un error de 2% de más)
- 105 faldos (de 40kg) baritina = 1 metro cúbico
- Baritina (en faldos de 40kg) utilizada para subir la densidad 1000kg/m³ de lodo = $\frac{1 065 (W_2 - W_1)}{4 250 - W_2}$
- Volumen al comenzar = volumen deseado × $\frac{4 250 - W_2}{4 250 - W_1}$
- Cantidad de agua a añadirse para reducir la densidad del lodo = densidad del lodo (m³) × $\frac{W_1 - W_2}{W_2 - 1 000}$
- Velocidad anular (m/min) = $\frac{\text{rendimiento de la bomba (m}^3\text{/min)} \times 1 273 \times 10^3}{\text{diámetro del hoyo}^2 - \text{diámetro de la tubería}^2}$

ANEXO 2

Cálculos del Servicio del Cable de Perforación

Los cálculos del servicio desempeñado por el cable de perforación durante las diversas operaciones de perforación, se presentan a continuación, primero, en el sistema inglés de medidas, e inmediatamente después, en medidas métricas SI. Usted podrá elegir la sección que corresponda a las prácticas adoptadas por su compañía o empresa nacional.

Calculando las Toneladas-Millas de Servicio del Cable de Perforación, Sistema Inglés

El grado de desgaste que sufre el cable de perforación está estrechamente relacionado con la cantidad de trabajo que ayuda a realizar. La libra-pie es la unidad básica para medir energía, o trabajo. Sin embargo, la cantidad de trabajo realizado en las operaciones de perforación es de tal magnitud que se utilizan toneladas-millas para medir el servicio del cable de perforación. El nuevo miembro de la cuadrilla de perforación no tendrá mucho que ver con el servicio del cable de perforación, pero con el tiempo, asumirá responsabilidades que exijan su atención al servicio desempeñado por éste. Es una buena práctica mantener un registro del servicio del cable, y para que éste tenga significado, es preciso saber cómo calcularlo en toneladas-millas. Hay tablas disponibles que ayudan a calcular el servicio de un cable y se pueden obtener de los fabricantes de cable o del *Manual de Perforación* de la Asociación Internacional de Contratistas de Perforación (IADC).

Las toneladas-millas de servicio se van acumulando durante las carreras, la perforación, la extracción de núcleos, el escarriamiento, las operaciones de pesca, la insertación de tubería de revestimiento - de hecho, durante

cualquier operación donde se ponga una carga en el cable de perforación.

Servicio durante una Carrera

Vamos a calcular primero el servicio del cable durante una carrera (de ida y vuelta en el hoyo), tomando las siguientes condiciones del pozo:

Profundidad del pozo: 7,000 pies

Tubería de perforación: 4½", 20 lbs/pie

Portabarreras: 600 pies, 6¼" diámetro exterior (D.E.), 2¼" diámetro interior (D.I.), 92, lbs/pie

Combinación gancho-bloque: 250-toneladas

Fluido de perforación: 10 lbs/gal

Servicio en el levante de tubería de perforación. De acuerdo a las condiciones anteriores, tenemos $6,400 \times 20 = 128,000$ libras de tubería de perforación en el hoyo. Al levantar la tubería fuera del hoyo, usamos el valor promedio de 64,000 libras porque el peso total de 128,000 libras no representa la cantidad verdadera de trabajo desempeñado. También podríamos haber usado un valor promedio de distancia - 3,200 pies - para obtener el mismo resultado real.

Para determinar el número de toneladas-millas de servicio desempeñadas por el cable de perforación en el levante de 6,400 pies de tubería de perforación fuera del hoyo, multiplicamos el peso promedio de la carga en toneladas ($64,000/2,000 = 32$ toneladas) por la profundidad total en millas ($6,400/5,280 = 1.21$ millas):

$$32 \text{ toneladas} \times 1.21 \text{ millas} = 38.8 \text{ toneladas-millas.}$$

Este cálculo no toma en cuenta el hecho de que otras fuerzas, además del peso de la tubería de perforación, también ejercen su influencia. Estos otros pesos serán tratados como unidades individuales.

Servicio en el levante de portabarrenas. Sujeta al extremo inferior de la tubería de perforación está una sarta de 600 pies de portabarrenas compuesta de unidades que miden 6¼" D.E. y 2¼" D.L., y pesan 92 lbs/pie.

El peso total será

$$\begin{aligned} 600 \times 92 &= 55,200 \text{ libras ó} \\ \frac{55,200}{2,000} &= 27.6 \text{ toneladas.} \end{aligned}$$

El cable de perforación tendrá que levantar esta carga 6,400 pies (1.21 millas) antes que la primera unidad en el extremo superior de la sarta de portabarrenas llegue a la superficie. Esto es

$$\frac{27.6 \text{ toneladas} \times 1.21 \text{ millas}}{\text{toneladas-millas}} = 33.4$$

Para poder extraer del hoyo los portabarrenas sobrantes, empleamos un *promedio* de distancia de 300 pies y un peso total de 27.6 toneladas, para obtener un valor lógico del trabajo desempeñado. Como 300 pies equivale a 0.057 millas (300/5,280 = 0.057), las toneladas-millas de servicio requeridas para extraer los portabarrenas son

$$27.6 \times 0.057 = 1.6 \text{ toneladas-millas.}$$

Hasta ahora, hemos hecho cuentas para 73.8 toneladas-millas (1.6 + 33.4 + 38.8) de servicio del cable de perforación.

Efecto de flotabilidad del lodo en el hoyo. La cifra para toneladas-millas que acabamos de obtener tiene que modificarse para tomar en cuenta la fuerza de flotabilidad que el lodo ejerce sobre la tubería de perforación y los portabarrenas. Existen tablas que ayudan a calcular esta fuerza, y es prudente utilizarlas. Sin embargo, el efecto de flotabilidad puede expresarse como un factor, de acuerdo a la siguiente relación, o ecuación:

$$F = \frac{P_a - P_l}{P_a}$$

donde

F = factor de flotabilidad

P_a = peso específico del acero

P_l = peso específico del lodo.

El acero tiene un peso específico de más o menos 8, y el de un lodo de 10 lbs/gal es de más o menos 1.2. Empleando la ecuación dada, encontraremos que el factor de flotabilidad del lodo es

$$F = \frac{8 - 1.2}{8} = 0.85.$$

Usando este factor, podemos obtener una cifra más exacta para toneladas-millas de servicio, de la siguiente manera:

$$0.85 \times 73.8 = 62.73 \text{ toneladas-millas.}$$

Servicio desempeñado con el bloque viajero gancho, eslabones y elevadores. Durante la extracción de la tubería de perforación y los portabarrenas del hoyo, el conjunto de bloque viajero y gancho, con elevadores y eslabones, ha estado subiendo y bajando con cada parada que se extrae. Nuestro conjunto de bloque y gancho de capacidad para 250 toneladas, con elevadores y eslabones, pesa alrededor de 7.5 toneladas.

Durante la extracción de la tubería y portabarrenas el conjunto ha viajado 7,000 pies hacia arriba y 7,000 pies hacia abajo, o un total de 14,000 pies. Esto es, 2.65 millas (14,000/5,280 = 2.65). El total de toneladas-millas desempeñadas es

$$2.65 \times 7.5 = 19.9 \text{ toneladas-millas.}$$

El lodo en el hoyo no afecta al servicio desempeñado en el levante del bloque viajero y su conjunto; por consiguiente, no es necesario hacer correcciones de los cálculos obtenidos.

Sumando el total de toneladas-millas para transportar la tubería de perforación, portabarrenas y conjunto del bloque viajero, llegamos a una buena aproximación del servicio desempeñado por el cable durante la extracción de la sarta de perforación:

$$62.73 + 19.9 = 82.63 \text{ toneladas-millas.}$$

Servicio total para una carrera. Una breve reflexión nos convencerá que si la misma sarta de perforación se vuelve a bajar dentro del hoyo, el cable de perforación deberá desempeñar el mismo margen de servicio. Aquello resulta en un servicio de 165.26 toneladas-millas para una carrera, justo el doble de la cantidad para el viaje de ida.

Emplee las tablas cuando estén disponibles. Si hubiéramos empleado las tablas disponibles en el *Manual de Perforación* del IADC para calcular las toneladas-millas de servicio, hubiéramos obtenido una cifra más alta para una carrera (176 toneladas-millas en vez de 165.26). Las tablas están basadas sobre información empírica obtenida durante operaciones reales y pueden ofrecer muy buenos resultados cuando se emplean debidamente.

Servicio durante la Perforación

El cable de perforación realiza trabajo durante operaciones de perforación rutinarias (penetración del hoyo). Las toneladas-millas de servicio pueden calcularse de la siguiente manera:

1. Calcule las toneladas-millas de la *última carrera*.
2. Anote las toneladas-millas de servicio de la *carrera anterior*.
3. Reste la cifra menor de la cifra mayor.
4. Multiplique el resultado por 3.

La respuesta es una aproximación cercana del servicio del cable de perforación entre los dos viajes. El factor de 3 fue obtenido después de un estudio detenido de todo el trabajo que el cable de perforación sostiene durante las operaciones de perforación de un hoyo.

Servicio durante la Extracción de Núcleos

El procedimiento para calcular el servicio del cable de perforación durante la extracción de núcleos es parecido al método empleado para calcular el servicio durante un trecho de perforación.

1. Calcule las toneladas-millas de servicio para un viaje dentro del hoyo con el sacanúcleos.
2. Calcule las toneladas-millas de servicio para un viaje fuera del hoyo con el sacanúcleos.
3. Reste la respuesta en (1) la respuesta en (2).
4. Multiplique el resultado por 2.

El producto en el paso 4 es la respuesta deseada para la extracción de núcleos durante el trecho entre los viajes. El factor de 2 se determinó de manera similar a la que se notó para el factor de 3, para operaciones de perforación.

Nota: Las carreras (viajes redondos) mencionadas no se incluyen en la computación del servicio del cable de perforación para operaciones de extracción de núcleos.

Calculando los Megajulios de Servicio del Cable de Perforación, Medidas Métricas SI

El grado de desgaste que sufre el cable de perforación está estrechamente relacionado con la cantidad de trabajo que éste ayuda a realizar. El julio (J) es la unidad básica de energía, o trabajo, y el megajulio representa una considerable cantidad de trabajo. Cuando un malacate mueve una carga que representa 1 000 newtons una distancia de 1 000 metros, se ha desempeñado 1 megajulio de trabajo, o servicio. El nuevo miembro de la cuadrilla de perforación no tendrá mucho que ver con el servicio del cable de perforación, pero con el tiempo asumirá responsabilidades que exijan su atención al servicio desempeñado por éste. Es una buena práctica mantener un registro del servicio del cable, y para que éste tenga significado, es preciso saber como calcular el servicio en megajulios. Hay tablas que ayudan a calcular el servicio de un cable y se pueden obtener de los fabricantes de

cable o del *Manual de Perforación* de la Asociación Canadiense de Contratistas de Perforación Petrolera (CAODC).

Los megajulios de servicio se van acumulando durante las carreras, la perforación, la extracción de núcleos, el escarriamiento, las operaciones de pesca, la inserción de tubería de revestimiento—de hecho, durante cualquier operación donde se ponga una carga en el cable de perforación.

Servicio durante una Carrera

Vamos a calcular primero el servicio del cable durante una carrera (de ida y vuelta dentro del hoyo), tomando las siguientes condiciones del pozo:

Profundidad del pozo: 2 000 m

Tubería de perforación: 115 mm, 27 kg/m

Portabarreras: 200 m, 170 mm diámetro exterior (D.E.), 70 mm diámetro interior (D.I.), 125 kg/m

Combinación gancho-bloque: 250-toneladas métricas

Servicio en el levante de tubería de perforación. De acuerdo a las condiciones anteriores, tenemos $2\,000\text{ m} \times 27\text{ kg/m} = 54\,000\text{ kg}$ de tubería en el hoyo. Al levantar la tubería fuera del hoyo, usamos el valor *promedio* de 27 000 kg porque la masa total de 54 000 kg no representa la cantidad verdadera de trabajo desempeñado. También podríamos haber usado un valor promedio de distancia—1 000 metros—para obtener el mismo resultado real. Necesitamos encontrar la manera de expresar los kilogramos de masa en términos de la fuerza que representa. Para llegar a una cifra en newtons (N), podríamos multiplicar por 9.8—un factor relacionado a la fuerza de gravedad ejercida sobre la masa. Sin embargo, como necesitamos expresar fuerza en decanewtons (daN), tenemos que multiplicar por 0.98 y llegar a un valor de fuerza promedio en decanewtons igual a 26 460 daN.

Un julio es igual a un newton-metro (N·m), así que para calcular la cantidad de trabajo requerida para levantar la tubería del hoyo, multiplicamos metros por decanewtons:

$$2\,000\text{ m} \times 26\,460\text{ daN} = 52\,920\,000\text{ decajulios (daJ)}.$$

Esta incómoda cantidad puede expresarse mejor en megajulios (MJ) (1 megajulio es igual a 100 000 decajulios): 529.2 MJ. El registro ahora indicará que el cable de perforación a desempeñado 529.2 MJ de servicio únicamente sacando la tubería de perforación del hoyo. De hecho, existen otras fuerzas que intervienen, las cuales todavía no hemos considerado.

Fuerzas adicionales de los portabarreras y el bloque viajero.

Sujeta al extremo inferior de la tubería de perforación está una sarta de portabarreras pesados; subiendo y bajando mientras se va extrayendo cada juego de tubería, se encuentra la masa del bloque viajero. Estas fuerzas deben considerarse, así como el efecto positivo de flotabilidad que ejerce el lodo dentro del hoyo. La sarta de portabarreras que está dentro del hoyo es de 200 metros y está compuesta de unidades de 170 mm D.E. y 70 mm D.I. y una masa de 125 kg/m. La masa total de los portabarreras será $200\text{ m} \times 125\text{ kg/m} = 25\,000\text{ kg}$ y la fuerza en decanewtons requerida para levantar esta sarta será $25\,000 \times 0.98 = 24\,500\text{ daN}$. Nos interesa saber cuánto excede esta fuerza a la requerida para levantar 200 m de tubería de perforación. Esto se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} &\text{Fuerza de los portabarreras—Fuerza de} \\ &200\text{ m de tubería de perforación, ó} \\ &24\,500\text{ daN} - (200\text{ m} \times 27\text{ kg/m} \times 0.98) = \\ &19\,208\text{ daN.} \end{aligned}$$

Esta fuerza adicional de 19 208 daN será ejercida a través de una distancia de 1 900 m (la distancia *promedio* que la sarta de portabarreras será levantada). Para obtener los megajulios adicionales de servicio desempeñados por el cable de perforación, multiplicamos de la siguiente manera:

$$\frac{1\,900\text{ m} \times 19\,208\text{ daN}}{100\,000} = 364.95\text{ MJ.}$$

Esta cantidad, aproximada a 365 MJ, se suma a los megajulios de tubería de perforación para obtener 894.2 MJ.

TABLA B1
Fuerza Aproximada de Conjuntos Bloque-Gancho

Capacidad (Toneladas Métricas)	Factor de Fuerza (daN)
75	1 350
110	2 000
160	3 200
175	3 600
250	5 500
350	7 200
500	11 500
650	13 500

Existen tablas (véase la tabla B1) que proporcionan un factor, expresado en decanewtons, que nos permite calcular con facilidad el servicio en megajulios que un bloque viajero de un tamaño determinado impone ante el cable de perforación. Este factor, para una combinación gancho-bloque de 225 toneladas, que es el usado en este problema, es de 5 500 decanewtons. Para convertir esta información a megajulios de servicio, tomamos en cuenta que el bloque sube y baja un total de 4 000 m al extraer la tubería y los portabarreras (2 000 m de subida y 2 000 m de bajada). Multiplicamos esta distancia por el factor proporcionado por la tabla, 5 500 daN, para obtener decajulios y luego dividimos por 100 000 para obtener megajulios:

$$\frac{4\ 000\ m \times 5\ 500\ daN}{100\ 000} = 220\ MJ.$$

Ahora, sumamos esta cantidad al subtotal anterior para obtener $220 + 894.2 = 1\ 114.2\ MJ$.

Efecto de flotabilidad del lodo en el hoyo. El lodo en el hoyo ejercerá una fuerza ascensional sobre la barra maestra. Esta fuerza reduce la cantidad de trabajo que verdaderamente desempeña el cable de perforación y este margen de reducción debe restarse del subtotal obtenido anteriormente para la tubería de perforación y los portabarreras.

El factor de flotabilidad para el acero sumergido en agua es alrededor de 0.873, lo que significa que 1 000 kg de acero "pesarán" solamente 873 kg dentro del agua. Multiplicando este factor (0.873) por los megajulios de

perforación y los portabarreras (894.2 MJ), tenemos 780.6 MJ.

Puesto que el pozo contiene lodo cuya densidad es bastante mayor que el agua, la fuerza de flotabilidad ejercida es considerablemente mayor. La mejor forma de obtener este factor adicional es con el uso de tablas (véase la tabla B2). Nótese que el factor adicional para $1\ 200\ kg/m^3$ es 0.97. Ahora multiplicamos 780.6 MJ por 0.97 para obtener aproximadamente 757.2 MJ. Esta última cantidad

TABLA B2
Factores de Corrección por los Efectos Boyantes de Fluidos de Perforación sobre los Componentes de la Sarta de Perforación

Densidad (kg/m ³)	Factor de Corrección	Densidad (kg/m ³)	Factor de Corrección
1 000	none	1 310	0.954
1 010	0.997	1 320	0.953
1 020	0.995	1 330	0.950
1 030	0.994	1 340	0.949
1 040	0.993	1 350	0.948
1 050	0.990	1 360	0.947
1 060	0.989	1 370	0.945
1 070	0.988	1 380	0.943
1 080	0.987	1 390	0.942
1 090	0.985	1 400	0.941
1 100	0.983	1 410	0.939
1 110	0.982	1 420	0.938
1 120	0.981	1 430	0.936
1 130	0.979	1 440	0.935
1 140	0.978	1 450	0.933
1 150	0.977	1 460	0.932
1 160	0.975	1 470	0.931
1 170	0.973	1 480	0.930
1 180	0.972	1 490	0.928
1 190	0.971	1 500	0.926
1 200	0.970	1 510	0.925
1 210	0.967	1 520	0.924
1 220	0.966	1 530	0.922
1 230	0.965	1 540	0.920
1 240	0.964	1 550	0.918
1 250	0.962	1 560	0.917
1 260	0.961	1 570	0.915
1 270	0.959	1 580	0.914
1 280	0.958	1 590	0.912
1 290	0.956	1 600	0.911
1 300	0.955	1 610	0.909

FUENTE: Wrights Canadian Ropes, Ltd.

NOTA: Para densidades que no sean $1\ 000\ kg/m^3$ (agua), multiplique los megajulios obtenidos de las tablas de megajulios por los factores de corrección apropiados encontrados en esta tabla. Esta tabla da por sentado que un factor de 0.873 ha sido previamente aplicada para tomar en cuenta el

representa el trabajo realizado en la sarta de perforación (tubería y portabarrenas) por el cable de perforación. Luego sumamos a esto los megajulios de servicio debidos al bloque viajero (220 MJ) y obtenemos un total de 977.2 MJ de servicio atribuible al hecho de extraer la sarta del hoyo.

Servicio total para una carrera. Una breve reflexión nos convencerá que si la misma sarta de perforación se vuelve a bajar dentro del hoyo, el cable de perforación deberá desempeñar el mismo margen de servicio. Aquello resulta en un rendimiento total para una carrera, igual a 1 954.4 MJ.

Los cálculos que acabamos de mencionar pueden ser representados por la siguiente ecuación. Esta fórmula está de acuerdo con las "Prácticas para la Industria Petrolera" estipuladas por la CAODC y la Asociación Canadiense del Petróleo (CPA) que forman la base para las Tablas de Megajulios publicadas en el *Manual de Perforación* de la CAODC y por la compañía fabricante de cable de acero, Wrights Canadian Ropes Ltd. El uso de estas tablas resulta más conveniente que tener que hacer cálculos, y éstas pueden estar disponibles en la instalación de perforación. Por consiguiente no es necesario memorizar la fórmula

$$MJ = 0.980\ 65 \frac{lL(L + 1) + 4L(M + a/2)}{100\ 000}$$

donde

- l = masa de la tubería de perforación (kg/m) \times 0.873 (el factor de flotabilidad para el agua);
- L = longitud de la sarta por moverse, o profundidad del hoyo (m);
- p = longitud de una parada (m);
- M = masa de gancho, bloques y eslabones (kg);
- a = masa adicional atribuible a portabarrenas (kg/m) = masa de portabarrenas (kg/m), menos masa de tubería de perforación (kg/m), por el factor de flotabilidad del agua (0.873), por longitud de portabarrenas (m); y

0.980 65 = el valor constante para obtener la fuerza en decanewtons resultante de la masa en kilogramos.

La fórmula de arriba puede emplearse en caso de no tener la tabla datos sobre una profundidad específica y una combinación particular de tubería y portabarrenas.

Servicio durante la Perforación

El cable de perforación realiza trabajo durante operaciones de perforación rutinarias (penetración del hoyo). Los megajulios de servicio pueden calcularse de la siguiente manera:

1. Calcule los megajulios de la última *carrera*.
2. Anote los megajulios de servicio de la *carrera anterior*.
3. Reste la cifra menor de la cifra mayor.
4. Multiplique el resultado por 3.

La respuesta es una buena aproximación del servicio del cable de perforación entre las dos carreras. El factor de 3 fue obtenido después de un estudio detenido de todo el trabajo que el cable de perforación sostiene durante las operaciones de perforación de un hoyo.

Servicio durante la Extracción de Núcleos

El procedimiento para calcular el servicio del cable de perforación durante la extracción de núcleos, es parecido al método empleado para calcular el servicio durante un tramo de perforación.

1. Calcule los megajulios de servicio para un viaje dentro del hoyo con el sacanúcleos.
2. Calcule los megajulios de servicio para un viaje fuera del hoyo con el sacanúcleos.
3. Reste la respuesta en (1) de la respuesta en (2).
4. Multiplique el resultado por 2.

El producto en el paso 4 es la respuesta deseada para la extracción de núcleos durante el tramo entre los viajes. El factor de 2 se determinó de manera similar a la que se notó para el factor de 3 para operaciones de perforación.

Nota: Las carreras mencionadas no se incluyen en la computación del servicio del cable de

perforación para operaciones de extracción de núcleos.

Servicio durante la Inserción de Tubería de Revestimiento.

La inserción de tubería de revestimiento es semejante al proceso de meter tubería de perforación en el hoyo. A continuación, los pasos para calcular los megajulios de servicio de un cable de perforación que inserta 3 000 metros de tubería de revestimiento en un hoyo que contiene 1 200 kg/m³ de lodo. La tubería de revestimiento es de 178 mm, 34.3 kg/m. El peso del conjunto bloque, gancho y elevador es 10 800 daN.

1. Determine la masa total de los 3 000 m de tubería de revestimiento, empleando las tablas o multiplicando directamente. Multiplique la masa total por 0.98 para obtener la carga de la tubería de revestimiento en decanewtons.

$$34.3 \text{ kg/m} \times 3\,000 \text{ m} \times 0.98 \cong 100\,815.27 \text{ daN.}$$

2. Calcule la carga de la tubería de revestimiento suspendida en el lodo. Esto se logra multiplicando primero el valor de la carga en el paso 1 por 0.873. Luego multiplique por un factor de corrección tomado de la tabla 8, o una parecida, que corresponda a la densidad del lodo. En este caso, la densidad es de 1 200 kg/m³ y el factor de corrección es de 0.970.

$$100\,815.27 \text{ daN} \times 0.873 \times 0.97 \cong 85\,371.38 \text{ daN.}$$

3. Multiplique el resultado del paso 2 por 3 000 m para obtener decajulios, luego divida por 100 000 para obtener megajulios.

$$85\,371.38 \text{ daN} \times 3\,000 \text{ m} \div 100\,000 \cong 2\,561.14 \text{ MJ.}$$

4. Puesto que la tubería de revestimiento será manejada por un promedio de solo 1 500 m, divida los resultados del paso 3 por 2 para obtener el promedio de megajulios para el manejo de una carga de tubería de revestimiento.

$$2\,561.14 \div 2 = 1\,280.57 \text{ MJ.}$$

5. Multiplique el peso (en decanewtons) del conjunto bloque-gancho-elevador por 3 000 m. Ahora divida esta cantidad por 100 000 para obtener la respuesta en megajulios.

$$10\,800 \text{ daN} \times 3\,000 \text{ m} \div 100\,000 = 324 \text{ MJ.}$$

6. Sume las cifras en megajulios obtenidas en los pasos 4 y 5 para obtener el servicio total del cable de perforación, requerido para insertar la tubería de revestimiento en el hoyo.

$$1\,280.57 \text{ MJ} + 324 \text{ MJ} = 1\,604.57 \text{ MJ.}$$

Exactitud de los cálculos

Los métodos descritos para calcular el servicio de un cable de perforación son bastante aceptables. Naturalmente que habrán errores a menos que se tenga mucho cuidado y precisión para establecer valores exactos para todas las variables. Es necesario tener mucho cuidado para determinar los verdaderos valores de los siguientes factores:

1. Densidad del lodo
2. Longitud y masa de la tubería de perforación y los portabarrenas
3. El peso combinado del gancho, bloque y otros componentes del conjunto viajero
4. La longitud de cada juego de tubería
5. Cualquier cambio en el número de portabarrenas empleados u otros cambios en la constitución de la sarta de perforación

La exactitud es importante desde el punto de vista económico, y la seguridad también lo es. Una vez que el cable de perforación ha llegado al final de su vida útil, es peligroso continuar utilizándolo porque su falla podría lesionar a miembros de la cuadrilla y, posiblemente, causar daños costosos al equipo. Por otra parte, desechar un cable antes de tiempo, simplemente porque unos registros equivocados le atribuyen más megajulios de servicio de los que ha desempeñado, resulta una pérdida económica que puede ser considerable.

ANEXO 3

Programas de Corte para Cables de Perforación Rotatoria

Los programas de deslizamiento y corte para cables de perforación varían de muy formales a muy informales, dependiendo de las condiciones del pozo que se perfora, de la experiencia y prácticas de la empresa o del contratista de perforación. Tales programas deben evaluarse cuidadosamente en lo que se refiere a su efecto sobre los aspectos de seguridad y de economía de la operación; muchas veces, éstos pueden producir importantes diferencias. Casi siempre se puede solicitar ayuda de los representantes de venta de cable para establecer un programa efectivo.

Programa Formal de Deslizamiento y Corte

El programa más sofisticado toma en cuenta el trabajo desempeñado por el cable (en toneladas-millas o megajulios, antes mencionadas en el Apéndice B), considera los puntos críticos de desgaste de la línea y establece guías de conducta para la seguridad del personal y del equipo.

Para planificar un programa de este tipo, es necesaria una persona con amplio conocimiento acerca del comercio de cables de acero. Antes que nada, hay que analizar la instalación de perforación para determinar (1) los puntos de levante de carga encima y debajo del alcance de recorrido del bloque viajero en una torre o mástil; (2) la posición del ancla de la línea muerta en relación a la polea de la misma; (3) la línea central del tambor en relación a la polea de la línea viva; (4) los puntos de cruzamiento en el tambor y el tamaño del mismo; (5) el tamaño de las poleas en los bloques de corona y viajero; (6) el tamaño del cable de perforación; y (7) el factor de rendimiento o el factor de seguridad pertinente al área y al trabajo por realizarse.

Una vez compilados estos datos, se puede computar un programa de deslizamiento y corte, y verificarlo por medio de un procedimiento gráfico. Los cálculos tienden a ser una serie de aproximaciones, y por esta razón, este procedimiento deberá ser llevado a cabo por un profesional de amplia experiencia.

Para este tipo de programa es esencial mantener registros precisos de las toneladas-millas (megajulios) de servicio, y el deslizamiento y corte debe seguir minuciosamente el procedimiento del programa para obtener resultados satisfactorios. Tanto la cuadrilla como los supervisores deben estar dedicados a llevar a cabo este programa.

Ejemplo de un Programa de Deslizamiento y Corte

Existen tablas y gráficas donde aparecen datos útiles que toman en cuenta los diversos factores que deben considerarse para desarrollar un programa de deslizamiento y corte. Estos datos podrán encontrarse en las publicaciones del Instituto Americano del Petróleo (API), en sus prácticas recomendadas (por ejemplo, API RP 9B) o en el *Manual de Perforación* de la Asociación Internacional de Contratistas de Perforación (IADC).

Factor de seguridad. El factor de seguridad proporciona un multiplicador para graduar los valores de una determinada tabla o gráfica de tonelada-millas (megajulios). La graduación, o ajuste, hace que la cifra tomada de la tabla o gráfica, represente de manera más exacta, el rendimiento que razonablemente puede esperarse del cable de perforación. En la figura C1 aparece una curva que muestra la relación entre los factores de servicio y los factores de diseño, la cual deberá emplearse para corregir la

Diámetro del cable: 1 1/4 pulgadas
Total de cable por guarnirse: 1,500 pies
Cable que queda por cortarse: 2,000 pies
Localización del sitio de perforación: Rocky
Mountains

Usando esta información y refiriéndonos a la tabla C1, vemos que el primer corte debe llegar después de 1,000 toneladas-millas de servicio, y la cantidad de cable cortado debe ser igual a 12 1/2 vueltas del tambor del malacate. Los cortes de una longitud semejante deben ejecutarse después de cada 800 toneladas-millas de servicio adicionales. Habiendo tomado en cuenta los cortes sugeridos, nos convendría preparar una gráfica con una línea recta simple, tal como la que aparece en la figura C2. Esta gráfica demuestra que, a 1,000 toneladas-millas de servicio se efectuó un corte de 90 pies; y se ejecutaron cortes semejantes a 1,800, 2,600, 3,400, 4,200, etc. toneladas-millas. Si, después de haber realizado todos los cortes, el cable se muestra en mejores condiciones de lo esperado, quizás será necesario aumentar la cifra de toneladas-millas por corte para el próximo cable nuevo (de reemplazo). Si por otra parte, fuera necesario ejecutar un corte excesivamente largo para descartar cable malamente desgastado, las toneladas-millas por cada corte, tal vez, deberán disminuirse. Las condiciones que hacen necesario incrementar el número de toneladas-millas por corte, por un lado, y aquéllas que requieren una reducción, por el otro, aparecen en la gráfica como líneas de puntos. En cada caso, la selección de una alternativa "menos óptima" disminuye el rendimiento del cable.

Ahora, suponga las siguientes condiciones para la operación de perforación, en medidas métricas SI:

Altura de torre o mástil: 43.28 metros
Diámetro del tambor: 711.20 milímetros
Diámetro del cable: 31.75 milímetros
Total de cable por guarnirse: 457.20 metros
Cable que queda por cortarse: 609.60 metros
Localización del sitio de perforación: Rocky
Mountains

Usando esta información y refiriéndonos a la tabla C2, vemos que el primer corte debe llegar

después de 14 317 megajulios de servicio, y la cantidad de cable cortado debe ser igual a 12 1/2 vueltas del tambor del malacate. Los cortes de una longitud semejante deben ejecutarse después de cada 11 454 megajulios de servicio adicionales. Habiendo tomado en cuenta los cortes sugeridos, nos convendría preparar una gráfica con una línea recta simple, tal como la que aparece en la figura C3. Esa gráfica demuestra que a 14 317 megajulios de servicio se ejecutó un corte de 27 metros; y se ejecutaron cortes semejantes a 25 771, 37 224, 48 678, 60 131, etc. megajulios. Si, después de haber realizado todos los cortes, el cable se muestra en mejores condiciones de lo esperado, quizás será necesario aumentar la cifra de megajulios por corte para el próximo cable nuevo (de reemplazo). Si por otro lado, fuera necesario ejecutar un corte excesivamente largo para descartar cable malamente desgastado, los megajulios por cada corte, tal vez, deberán disminuirse. Las condiciones que hacen necesario incrementar el número de megajulios por corte, por un lado, y aquéllas que requieren una reducción, por el otro, aparecen en la gráfica como líneas de puntos. En cada caso, la selección de una alternativa "menos óptima" disminuye el servicio del cable.

Deslizando el Cable entre Cortes

Algunas empresas o contratistas, juzgan que el deslizamiento del cable entre cortes sí es justificable, en vista del mayor rendimiento que desempeñará el cable de perforación. Otros juzgan que esta maniobra no ofrece suficiente beneficio para compensar el tiempo perdido durante la operación.

Es un hecho que el deslizamiento del cable toma tiempo, aumenta la cantidad de registros que deben mantenerse y admite la posibilidad de confusiones que pudieran conducir a errores en el cálculo del verdadero servicio en toneladas-millas (megajulios). El deslizamiento del cable consiste en alimentar unos cuantos pies (metros) de cable del carrete de abastecimiento dentro del patrón de guarnido. La cantidad de cable

TABLA C1
Longitud de Corte para Alturas de Instalaciones de 142, 143 y 147 Pies

Diámetro del Cable 1 1/2"		Factor de Diseño 5							
Diámetro del Tambor (pulgadas)	Núm. de Vueltas Hasta el Corte	Toneladas-millas antes de cada corte de 90 a 100 pies							
		Oklahoma		Texas Occidental New Mexico		Costa del Golfo California		Rocky Mountain	
		Primer Corte	Cortes Adicionales	Primer Corte	Cortes Adicionales	Primer Corte	Cortes Adicionales	Primer Corte	Cortes Adicionales
32	10%	1,200	1,000	1,100	900	1,300	1,100	1,000	800
30	11%	1,200	1,000	1,100	900	1,300	1,100	1,000	800
28	12%	1,200	1,000	1,100	900	1,300	1,100	1,000	800
26	13%	1,200	1,000	1,100	900	1,300	1,100	1,000	800
24	14%	1,200	1,000	1,100	900	1,300	1,100	1,000	800

valores de las toneladas-millas (megajulios) de las tablas o gráficas. Si las condiciones exigen un factor de diseño menor (calidad inferior de la línea de acero, ángulo de desviación grande, poleas de subtamaño, etc.), la curva indicará un factor menor que unitario. Este factor se utiliza para multiplicar las toneladas-millas (megajulios) entre los cortes, como se muestra en la tabla. Un factor de diseño de 4 requiere un factor de corrección de 0.8, mientras que un factor de diseño de 6 requiere un factor de corrección de 1.15. En el último caso, el número de toneladas-millas (megajulios) entre cada corte será 15 por ciento mayor que el valor promedio indicado para un factor de diseño de 5.

Tablas de corte. Las tablas C1 y C2 son un ejemplo de una de tantas tablas compiladas para las diversas combinaciones de altura de torres o mástiles, tamaño del cable de perforación, tamaño del tambor y localización geográfica. Típicamente, las tablas suponen un factor de diseño de 5, y cada tabla sugiere longitudes de

corte, en términos de las toneladas-millas (megajulios) de servicio. Dada la altura de la torre o mástil y el diámetro del tambor, la tabla sugiere una longitud de corte determinada. Esta longitud proporciona un margen de seguridad prudente que evita que cualquier parte del cable de perforación que ha estado situada en un área crítica de desgaste, vuelva a situarse en otro punto crítico de desgaste semejante.

Note que los primeros cortes se ejecutan a toneladas-millas (megajulios) de servicio algo mayores que los cortes subsiguientes, un método que con la experiencia se ha demostrado, vale la pena.

Un programa típico. Puede ser ilustrativo repasar un ejemplo que cubra el servicio de un cable de perforación, desde su primera instalación hasta su desgaste eventual. Suponga las siguientes condiciones para la operación de perforación, en medidas inglesas:

Altura de torre o mástil: 142 pies
Diámetro del tambor: 28 pulgadas

TABLA C2
Longitud de Corte para Alturas de Instalaciones de 43 m, 44 m y 45 m

Diámetro del Cable 31.75 mm		Factor de Diseño 5							
Diámetro del Tambor (mm)	Núm. de Vueltas Hasta el Corte	Megajulios* antes de cada corte de 27 a 30 m							
		Oklahoma		Texas Occidental New Mexico		Costa del Golfo California		Rocky Mountain	
		Primer Corte	Cortes Adicionales	Primer Corte	Cortes Adicionales	Primer Corte	Cortes Adicionales	Primer Corte	Cortes Adicionales
812.8	10%	17 180	14 317	15 749	12 885	18 612	15 749	14 317	11 454
762.0	11%	17 180	14 317	15 749	12 885	18 612	15 749	14 317	11 454
711.2	12%	17 180	14 317	15 749	12 885	18 612	15 749	14 317	11 454
660.4	13%	17 180	14 317	15 749	12 885	18 612	15 749	14 317	11 454
609.6	14%	17 180	14 317	15 749	12 885	18 612	15 749	14 317	11 454

*1 Tonelada Mila = 14.31744 Megajulios

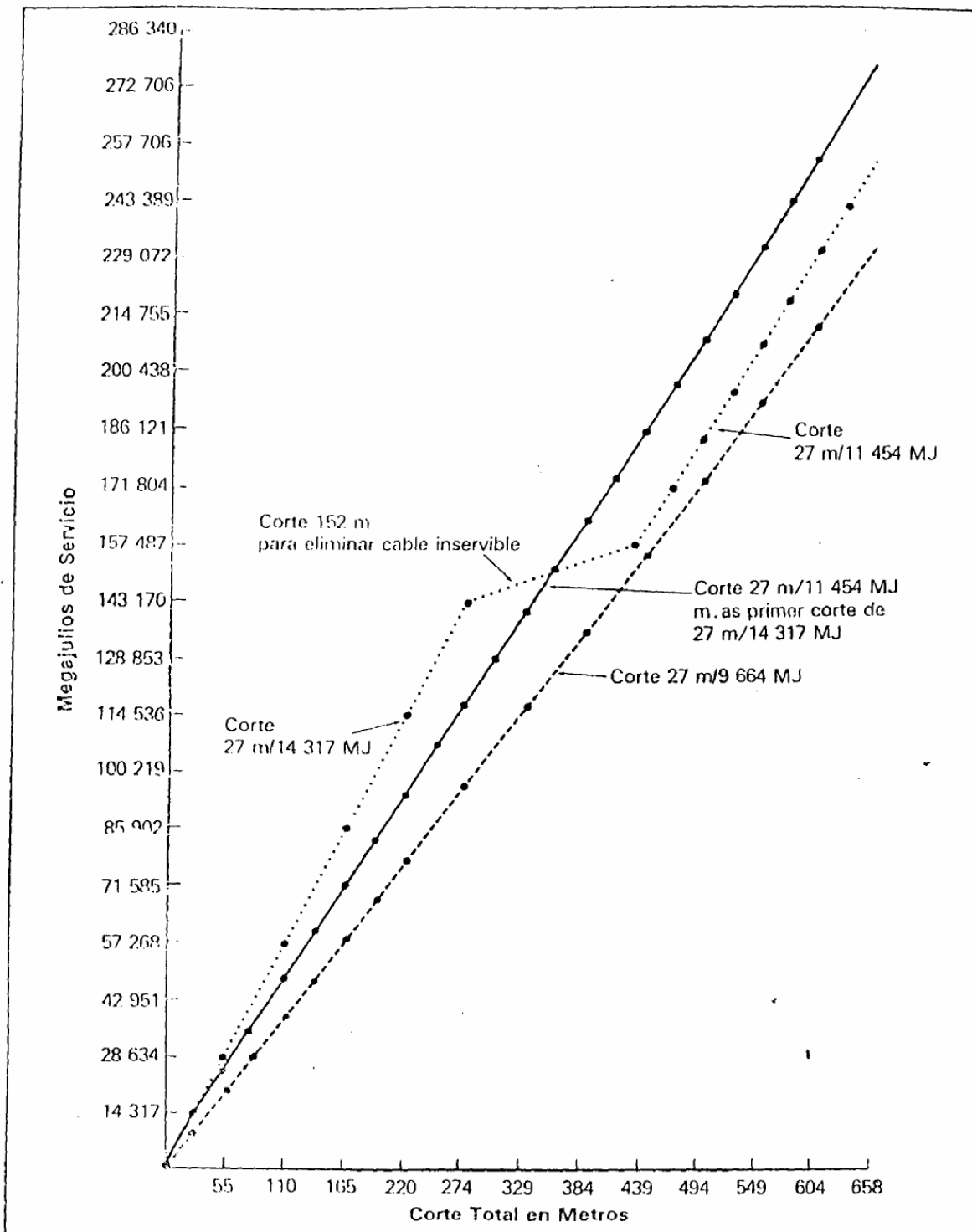


Figura C3

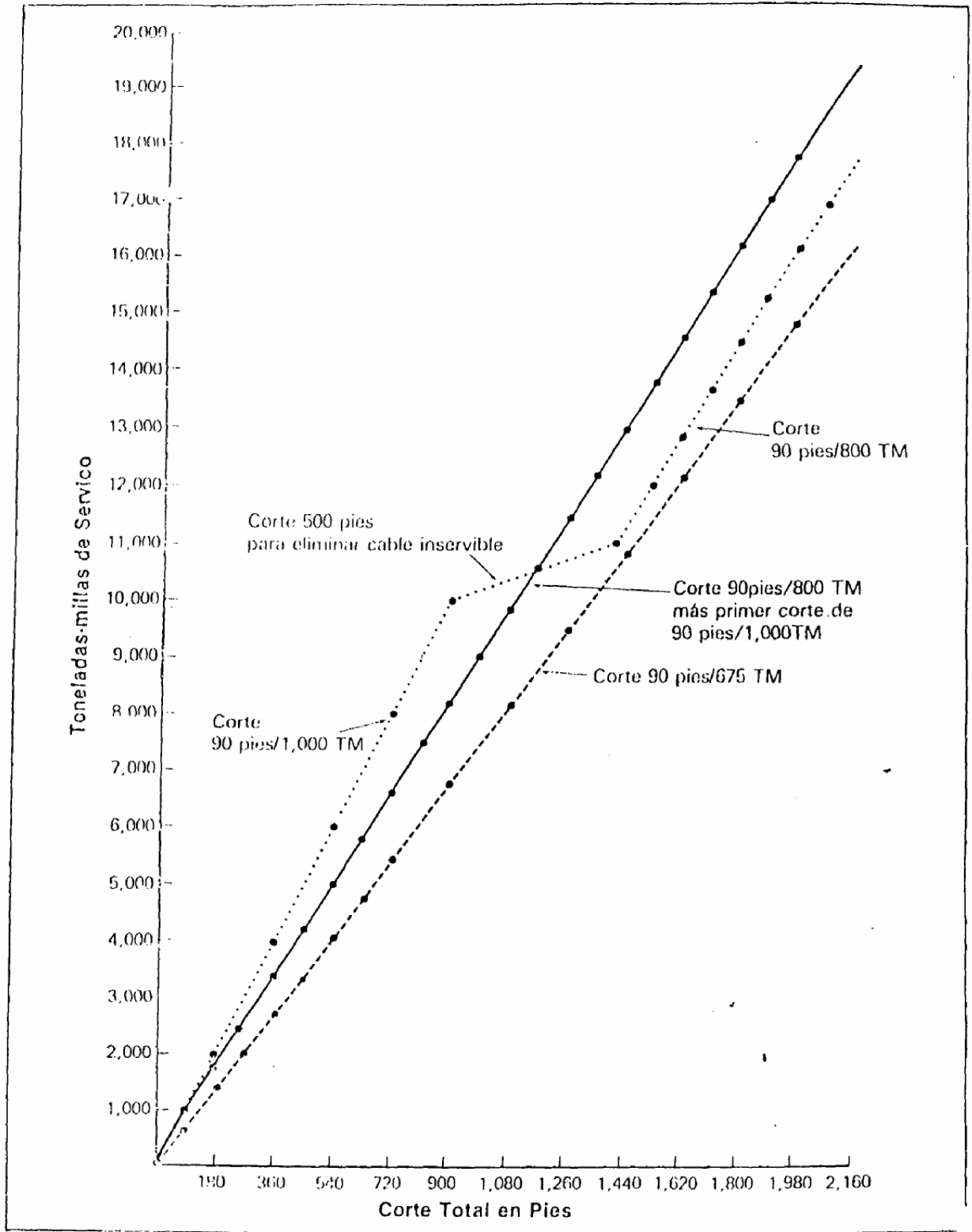


Figura C2

ANEXO 4

Dificultades en el Campo y sus Causas

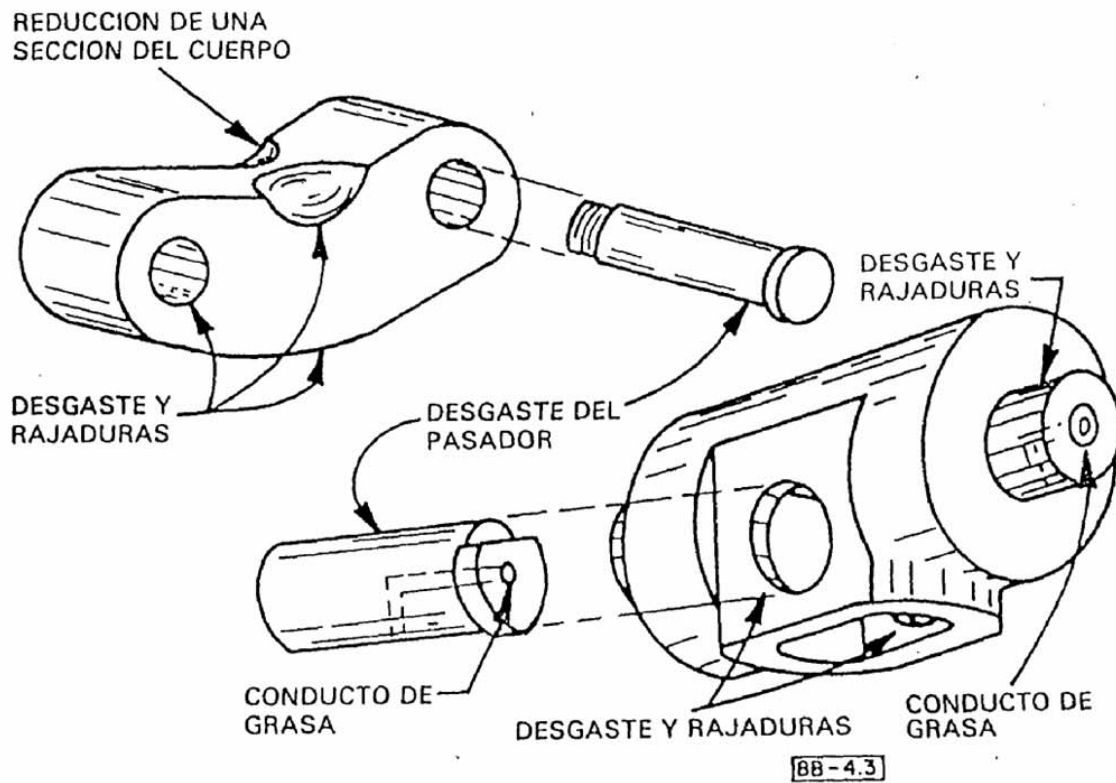
(Adaptado de API RP 9B)

Todo cable de acero en uso se deteriorará eventualmente, pero se pueden evitar ciertas condiciones de trabajo que acortan sustancialmente la vida útil del cable. El cuadro a continuación describe ciertas dificultades en el campo y las causas probables, y podrá ayudar al trabajador en el campo petrolero a percatarse de ellas y evitarlas.

Problema	Causa Probable
Cable roto (todas las madejas)	Sobrecarga como resultado de impacto o golpe severo, torcedura, daño, desgaste localizado, debilitamiento de una o más madejas, e oxidación y pérdida de elasticidad. Pérdida del área metálica debido a la ruptura del cable por doblamiento excesivo.
Separación de una o más madejas enteras	Sobrecarga, retorcedura, interferencia del separador, desgaste localizado e oxidación. Fatiga, velocidad excesiva, resbalamiento o funcionamiento aflojado. Concentración de la vibración en la polea muerta o en el ancla de la línea muerta.
Corrosión excesiva	Falta de lubricación. Exposición a rociamiento de sal, gases corrosivos, aguas alcalinas, agua ácida, lodo o tierra. Período de inactividad sin protección adecuada.
Cable doblado o roto al llegar al local	Hacer rodar el carrete sobre obstáculos, o dejarlo caer de un carro, camión o plataforma. Uso de cadenas como ligadura sin tablas protectoras, o uso de palanca contra la superficie del cable. Clavar el cable contra el reborde del carrete.
Retorceduras, recodos y otros lugares deformados	Mal enrollamiento en el tambor. Amarre mal hecho. Anclaje impropio ejecutado. Carretes de tambor abierto con ejes longitudinales demasiado separados. Interferencia del separador. La unión de listones mal espaciados para aumentar el diámetro del tambor. Sometimiento del cable a tensión mientras pasa sobre una polea pequeña o algún obstáculo.
Rotura prematura de los alambres	Calor por fricción desarrollado por presión o resbalamiento, a cualquier profundidad de perforación.

Adaptador Bloque viajero - Gancho

INSPECCION:

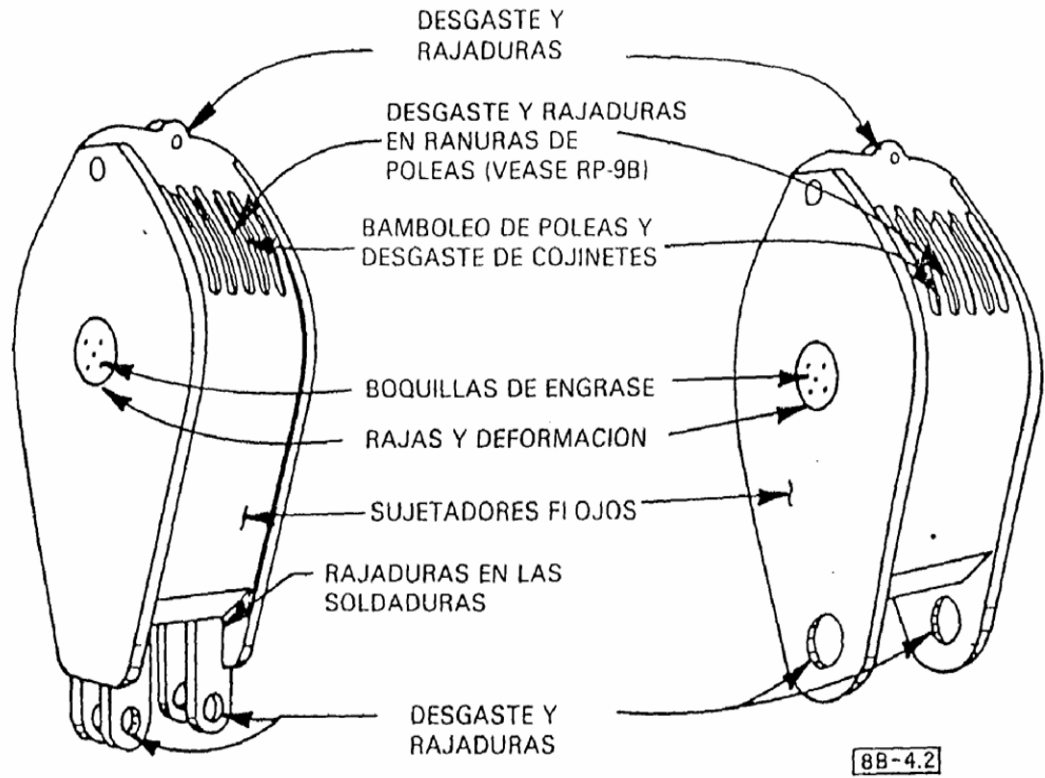


MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Aplicar una capa de grasa en la superficie de desgaste del grillete.
3. Quitar toda seña de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.
4. Revisar y sujetar todos los pasadores.

Bloque viajero

INSPECCION:

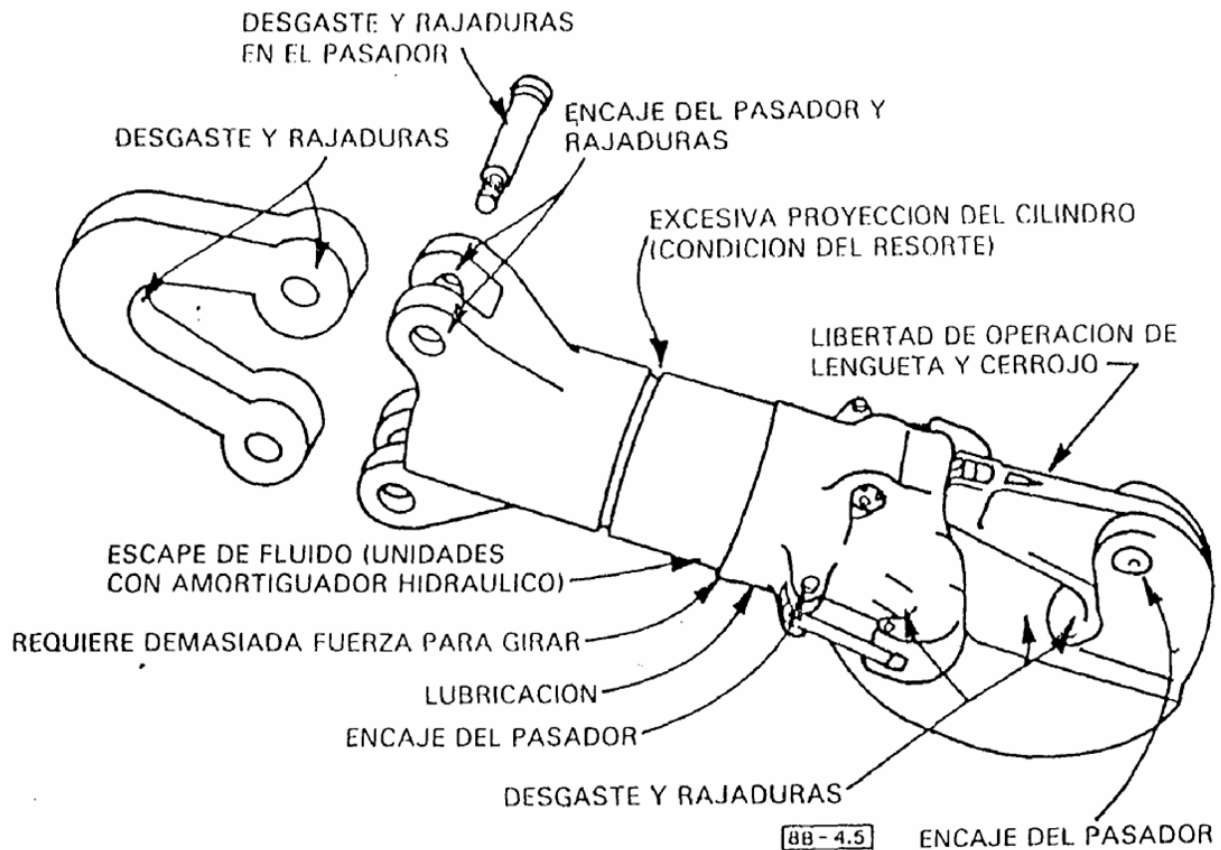


MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Lubricar los cojinetes.
3. Quitar toda señal de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.
4. Revisar y asegurar todos los sujetadores.

Gancho de Perforación

INSPECCION:

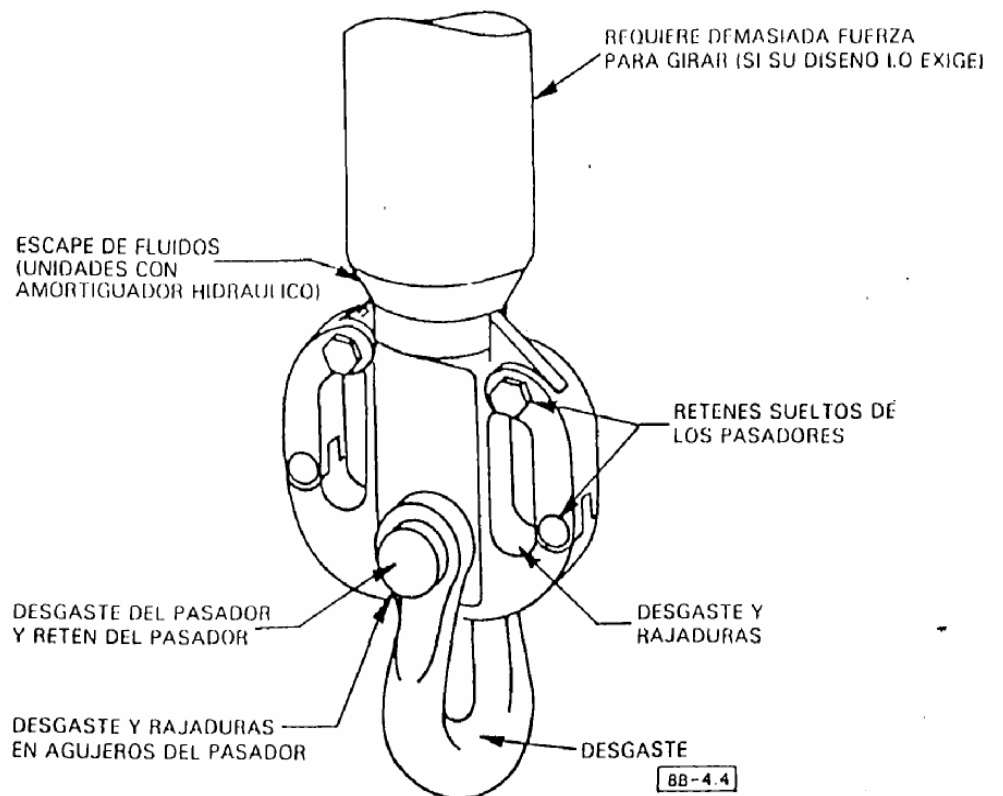


MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Aplicar una capa de grasa en el mecanismo del cerrojo, eslabones y montura.
3. Lubricar toda boquilla de engrase.
4. En unidades con amortiguador hidráulico, revisar nivel de aceite y cambiar aceite a intervalos recomendados por el fabricante.
5. Lubricar con aceite pasadores que no estén accesibles a la lubricación con grasa.
6. Quitar toda señal de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.
7. Revisar y asegurar pasadores y sujetadores.

Adaptador de Eslabones

INSPECCION:

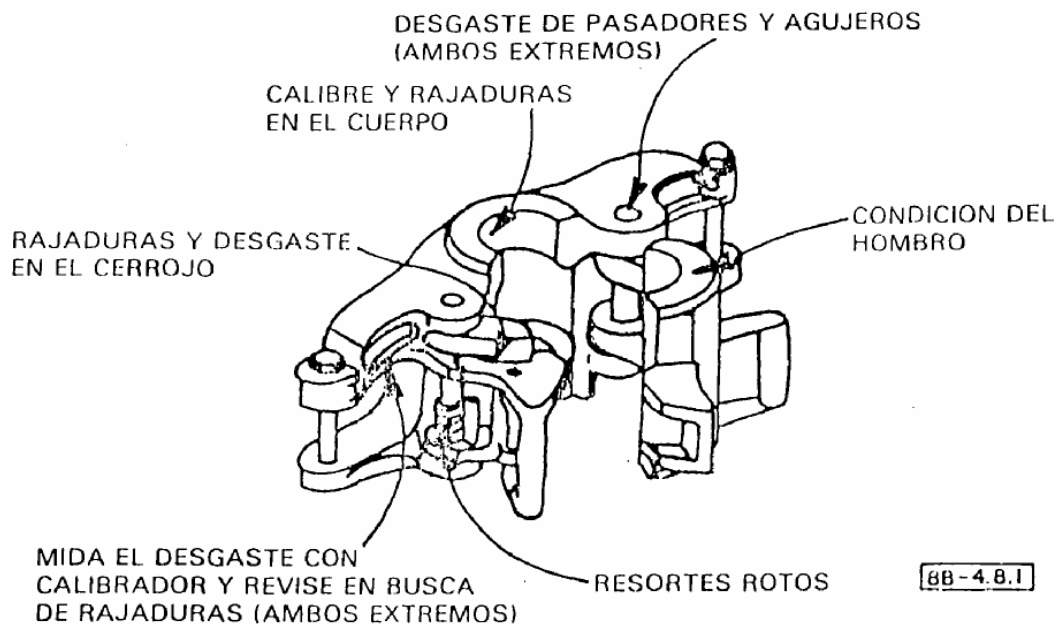


MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Aplicar una capa de grasa en las superficies de desgaste.
3. En unidades con amortiguador hidráulico, revisar nivel de aceite y cambiar aceite a intervalos recomendados por el fabricante.
4. Quitar toda señal de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.
5. Lubricar con aceite pasadores que no estén accesibles a la lubricación con grasa.
6. Revisar y asegurar pasadores y sujetadores.

Elevador para Tubería de Revestimiento (Casing), Producción ó Perforación Elevador de Cerrojo Lateral

INSPECCION:



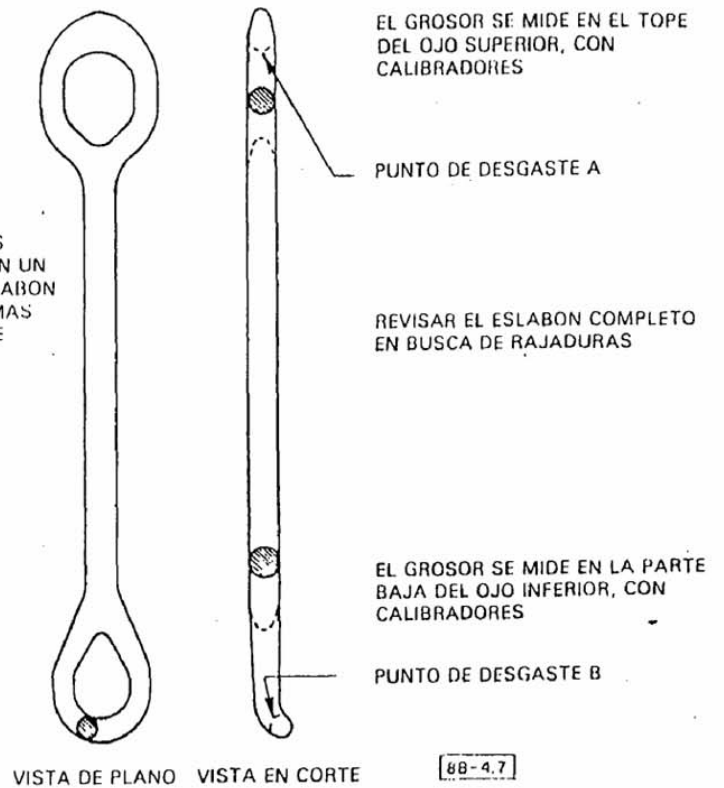
MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Aplicar una capa de grasa en las superficies de desgaste del brazo del eslabón, perno del cerrojo y asiento del hoyo, en los elevadores cuello de botella.
3. Lubricar pasador de la bisagra.
4. Quitar toda seña de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.
5. Revisar y asegurar pasadores y sujetadores.

Eslabón de Elevadores (brazos)

INSPECCION:

PARA DETERMINAR LA FUERZA DE LOS ESLABONES DESGASTADOS, MIDA CON UN CALIBRADOR. LA CAPACIDAD DEL ESLABON ES IGUAL A LA CAPACIDAD DEL OJO MAS DEBIL. CONSULTE CON EL FABRICANTE SOBRE LA CLASIFICACION.

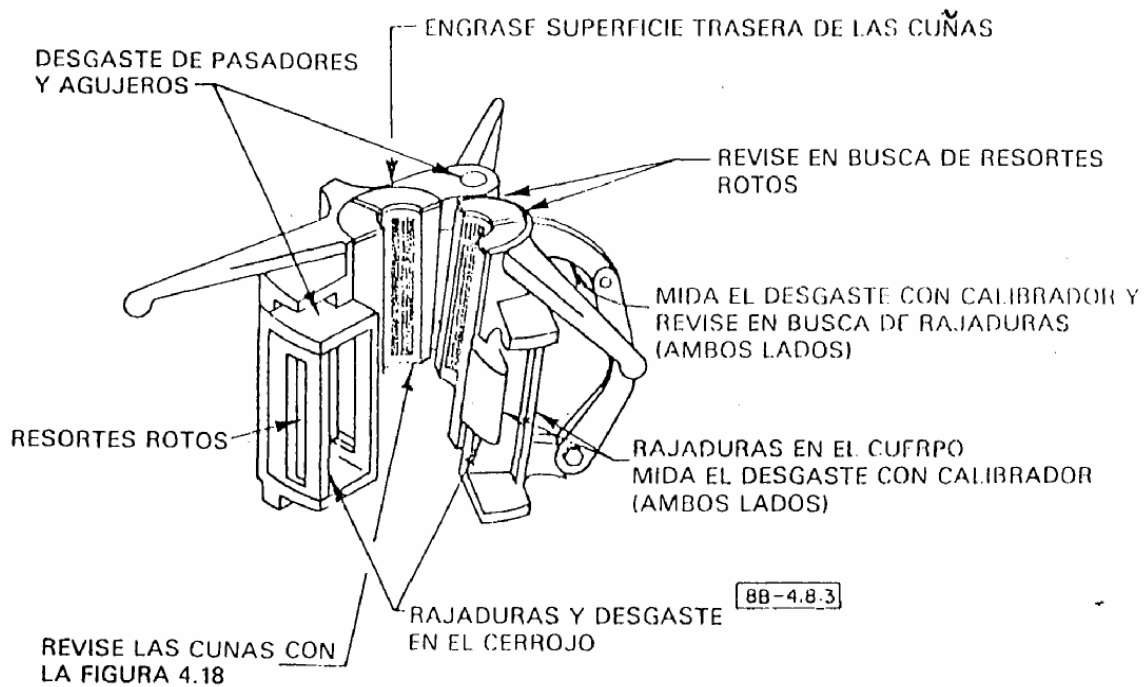


MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Aplicar una capa de grasa en la superficie de desgaste del ojo superior e inferior.
3. Quitar toda seña de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.

Elevadores para tubería de revestimiento, Tubería de producción ó perforacion Tipo cuñas

INSPECCION:

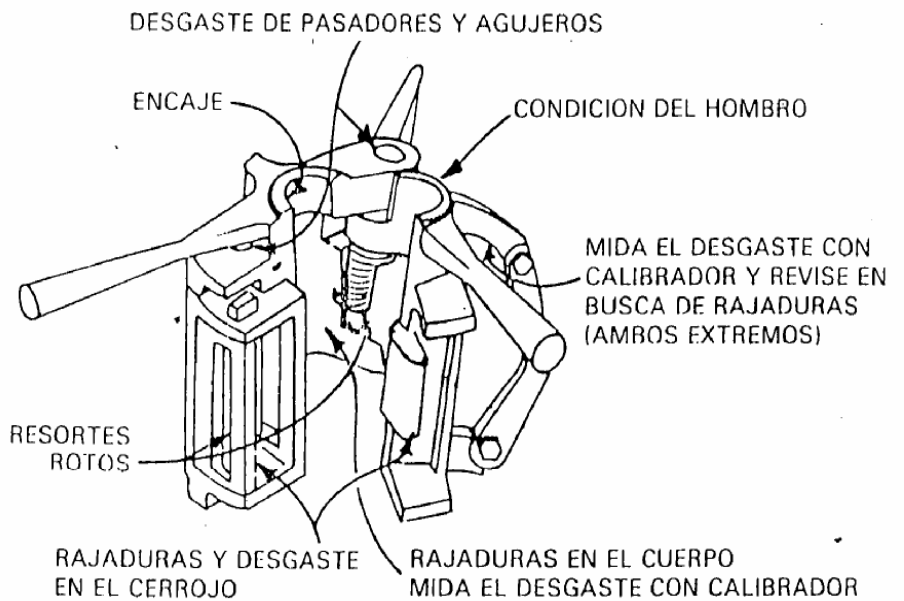


MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Aplicar una capa de grasa en la superficie de desgaste del brazo del eslabón y perno del cerrojo.
3. Lubricar pasador de la bisagra.
4. Quitar toda seña de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.
5. Limpiar los dados. Reemplazarlos cuando se desgasten.
6. Apretar todo sujetador suelto.

Elevadores para tubería de revestimiento, Tubería de producción ó perforacion Tipo cerradura central

INSPECCION:



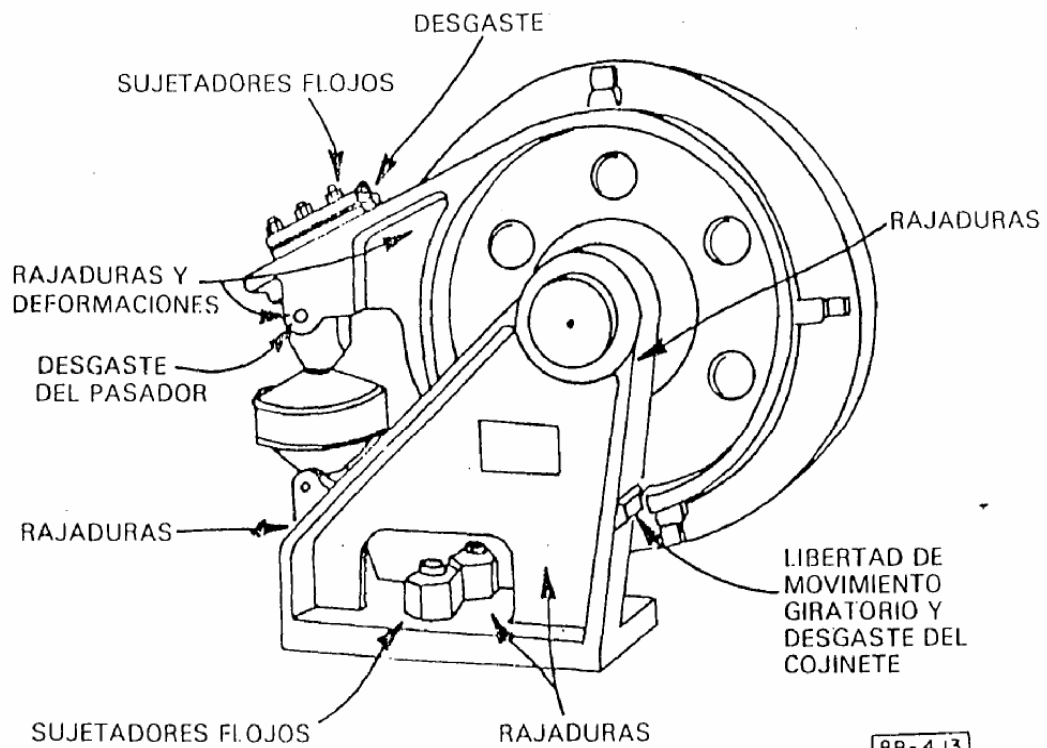
8B-4.8.2

MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Aplicar una capa de grasa en las superficies de desgaste del brazo del eslabón, perno del cerrojo y asiento del boyo, en los elevadores cuello de botella.
3. Lubricar pasador de la bisagra.
4. Quitar toda señal de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.
5. Revisar y asegurar pasadores y sujetadores.

Ancla de la línea muerta de un equipo de perforación

INSPECCION:



MANTENIMIENTO:

1. Mantener limpio.
2. Aplicar una capa de grasa en la superficie del carrete de cable de acero.
3. En unidades equipadas con cota de carga para el indicador de peso, lubricar cojinete de pivote.
4. Quitar toda señal de herrumbre y proteger de la intemperie, según sea necesario.

ANEXO 5

Operación Deficiente de la Unión Giratoria: Causas y Soluciones

Problema	Causas Posibles	Soluciones
Falla prematura del empaque del tubo de lavado	Falta de lubricación.	Engrase por lo menos una vez en cada turno.
	Ajuste insuficiente de la caja del empaque, permitiendo que el empaque gire en el cartucho.	Apriete la caja del empaque lo suficiente para impedir la rotación del empaque.
	Ajuste excesivo de la caja del empaque, ocasionando daño a las clavijas espaciadoras en los anillos del empaque y permitiendo que el empaque se sobrecomprima.	Reemplace los anillos y el empaque si es necesario, apriete el cartucho con moderación, pero lo suficiente para impedir la rotación del empaque.
	Tubo de lavado desgastado.	Reemplace el tubo de lavado junto con un empaque nuevo.
	Desalineamiento del tubo de lavado debido a la distorsión de la tapa de la caja por mal trato o accidente. Esta condición se indica por un desgaste desigual en la circunferencia del tubo de lavado.	La tapa de la caja y el tubo de lavado deben reemplazarse o repararse de inmediato.
	Ajuste inapropiado de los cojinetes, causando que el juego vertical exceda las 0.007 pulgadas (0.18) recomendadas	Consulte el texto acerca del procedimiento sobre el ajuste de los cojinetes.
Pérdida de aceite en los sellos de aceite	Sellos dañados o desgastados.	Reemplácelos cuidando de no dañar los bordes sellantes.
	No hay respiradero o el respiradero se ha tapado. El calor generado por la rotación hace que el lubricante se dilate y aumente la presión.	Instale el respiradero que viene provisto con la unión giratoria o limpie el respiradero que se ha tapado como lo indique el fabricante.

Cortesía de Oilwell Supply

ANEXO 6

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DIRECCION GENERAL DE HIDROCARBUROS DEPARTAMENTO DE DESARROLLO PETROLERO MAPA DE POZOS

