

**MANUAL PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN  
REQUERIDO PARA LA PERFORACION DE POZOS PETROLÍFEROS**

**MAURA ROCÍO VERGARA GONZÁLEZ  
RAÚL EDUARDO MADARIAGA CALDERÓN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2014**

**MANUAL PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN  
REQUERIDO PARA LA PERFORACIÓN DE POZOS PETROLÍFEROS**

**MAURA ROCÍO VERGARA GONZÁLEZ  
RAÚL EDUARDO MADARIAGA CALDERÓN**

**Trabajo de grado para optar el título de  
Ingeniero de Petróleos**

**Director**

**JORGE ERNESTO CALVETE RINCÓN  
Ingeniero de petróleos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2014**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, a pesar de nuestra distancia, siento que estás conmigo siempre, sé que este momento es tan especial para ti como lo es para mí. A mi hijo, a quien amo y es mi motor, mi mayor motivación para continuar siempre adelante. A mis hermanos Tulio, Luis y Jose que siempre han estado junto a mi brindándome su apoyo, muchas veces colocándose en el papel de padre. A Ronald Acosta, por su apoyo en esta última etapa de mi carrera. A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

***MAURA ROCIO VERGARA GONZALEZ***

A Dios por iluminarme y guiarme siempre en el camino a seguir.

A mi padre Jorge Darío Madariaga por todo su esfuerzo, apoyo y fortaleza e incondicionales.

A mi madre Luisa Susana porque con su amor, apoyo y comprensión me llevo de la mano a conseguir este logro.

A mis hermanos Jorge Luis, José Humberto y Loreleys por apoyarme y por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles.

A Katherine por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles brindándome apoyo y fortaleza

***RAÚL EDUARDO MADARIAGA CALDERÓN***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mis familias Vergara González, Vergara Molina, González Berthel, Acosta Gómez, Badillo Dulcey por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

Al Ing. Jorge Calvete, director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A la Universidad industrial de Santander por permitir nuestra formación como profesionales y brindarnos todos lo necesario para cumplir esta meta.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

***MAURA ROCIO VERGARA GONZALEZ***

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecerle a la universidad industrial de Santander por todo el conocimiento y formación que me han ofrecido.

Agradezco enormemente al ingeniero Jorge Ernesto Calvete Rincón por ser un amigo y una gran fuente de sabiduría gracias por la confianza depositada por ser de esos profesores que saben que el éxito, el entendimiento y el conocimiento van de la mano de la integridad de las personas.

A mi compañera de tesis por su ardua labor, dedicación y por soportarme todo este tiempo.

Gracias profesores por su tiempo y dedicación

**RAÚL EDUARDO MADARIAGA CALDERÓN**

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	25
1. GENERALIDADES	26
1.1 SISTEMA DE POTENCIA	27
1.2 SISTEMA DE LEVANTAMIENTO	36
1.2.1 Torre o mástil de perforación	36
1.2.2 Cable de perforación	43
1.2.3 Bloque viajero, corona, gancho	51
1.2.4 Bloque Corona	57
1.2.5 Gancho	62
1.2.6 Elevadores	63
1.2.7 Malacate	64
1.2.8 Cuñas de perforación	71
1.2.9 Subestructura	72
1.2.10 Top Drive	78
1.3 SISTEMA DE CIRCULACIÓN Y TRATAMIENTO DE FLUIDOS	79
1.3.1 Tanque de lodos	79
1.3.2 Bombas de Lodos	86
1.3.3 Mangueras de lodos	88
1.3.4 Líneas de retorno de lodos	89
1.3.5 Zarandas	90
1.3.6 Desarenador	91
1.3.7 Piscina de corte	92
1.3.8 Centrífugas decantadoras de sólidos	92
1.4 SISTEMA ROTATORIO	93
1.4.1 Mesa Rotaria	94
1.4.2 Kelly	96
1.4.3 Tubería de perforación	96

1.4.4 Conexiones	101
1.5 SISTEMA DE CONTROL DE POZO	102
1.5.1 Preventoras	103
1.5.2 El Acumulador	109
1.5.3 Consola de control remoto	112
1.5.4 El Estrangulador	112
1.5.5 El Separador Gas Lodo	115
1.5.6 Carrete de control	116
1.5.7 Línea de Matar	117
1.5.8 Línea de choque	119
2. CONSIDERACIONES BÁSICAS EN LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN	120
2.1 PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN	122
2.2 PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE COMPONENTES	122
2.2.1 Capacidad de la torre	124
2.2.2 Cable de perforación	124
2.3 ANÁLISIS DEL PLAN DE PERFORACIÓN	126
2.4 CÁLCULO DE POTENCIAS Y EFICIENCIAS DE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN	128
2.4.1 Motores	128
2.4.2 Cálculo de eficiencia de motores (Em)	131
2.4.3 Sistema de transmisión y malacate	131
2.4.4 Sistema de frenos	134
2.4.5 Sistema Rotatorio	137
2.4.6 Sistema Circulatorio	138
2.4.7 Sistema de levantamiento aparejo - bloque viajero	140
2.5 EVALUACIÓN DE CARGAS EN LA TORRE	149
2.6 EVALUACIÓN DE EQUIPOS PORTÁTILES	153
2.7 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN LA INSTALACIÓN DE EQUIPO	159

CONCLUSIONES	164
DEFINICIÓN DE PARÁMETROS	165
BIBLIOGRAFÍA	168

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación (generadores).	29
Tabla 2. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. torre	38
Tabla 3. Relación mínima recomendada D/d.	45
Tabla 4. Tabla de tolerancia en el diámetro de la ranura en relación al diámetro del cable	48
Tabla 5. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Bloque viajero.	52
Tabla 6. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Bloque corona.	57
Tabla 7. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Malacate.	65
Tabla 8. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Subestructura.	74
Tabla 9. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Tanques.	81
Tabla 10. Capacidades de acuerdo al tamaño de camisas de las bombas.	87
Tabla 11. Códigos de Grados	98
Tabla 12. Código de pesos de tuberías	98
Tabla 13. Código de colores para identificar tubería de trabajo	99
Tabla 14. Datos de la tubería de perforación	102
Tabla 15. Datos de la conexión IF	102
Tabla 16. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Preventoras	105
Tabla 17. El Acumulador	109

Tabla 18. Factores de diseño para un cable que pasa a través de varias poleas	126
Tabla 19. Factor fricción sobre torsión de frenado	136
Tabla 20. Requerimientos	136
Tabla 21. Eficiencia del cable para un bloque de múltiples poleas	146
Tabla 22. Eficiencia del cable para un bloque de múltiples poleas (casos D y E)	148
Tabla 23. Cargas y espaciamentos recomendados por el api para el anclaje de los vientos	156

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resistencia a la Abrasión Vs Resistencia a la Fatiga	pág. 46
---	------------

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema Equipo de Perforación.	27
Figura 2. Planta Generadora	28
Figura 3. Motores	28
Figura 4. Tanques de Combustibles	28
Figura 5. Cable de Perforación	43
Figura 6. Esquema Bloque Viajero, Corona, Gancho.	51
Figura 7. Elevadores	63
Figura 8. Malacate	64
Figura 9. Cuñas de perforacion	71
Figura 10. Subestructura	72
Figura 11. Top Drive	78
Figura 12. Bombas de lodos	86
Figura 13. Mangueras de lodos	88
Figura 14. Líneas de retorno de lodos.	89
Figura 15. Zarandas	90
Figura 16. DESARENADOR	91
Figura 17. PISCINA DE CORTE	92
Figura 18. Centrifugas decantadoras de solidos	92
Figura 19. Sistema Rotatorio	93
Figura 20. Mesa Rotaria	94
Figura 21. Kelly	96
Figura 22. Tubería de perforación	96
Figura 23. Conexiones	101
Figura 24. Preventoras	103
Figura 25. El estrangulador	112
Figura 26. El separador gas lodo	115
Figura 27. Línea de matar	117

Figura 28. Línea de choque	119
Figura 29. Cable de perforación	124
Figura 30. Equipo de Perforación Eléctrico	133
Figura 31. Equipo de perforación mecánico	134
Figura 32. Sistema de múltiples poleas (casos A, B, C)	145
Figura 33. Sistema de multiplex poleas caso D, E	147
Figura 34. Plano de distribución en la mesa rotatoria	150
Figura 35. Análisis de las cargas en las patas de una torre	151

## RESUMEN

**Título:** MANUAL PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACION REQUERIDO PARA LA PERFORACION DE POZOS PETROLÍFEROS\*

**Autores:** VERGARA GONZÁLEZ, Maura Rocío  
MADARIAGA CALDERON, Raul Eduardo \*\*

**Palabras Clave:** sistemas, potencia, rotación, izamiento, circulación, prevención

### Descripción

Los esfuerzos de búsqueda y de exploración de nuevas fuentes de hidrocarburos y de optimizar las reservas existentes se han transformado en algo difícil y la industria está continuamente desarrollando y ampliando las formas de mejorar el proceso de perforación. La industria para mejorar las operaciones de perforación en tierra, está estableciendo la implementación de nuevos procedimientos y tecnologías limitando principalmente su uso, en una cantidad de consideraciones que son fundamentales para el diseño de cualquier programa de pozo. La selección del tipo de equipo de perforación.

Son algunos elementos considerado básicos en la selección del equipo como son : ambientes topográficos, rangos de profundidad de los pozos a perforar, costos, controles, rata mecánica, movilidad, tubería de perforación, forma de acceso, seguridad y facilidad de operación.

Los 5 sistemas importantes en el equipo de perforación:

- Sistema de potencia: genera y reparte la energía requerida para operar todos los otros sistemas y sus componentes en un equipo de perforación.
- Sistema de rotación: este sistema es el encargado de proveernos de rotación toda la sarta de perforación.
- Sistema de izamiento: este sistema es el encargado de soportar todo el sistema de rotación en el momento de la perforación del pozo, y provee al equipo áreas apropiadas para levantar, bajar o suspender todo el sistema de rotación.
- Sistema de circulación: este sistema se encarga de proveer y distribuir de material y de fluido los demás sistemas.
- Sistema de prevención: este sistema es el encargado de controlar unos de los mayores problemas durante la perforación, el influjo.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Escuela de Ingeniería de Petróleos, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Director: Ing. Jorge Ernesto Calvete Rincón. Codirector: Ing. Werney Machuca

## ABSTRACT

Title: MANUAL FOR SELECTION OF DRILLING EQUIPMENT REQUIRED FOR DRILLING PETROLEUM WELLS\*

**Authors:** VERGARA GONZÁLEZ, Maura Rocío  
MADARIAGA CALDERÓN, Raúl Eduardo\*\*

**Keywords:** systems, power, rotation, lifting, movement, prevention

### Description

The search and exploration efforts for new sources of hydrocarbons and to optimize the existing reserves have become difficult and the industry is continuously developing and expanding ways to improve the drilling process. The industry to improve drilling operations on land, is establishing the implementation of new procedures and technologies mainly limiting its use in a number of considerations that are fundamental to the design of any program of wells, the selection of the rig type.

There are some basic elements considered in the selection of equipment including: topographic environments, ranges depth on wells to be drilled, cost, controls, mechanical rat, mobility, drill pipe, form of access, safety and ease of operation.

The 5 major systems on the rig:

- System Performance: generates and distributes the energy required to operate all other systems and their components in a rig.
- Rotation system: This system is in charge of supplying the entire rotating drill string.
- Hoisting system: This system is responsible for supporting the entire rotation system at the time of drilling the well, and provides the appropriate equipment to raise, lower or suspend the whole system of rotation.
- Circulation system: This system is responsible for providing and distributing material and other fluid systems.
- Prevention System: This system is responsible for controlling one of the biggest problems during drilling, which is the influence.

---

\* Graduation Project

\*\* School of Petroleum Engineering, Faculty of Engineering Physicochemical. Director: Ernesto Jorge Calvete Rincon. Codirector: Werney Machuca

## GLOSARIO

**ABSORBEDOR:** recipiente cilíndrico vertical que recupera los hidrocarburos más pesados de una mezcla compuesta predominantemente por hidrocarburos ligeros. También se conoce como torre de absorción

**API:** American Petroleum Institute, organismo estadounidense de la industria petrolera, fundada en 1920, la API es la organización de mayor autoridad normativa de los equipos de perforación y producción petrolera.

**ÁRBOL DE NAVIDAD:** el arreglo de tuberías y válvulas en la cabeza del pozo que controlan el flujo de aceite y gas y prevén reventones.

**BARRIL:** Unidad de medida de volumen para petróleo y derivados; equivale a 42 galones americanos o 158.98 litros medidos a 60° Fahrenheit o 15.5° grados Celsius.

**BOMBEO MECÁNICO:** sistema artificial de producción en el que una bomba de fondo localizada en o cerca del fondo del pozo, se conecta a una sarta de varillas de succión para elevar los fluidos de este a la superficie.

**BOMBEO NEUMÁTICO:** sistema artificial de producción que se emplea para elevar el fluido de un pozo mediante la inyección de gas a través de la tubería de producción, o del espacio anular de ésta, y la tubería de revestimiento.

**CABEZA DE POZO:** equipo de control instalado en la parte superior del pozo. Consiste de salidas, válvulas, preventores, etc. Ver también Árboles de navidad.

**COMBUSTIBLE DIESEL:** un término general que cubre aceite combustible ligero proveniente del gasóleo, utilizado en motores diesel. Algunas veces es llamado

combustible diesel para máquinas de vehículos rodantes (Diesel Engine Road Vehicle - Derv).

**ESTACIONES DE BOMBEO:** estaciones en las que se aumenta la presión en los ductos, a fin de que el producto fluya hasta alcanzar su destino final en forma homogénea.

**MALACATE:** es la unidad que enrolla y desenrolla el cable de acero con el cual se baja y se levanta la "sarta" de perforación y soporta el peso de la misma.

**MOTORES:** es el conjunto de unidades que imprimen la fuerza motriz que requiere todo el proceso de perforación.

**LODO DE PERFORACIÓN:** una mezcla de arcillas, agua y productos químicos utilizada en las operaciones de perforación para lubricar y enfriar la barrena, para elevar hasta la superficie el material que va cortando la barrena, para evitar el colapso de las paredes del pozo y para mantener bajo control el flujo ascendente del aceite o del gas. Es circulado en forma continua hacia abajo por la tubería de perforación y hacia arriba hasta la superficie por el espacio entre la tubería de perforación y la pared del pozo.

**POZO:** agujero perforado en la tierra para reunir información, como muestras de roca, o para encontrar petróleo, gas o agua dulce subterránea.

**PRESIÓN:** el esfuerzo ejercido por un cuerpo sobre otro cuerpo, ya sea por peso (gravedad) o mediante el uso de fuerza. Se le mide como fuerza entre área, tal como Newtons/por metro<sup>2</sup>.

**PLATAFORMA FIJA:** consiste en una estructura vertical hecha de secciones ó tramos de acero tubulares cimentados en el fondo del mar, con una cubierta

colocada en la parte superior proporcionando el área para la instalación del equipo de perforación, instalaciones de producción y áreas habitacionales. La plataforma fija es económicamente factible para su instalación en profundidades hasta de 400 metros.

**PLATAFORMA FLEXIBLE:** consiste de una flecha o eje, una torre flexible y una estructura fundida en la que se apoya una cubierta convencional para las operaciones de perforación y de producción. Similar a la plataforma fija, la torre flexible soporta grandes fuerzas cambiantes debido a las corrientes oceánicas, y se utiliza generalmente en profundidades de agua de 500 metros.

**PLATAFORMAS TERRESTRES:** estructuras artificiales instaladas sobre el área de perforación (para de perforación) que soportan el equipo de perforación.

**RECORTES DE PERFORACIÓN:** tierra y rocas removidas durante las operaciones de perforación de pozos de exploración y producción. Los recortes se impregnan de aceite por su contacto con lodos de perforación.

**REVENTÓN:** el escape sin control de aceite, gas o agua de un pozo debido a la liberación de presión en un yacimiento o a la falla de los sistemas de contención.

**SISTEMA DE CEMENTACIÓN:** es el que prepara e inyecta un cemento especial con el cual se pegan a las paredes del pozo tubos de acero que componen el revestimiento del mismo

**SISTEMA DE LODOS:** es el que prepara, almacena, bombea, inyecta y circula permanentemente un lodo de perforación que cumple varios objetivos; lubrica la broca, sostiene las paredes del pozo y saca a la superficie el material sólido que se va perforando.

**TORRE DE PERFORACIÓN O TALADRO:** es una estructura metálica en la que se concentra prácticamente todo el trabajo de perforación.

**TUBERÍA DE DESCARGA:** tubería mediante la cual se transportan los hidrocarburos desde el cabezal del pozo hasta el cabezal de recolección de la batería de separación, a la planta de tratamiento o a los tanques de almacenamiento.

**TUBERÍA O "SARTA" DE PERFORACIÓN:** son los tubos de acero que se van uniendo a medida que avanza la perforación.

**TUBERÍAS DE PRODUCTOS:** tuberías que transportan los fluidos procesados de las refinerías o plantas de tratamiento a las plantas de almacenamiento y distribución de productos, o a cualquier planta de proceso. Se designan adicionando al nombre del producto el sufijo ducto, como gasoducto.

## INTRODUCCIÓN

La operación de perforación, puede ser definida tan simple como el proceso de hacer un agujero, sin embargo es una tarea bastante compleja y delicada, por lo que debe ser planeada y ejecutada de manera segura y eficiente para obtener un pozo útil.

El contenido de informe comprende temas referidos a nociones básicas de perforación que ayudan a la comprensión de los procesos en la perforación de un pozo y el equipo que se utiliza día a día en la industria del petróleo. Brinda los conocimientos necesarios a las personas involucradas con la perforación de pozos de petróleos a fin de que se escojan los equipos que permitan que estas labores se ejecuten de forma eficiente.

Las prácticas y procedimientos empleados durante el diseño y la operación del pozo, son determinadas usualmente por prácticas comunes y costumbres en el área, experiencia y habilidad del personal, procedimientos y políticas de la empresa. Todo esto debe ser revisado, estudiado y comprendido por todo el personal, para poder seleccionar los equipos que le permitan cumplir con los objetivos esperados, por tal razón nos enfocamos en una selección apropiada del equipo de perforación requerido para tales procesos.

## 1. GENERALIDADES

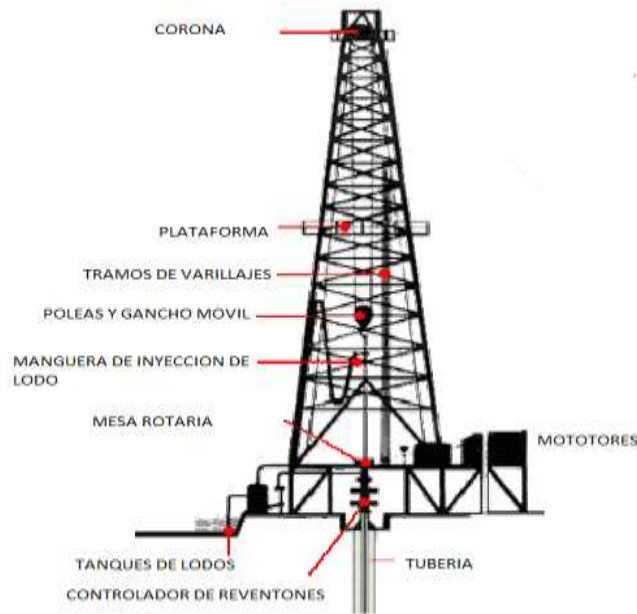
Seleccionar un equipo de perforación consiste en seleccionar el equipo que certifique la perforación y completamiento del hueco de forma segura, técnica y económica.

El proceso de clasificación de los equipos utilizados en la perforación de un hueco consiste en dos etapas básicas que son:

- Establecer las necesidades de potencia de los motores para los equipos a manejar y las cargas a manipular. Los datos para el diseño se obtienen de las bases del diseño del esquema del hueco y las características geológicas de las formaciones.
- Seleccionar el equipo apropiado para el manejo de las cargas solicitadas en las operaciones estándares de perforación. Esta etapa es la selección propiamente dicha, determina o evalúa mediante la aplicación de las cargas planteadas, la resistencia y capacidad de los diferentes componentes implicado con el manejo de ellas.

El equipo de perforación está formado por cinco (5) sistemas fundamentales, los cuales se describen a continuación. Ver figura 1

Figura 1. Esquema Equipo de Perforación.



Fuente: Autores. Editado tesis “Diseño de un cortador de tuberías de revestimiento en pozos petroleros”, p. 21

## 1.1 SISTEMA DE POTENCIA

El sistema de potencia lo conforman los generadores y motores que generan la energía y la fuerza motriz que se necesita para mover los equipos y maquinas en la perforación. La energía de los equipos es consumida en gran parte por el sistema de levantamiento de cargas y por el sistema de circulación de fluidos y de otros sistemas que tienen menores requerimientos de energía. Es elemental aclarar que el sistema de levantamiento de cargas y el bloque viajero no son siempre utilizados paralelamente con el sistema de circulación.

Los elementos básicos del sistema de potencia de un equipo de perforación son:

- Plantas Generadoras
- Tanques de Combustibles

- Motores

Figura 2. Planta Generadora



Fuente: Plantas generadoras. Manual equipos de perforación schlumberger

Figura 3. Motores



Fuente: Motores. Manual equipos de perforación schlumberger

Figura 4. Tanques de Combustibles



Fuente: Tanques de combustibles. Manual equipos de perforación schlumberger

Para lograr generar Potencia la forma más común es el uso de Motores de Combustión Interna. Estos motores son normalmente alimentados por combustible

Diésel. Su número depende del tamaño del equipo al cual se le suministrara la potencia. Muchos equipos modernos tienen 8 Motores de Combustión Interna o más.

La Transmisión Eléctrica en la actualidad es la más utilizada por los equipos. Los Generadores producen la electricidad que se transmite a los motores Eléctricos a través de cables de conducción eléctrica.

La Transmisión Mecánica no es muy utilizada hoy día aunque todavía se emplea en equipos viejos, consiste de una serie de correas, cadenas, poleas, piñones dentados y engranajes. Se denomina también Sistema de Transmisión Compuesta.

Tabla 1. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación (generadores).

REQUERIMIENTO	LINEAMIENTO
<p><b>Ubicación:</b> Los generadores del equipo deben estar ubicados por lo menos a 100 pies (30.5 m) de la boca del pozo o una zona clasificada Clase I división I, de no mantener la distancia por las condiciones del terreno se debe aislar la posible fuente de ignición. Excepción: si los generadores y sus conexiones son a prueba de explosión, el generador podrá estar a la distancia permitida para motores de combustión interna.</p>	<p>API RP 54: 9.14.2</p>
<p><b>Ubicación de los motores:</b> a) Ventilación y mantenimiento: los motores deben estar ubicados de modo que tengan ventilación adecuada y que sea posible el mantenimiento, lubricación de los rodamientos, cambio de escobillas, etc.</p>	<p>NTC 2050 430- 14</p>

<p>b) Motores abiertos: los motores abiertos que tengan conmutadores o anillos colectores deberán ir ubicados o protegidos de modo que las chispas no puedan llegar a los materiales combustibles cercanos, pero esto no supone la prohibición de instalar dichos motores sobre pisos o soportes de madera.</p>	
<p><b>Electricidad:</b>  Certificación de Motores según clasificación de áreas:  Los equipos eléctricos utilizados en lugares peligrosos deben ser diseñados para lugares tales y que figuren con pruebas de un laboratorio nacional conocido. Todos los componentes de cableado y equipos eléctricos deben ser mantenidos de acuerdo con la recomendación del fabricante.</p>	<p>API RP 54:  10.2.1</p>
<p><b>Rotulado:</b> todos los generadores deben llevar una placa de características en la que conste el nombre del fabricante, frecuencia nominal, factor de potencia, número de fases si son de corriente alterna, potencia nominal en KW O KVA, V Y A normales correspondiente a su potencia nominal, velocidad en RPM, cable de aislamiento, temperatura nominal de funcionamiento o aumento nominal de la temperatura y su tiempo nominal de funcionamiento.</p>	<p>NTC 2050 445-3  Y RETIE  17.8.2.1</p>
<p><b>Rotulado:</b>  <i>Durabilidad de la señalización:</i>  El marcado deberá ser de suficiente durabilidad para soportar el ambiente.</p>	<p>OSHA  1910.303 (e) (2)</p>
<p><b>Rotulado:</b>  <i>Identificación de interruptores y controles:</i>  La alimentación y circuitos derivados de servicios, en su medio de desconexión o dispositivo de sobretensión,</p>	<p>OSHA  1910.303(f)(1)</p>

deberán estar claramente marcados para indicar su propósito, a no ser localizado y arreglado por lo que el objetivo es evidente.	
<b>Certificación:</b> El motor o generador debe ser apropiado para el tipo de uso y condiciones ambientales del lugar donde opere.	RETIE 17.8.1- (g)
<b>Electricidad:</b> <b>Puesta a tierra:</b> Los motores eléctricos, generadores y paneles de control deberán estar conectados a tierra. Las carcasas de las máquinas eléctricas rotativas deben ser sólidamente conectadas a tierra. Para generadores móviles debe tenerse un sistema aislado de tierra, el cual debe ser monitoreado.	API RP 54: 6.1.16 y 9.14.11  RETIE 17.8.1- (d)
<b>Electricidad:</b> <b>Cables:</b> Todos los conductores eléctricos y aparatos de conexión deberán ser de un tamaño de conformidad con la norma NFPA 70. El cableado del equipo debe instalarse de forma que esté protegido de la abrasión, al ser sometidos al tráfico de vehículos y los pies, quemaduras, cortes, y el daño de otras fuentes. Debido a la exposición al sistema de vibración y frecuencia, deben ser de flexibles. el cable debería ser de un tipo diseñado para aplicaciones industriales, y resistente a la humedad y los productos derivados del petróleo.	API RP 54: 10.2.1-4 – 9.14.1  OSHA: 1910.303 (b)(1-2), 1910.305 (a)(1)(iii)(G) y (a)(2)(iii), (g)(2)(iii)
<b>Electricidad:</b> <b>Iluminación:</b> Cuando la iluminación adecuada no puede ser puesta a	API RP 54: 9.14.4 a 7 y 9.14.10,

<p>disposición por otros medios, luces portátiles deben ser proporcionadas. Siempre que sea posible, los focos en uso se deben colocar en las posiciones a fin de no perjudicar la visión de las personas en el área de trabajo. Las operaciones no deben realizarse con faros de los vehículos como sustituto para la iluminación de la plataforma. La iluminación del equipo y accesorios serán de clasificación eléctrica apropiada para la zona en que se encuentren. Ver API RP 500 y API RP 505.</p> <p>Los equipos de iluminación, Equipos de Perforación en la torre o mástil, tanques y el piso de la torre, como se trata específicamente de la API RP 500 y API RP 505, debe ser cerrada y sellada.</p>	<p>API RP 500, 5.3 y 10.1-16;  OSHA: 307(b)(1)</p>
<p><b>Protección contra sobrecorriente:</b></p> <p>a) Generadores de tensión constante. Los generadores de tensión constante, excepto los excitadores de generadores de corriente alterna, deben estar protegidos contra sobrecargas mediante diseño inherente, por interruptores automáticos, fusibles u otro medio interno aceptable de protección contra sobrecorriente, adecuado para las condiciones de uso.</p> <p>b) Generadores bifilares. Se permite que los generadores bifilares de corriente continua estén protegidos contra sobrecorriente sólo en un conductor si el dispositivo de protección está accionado por toda la corriente generada distinta a la del campo inductor en derivación. El dispositivo de protección no debe abrir el campo inductor en derivación.</p>	<p>NTC 2050 445-4.  RETIE 17.8.1- (c)  API RP 54:9.14.3</p>
<p><b>Manual, Programa y Registros de mantenimiento:</b> todo equipo deberá tener un programa de mantenimiento de</p>	<p>API RP 4G:5</p>

acuerdo a las exigencias de los fabricantes.	
<b>Protección contra chispas:</b> se debe instalar en el escape, un sistema de enfriamiento por agua o una cubierta de escape.	API RP 7C:A.3
<b>Protección:</b> <b>Shut Down:</b> Debe existir un sistema de parada de emergencia, dispositivos que apaguen los equipos de combustión (diésel). El sistema de parada de seguridad debe inspeccionarse por lo menos de forma semanal para verificar sus buenas condiciones y debe ser probado al menos una vez cada treinta (30) días.	API RP 54: 9.14 y 9.15
<b>Protección Personal:</b> Los sistemas accionados por motores eléctricos que impliquen riesgos mecánicos para las personas, deben tener un sistema de parada de emergencia. Igualmente, estas paradas de emergencia deben instalarse en bandas transportadoras, parques de juegos mecánicos y las demás máquinas que involucren rodillos y elementos cortantes.	RETIE 17.8.1- (h)  API RP 56, 6.8.2.3;  OSHA: 1910.219 (e) (1-6) y 1910.219 (2) (i) - 1910.212(a)(1)
<b>Protección:</b> Equipos eléctricos al aire libre se instalarán en recintos adecuados y deben ser protegidos contra contacto accidental por personal no autorizado, o por el tráfico	OSHA 1910.303 (g) (1) (vii) (B)

vehicular, o por derrames accidentales o fugas de los sistemas de tuberías. estructuras arquitectónicas u otro equipo pueden estar situados en el espacio de trabajo requerido por el párrafo (g) (1) (i) de esta Sección	
<p><b>Protección:</b></p> <p><b>Protección térmica:</b></p> <p>Todos los sitios calientes que puedan tener contacto con los trabajadores, deben ser protegidos contra tal riesgo.</p>	OSHA 1910.147
<p><b>Dispositivos de asilamiento y bloqueo:</b></p> <p>Las reparaciones del equipo eléctrico no se llevarán a cabo a menos que la fuente de energía se haya aislado y el control haya sido bloqueado / out, y la persona que realiza las reparaciones esté autorizada a hacerlo.</p>	API RP 54: 9.14.9
<p><b>Fugas:</b></p> <p>Las fugas o derrames deben limpiarse prontamente a fin de librar al personal de deslizamientos y los riesgos de incendio.</p>	API RP 54: No: 6.5.3
<p><b>Electricidad:</b></p> <p><b>Capacidad de corriente de los conductores:</b></p> <p>La capacidad de corriente de los conductores de fase que salen de los terminales del generador hasta el primer dispositivo de protección contra sobrecorriente, no debe ser menor al 115 % de la corriente nominal que aparezca en la placa de características del generador.</p>	NTC 2050 445-5.
<p><b>Electricidad:</b></p> <p><b>Cajas de interruptores:</b></p> <p>Todos los cables y circuitos deben estar dentro de cajas o gabinetes con la debida señalización preventiva y operativa.</p>	OSHA: 1910.305(b)(2); OSHA: 1910.335(a)(2)(ii)

<p><b>Electricidad:</b></p> <p><b>Receptacles y plugs:</b></p> <p>Todos los cables de extensión eléctrica deberán estar suficientemente aislados y los enchufes deberán estar en buenas condiciones.</p>	<p>API RP 54: 9.14.5; OSHA: 1910.303(b) (1-6)</p>
<p><b>Electricidad:</b></p> <p><b>Conexiones / tomas eléctricas:</b></p> <p>Los conectores eléctricos deben estar clasificados en el grupo de las áreas con altas concentraciones de gases y vapores, dichas conexiones no deben tener alambres expuestos.</p>	<p>API RP 500: 5.3 y 6.1-2.</p>
<p><b>Electricidad:</b></p> <p><b>Pasacables:</b></p> <p>Cuando los cables pasen por una abertura de un encerramiento, caja de conduit o barrera, se deben proteger con un pasacables de los bordes cortantes de dicha abertura. La superficie del pasacables que pueda estar en contacto con los cables, debe ser lisa y redondeada. Si se usa el pasacables en lugares donde pueda haber aceite, grasa u otros contaminantes, debe ser de un material que no resulte afectado por ellos.</p>	<p>NTC 2050 445-8</p>
<p><b>Extintor:</b></p> <p>El patrono deberá proveer extintores portátiles y localizar e identificar de modo que sean fácilmente accesibles a los empleados sin someter a los empleados la posibilidad de lesiones. Los extintores portátiles se proporcionan para uso de los empleados y deben ser seleccionados y distribuidos sobre la base de las clases de fuegos en el lugar previsto y</p>	<p>OSHA: 1910.157(c)(1) y (d)(1)</p> <p>NFPA 10 RES 2400/79</p>

en el tamaño y el grado de peligro que pueda afectar su uso.	
<p><b>Orden y aseo:</b></p> <p>Las áreas de trabajo deben mantenerse limpias y libres de los desechos y los riesgos de tropiezos.</p>	<p>API RP 54: 6.5.1</p> <p>OSHA</p> <p>1910.303 (g) (1)</p> <p>(ii)</p>
<p><b>Extintor:</b></p> <p><b>Fijación:</b></p> <p>El equipo eléctrico deberá estar firmemente fijado a la superficie sobre la que se monta. Nota al párrafo (b) (8) (i) de esta sección: taponos de madera clavados en agujeros en mampostería, hormigón, yeso o materiales similares, no se consideran medios seguros de fijación de equipo eléctrico.</p>	<p>OSHA</p> <p>1910.303 (b) (8)</p> <p>(i)</p> <p>NFPA 10</p> <p>RES 2400/79</p>

Fuente: GIAS GROUP. Índice [en línea]. S.f. Disponible en Interent: <URL:<http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>>

## 1.2 SISTEMA DE LEVANTAMIENTO

El sistema de levantamiento de cargas tiene como destino suministrar el medio de levantamiento o declive de las sartas de perforación, producción y otros equipos de subsuelo adentro o afuera del hueco. Sus componentes son:

**1.2.1 Torre o mástil de perforación.** Es una estructura de acero con capacidad para resistir todas las cargas verticales que se soportan en el bloque viajero, y la fuerza máxima de la velocidad del viento. La plataforma de trabajo debe estar a la altura adecuada para retirar la tubería del pozo en secciones de tres (3) tubos que miden aproximadamente 30 pies cada uno dependiendo del rango de la tubería, se construye sobre una subestructura. Resiste el piso de la instalación y también proporciona un espacio debajo de ella para la fijación de válvulas especiales llamadas Preventoras de reventones.

También, la subestructura resiste la carga del peso de la sarta de perforación en el momento que está suspendida en la cuñas, el peso del malacate, la consola del perforador y los demás equipos vinculados con la perforación rotatoria.

Los taladros o mástiles se clasifican basados en su capacidad para resistir fuerzas verticales y velocidades del viento. Las capacidades de cargas pueden variar desde 250000 lb hasta 1500000 lb. Una torre de perforación puede soportar vientos aproximados de 100 a 130 millas por horas con el encuelladero ocupado de tubería.

La altura de la torre no interviene en la capacidad de carga del taladro, pero si interviene en las secciones de tubería que se pueden retirar del pozo sin tener que desunir (parejas). Esto se debe a que el Bloque Corona tiene que estar a una adecuada altura de la sección para posibilitar retirar la sarta del pozo y depositarla temporalmente en los peines del encuelladero cuando se, retira para cambiar la mecha o realizar otra operación. La altura de la torre puede variar desde 69' hasta 189' siendo la más común la de 142'.

## **ESPECIFICACIONES**

- El mástil tiene que resistir todas las cargas verticales que soportan el bloque viajero.
- Deberá soportar la fuerza máxima de la velocidad del viento
- La plataforma de trabajo tiene que ubicarse a una altura apropiada de las paradas (tramos de tuberías a manejar)
- altura del mástil apropiada para manejar tres tubos.
- La distancia del suelo al piso de perforación será basado al diseño del fabricante pero conservando una distancia mínima libre bajo la rotaria 25 pies con respecto al nivel del suelo
- Tiene que ser fabricado con perfiles estructurales galvanizados abiertos para fácil mantenimiento, izado y abatido por gatos hidráulicos.

- El mástil tendrá que estar certificado y con monograma grabado bajo la especificación **API SPEC 4F** y **API SPEC Q1/ ISO-TS 2900**
- Se tiene que calcular la Carga centrada absorbida por cada una de las 4 bases (patas) del mástil para tener en cuenta la capacidad del mismo.

Tabla 2. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. torre

REQUERIMIENTOS	ALINEAMIENTOS
<p><b>Placa de la torre:</b> La placa debe incluir información del fabricante, numero del modelo, número del serial, número de líneas de anclaje, capacidad de carga del gancho y número de líneas del Bloque Viajero.</p>	<p>API RP 4G: 9.2.1 API RP 54: 9.2.2</p>
<p><b>Estado general (visual e Inspecciones NDT):</b> Se tiene que verificar visualmente la condición de las vigas y travesaños de la torre, además de los registros e informes de la última revisión NDT de la Torre. Se debe realizar un control NDT cada año.</p>	<p>API RP 4G. API RP 54: 9.16.1 API 4G: 6.3</p>
<p><b>Inclinación de la Torre:</b> Confirmar la inclinación de la torre de perforación, pin mal conectados y pin con agujeros ovalados, soldaduras agrietadas y que los pernos de seguridad estén instalados.</p>	<p>API RP 4G. API RP 54: 9.16.1 API 4G: 6.3</p>
<p><b>Linealidad de las Estructuras:</b> Se tiene que chequear sacando la parte interna e introduciéndose de nuevo en la parte externa. Se tiene que observar atentamente el roce de las guías con los ángulos principales de los laterales y corregir éste, ya que no debe existir.</p>	<p>API RP 4G. API RP 54: 9.16.1 API 4G: 6.3</p>

<p><b>Aviso de seguridad “Uso obligatorio de Arnés y línea de vida”:</b></p> <p>La señalización tiene que ser visible, legible y fijo en el área.</p>	<p>API RP 54: 5.5.1; OSHA:1910.145(c)(2)(i) Resol 1409/2012</p>
<p><b>Sin objetos sueltos en altura:</b></p> <p>Las herramientas, piezas y otros materiales que hagan parte de la torre se mantendrán encima del piso de perforación, a menos que se usen y se adquieran precauciones para evitar que caigan.</p>	<p>API RP 54: 9.2.13 Resol 1409/2012</p>
<p><b>Parales Principales de la Torre :</b></p> <p>Verificar visualmente la totalidad de los perfiles estructurales de ambas cabrias, para definir las condiciones de los componentes. Los miembros que muestren dobles o roturas tienen que ser reemplazados, los miembros con desprendimiento deberán ser reemplazados o soldados, siguiendo un procedimiento escrito de soldadura avalado o autorizado por personal de la compañía. No se permite recuperar elementos estructurales, aplicándole procesos de recuperación en caliente (soplete y conformación del elemento).</p>	<p>API RP 4G – Manual de Torres Móviles PENCO Cía.</p>
<p><b>Parales Principales de la Torre:</b></p> <p>Realizar inspección radiográfica en los dos anclajes de la media torre, tomando diez (10) muestra en cada una, distribuidas así: ocho (8) en las orejas de anclaje y dos (2) en la plancha de la base, o en su defecto 100% partículas magnéticas, y/o tintes penetrantes. Inspeccionar mediante partículas magnéticas o tintes penetrantes pasadores y orificios de los mismos.</p>	<p>API RP 4G – Manual de Torres Móviles PENCO Cía.</p>

<p>Inspeccionar radiográficamente anclajes de los paralelos al chasis (lateral derecho e izquierdo), con un mínimo de cuatro (4) muestra por lado, en su defecto ultrasonido, partículas magnéticas y/o tintes penetrantes, según criterios del inspector.</p>	
<p><b>Cuñas de asentamiento de la sección media de la torre:</b> Realizar supervisión con partículas magnéticas en las cuñas, los pasadores y orificios de anclaje (para esto es necesario sacar las cuñas fuera del sitio). En los soportes para asentamiento de las cuñas de la media torre superior, hacer inspección radiográfica, tanto en el lateral izquierdo como en el lateral derecho, con un mínimo de cuatro (4) muestra por lado, en su defecto ultrasonido, partículas magnéticas y/o tintes penetrantes.</p>	<p>API RP 4G – Manual de Torres Móviles PENCO Cía.</p>
<p><b>Lateral derecho:</b> Realizar el control radiográfico en cordones de soldaduras sometidos a mayores esfuerzos establecidos en los empalmes de los perfiles exteriores e interiores, Los resultados de calificación de las soldaduras se evaluarán según las normas ANSI/ASME B.31.1.</p>	<p>API RP 4G – Manual de Torres Móviles PENCO Cía.</p>
<p><b>Lámparas anti-explosión de la torre aseguradas:</b> Las empresas tienen que cumplir con la clasificación y división del área, además se debe asegurar un plan de mantenimiento de los protectores y así mejorar la provisión de óptima iluminación mediante las jornadas de trabajo nocturno.</p>	<p>API RP 54: 9.14.7; API RP 500: 10.1-16</p>

<p><b>Uso de casco tipo II y barbuquejo para el Encuellador:</b></p> <p>Se tiene que mantener tanto en uso como en stock cascos de seguridad y barboquejo, con sus correspondientes inspecciones y registros.</p>	<p>Ley 9/79: Art. 85 a-c; ANSI Z89.1 Resol 1409/2012</p>
<p><b>Sistema de Protección Contra Caídas:</b></p> <p>Para realizar efectuar por arriba de 1,5 metros del piso de perforación o sobre otras superficies de trabajo, el trabajador tiene que estar protegido en todo momento de la caída (sistemas de barandas, sistemas de redes de seguridad, o sistemas personales de detención de caídas - SPDC). En el momento que el empleador pueda demostrar que es inviable o crea que es un peligro mayor para utilizar estas técnicas, la persona a cargo tendrá que elaborar y aplicar un plan de protección contra caídas alternativa que ofrece para la seguridad personal. Cuando SPDC se utilizan, se aplicará lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. El personal tendrá que usar un arnés de cuerpo entero fabricado de acuerdo con la norma ANSI Z359.1.</li> <li>b. SPDC deberán ser revisado antes de cada uso.</li> <li>c. El arnés de cuerpo entero tiene que unir por medio de una cuerda de seguridad con doble bloqueo mosquetones, un ancla o un miembro estructural capaz de soportar un peso muerto mínimo de 5.000 libras.</li> <li>d. Se tienen que seguir las instrucciones del fabricante para la inspección y el criterio de</li> </ol>	<p>API RP 54: 5.5.1; OSHA:1910.145(c)(2)(i); API RP 54: 5.5.1; ANSI Z359.1 y API RP 54: 5.5.1; ANSI Z359.1 Resol 1409/2012</p>

reemplazo.	
<p><b>Estado de escalera de ascenso vertical:</b> La escalera de subida vertical, tiene que estar asegurada apropiadamente en los extremos y puntos intermedios y con peldaños uniformes.</p>	API RP 54: 9.3
<p><b>Fecha de última inspección de luz negra:</b> Se tienen presentar los portafolios de inspección NDT de la torre, bases, poleas, etc., según las especificaciones del fabricante.</p>	API RP 4G: 6.2; API RP 8B:5.3.3.1; API RP 54: 9.16.1
<p><b>Registro de prueba de anclajes (muertos):</b> Se tiene presentar evidencia (registro) de la inspección de la condición de los anclajes, daños o deterioro de los mismos y capacidad de tensión antes del izamiento de la torre.</p>	API RP 4G: 14.5a, c
<p><b>Señalización de anclajes (muertos):</b> También se tienen que ubicar marcas o señalización visible y reflectiva, como modo de precaución con el fin de evitar posibles golpes por el paso de vehículos o personal en el área.</p>	API RP 4G: 14.5f
<p><b>Señalización de contravientos:</b> Se tienen instalar marcas o señalización visible, ubicando mayor señalización en el cable por donde probablemente pueden pasar cargas o vehículos con el fin de referenciar la altura del mismo.</p>	API RP 4G: 14.5f
<p><b>Vientos y Contravientos:</b> Los vientos y los contravientos serán elaborados con el material que lo expresan las tablas que se presentan en las normas API RP 4G: Apend. 1; la longitud del cable desde el punto de anclaje en la</p>	API RP 4G: Apend. 1

estructura y el suelo, dependerá de la altura de la torre y la distancia de acuerdo, así como también la distancia de estos últimos. Los fabricantes de las torres definirán la distancia de los vientos con respecto a los anclajes.	
--	--

Fuente: GIAS GROUP. Índice [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>>

### 1.2.2 Cable de perforación

Figura 5. Cable de Perforación



Fuente: CABLES DE ACERO. Página de Inicio [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://www.cablesdeacero.com.mx>>

Se encuentra en el carrete del malacate, enlaza los otros componentes del sistema de levantamiento como lo son las poleas fijas y el bloque viajero. Consta generalmente de 6 ramales torcidos. Cada ramal está formado a su vez por 6 o 9 hebras exteriores torcidas que recubren otra capa de hebras que envuelven el centro del ramal. Finalmente los ramales cubren el centro o alma del cable que puede ser formado por fibras de acero.

La función fundamental es el de sostener a todos los instrumentos que se encuentran trabajando en la perforación como lo es la swivel, la kelly, la sarta de perforación y la broca. Transmite fuerza tensional. El equipo coloca este alambre entre el bloque corona y el bloque viajero. Ellos enrollan de un lado a otro, del bloque corona al bloque viajero en varios instantes. Para otorgar una mayor

resistencia el cable es repartido por medio de unas poleas en el bloque corona, para nivelar la capacidad que tiene que levantar y luego el cable es transmitido al bloque viajero donde efectúan el mismo trabajo.

Para seleccionar un cable deberá reunir las siguientes cualidades:

### **CAPACIDAD DE CARGA ADECUADA**

Cada cable tiene una resistencia a la ruptura que es diferente a la capacidad de carga por lo que se debe tomar en cuenta el factor de seguridad. Se deben considerar también la carga estática y las cargas causadas por la aceleración o desaceleración de la carga.

### **RESISTENCIA A LA FATIGA**

Capacidad para soportar los efectos de la flexión a la que este expuesto el cable para que no falle apresuradamente.

Los cables normalmente se deterioran por efectos de fatiga por doblez cuando están sujetos o tienen flexiones continuas en una polea o tambor.

La fatiga en un cable se reduce si los diámetros de las poleas y los tambores tienen como diámetro mínimo los recomendados por la relación  $D/d$  para construcción de cable.

En la siguiente tabla se muestra un listado de las construcciones más comunes y su relación  $D/d$  que indica el número de veces mayor que se recomienda debe ser el diámetro de las poleas y tambores respecto al diámetro del cable.

Tabla 3. Relación mínima recomendada D/d.

Construcción del cable	Relación mínima recomendada D/d
6*7	42
6*19S	34
6*21F	30
6*25F	26
6*26WS	30
6*31WS	26
6*36WS	23
6*41WS	20
6*41F	20
6*43SF	23
6*49SWS	20
8*19S	26
8*25F	20
8*36WS	18
18*7 & 19*7	34
35*7	20

Fuente: CABLES DE ACERO. Cómo escoger un cable de acero [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://www.cablesdeacero.net/como-escoger-un-cable-de-acero.html>>

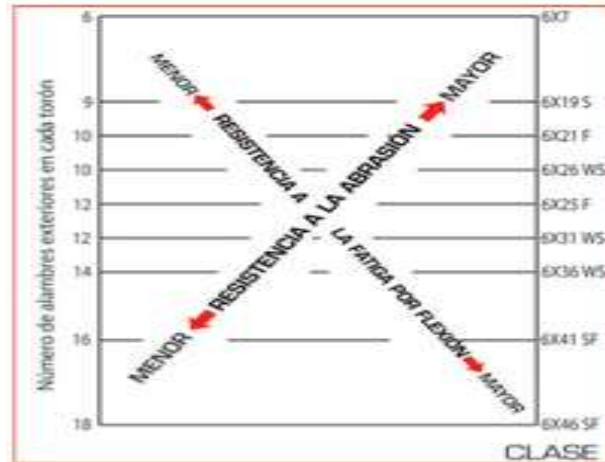
### RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Es la resistencia al desgaste por fricción debido a la acción directa de factores abrasivos durante su operación.

La abrasión está presente en todas las aplicaciones del cable. Uno de los criterios más empleados para obtener un mínimo desgastes por fricción en el cable, es el de seleccionar un cable con el menor número de alambres exteriores, es

importante saber que este cable tendrá una menor resistencia a la fatiga ya que estas dos condiciones están inversamente relacionadas como se muestra a continuación.

Gráfico 1. Resistencia a la Abrasión Vs Resistencia a la Fatiga



Fuente: CABLES DE ACERO. Cómo escoger un cable de acero [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://www.cablesdeacero.net/como-escoger-un-cable-de-acero.html>>

## RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Resistencia adecuada contra los factores corrosivos presentes en el medio de trabajo del cable. Es decir si en el ambiente existe la presencia de factores corrosivos en estos casos se debe emplear cables con alambres galvanizados y lubricantes.

## RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

Estabilidad para soportar las fuerzas de compresión aplicadas al cable sin aplastarse, deformarse, ni perder su circunferencia. Cuando el cable es enrollado en varias capas en un tambor o durante su operación realiza cargas excesivas el aplastamiento es normal por ello debe usarse un cable con alma de acero.

## **RECOMENDACIONES Y SEGURIDAD**

**A) QUITAR TORSIONES:** Al tener un cable nuevo hay que quitarle la “VIDA” es decir dejarlo libre para quitarle las torsiones que tienen todos los cables nuevos.

**B) OPERACIÓN INICIAL:** Hay que realizar varias veces el ciclo de trabajo primero sin carga, después con carga mínima y luego con carga normal pero siempre a baja velocidad así el cable se ajustará gradualmente a las condiciones de trabajo.

**C) LUBRICACIÓN:** Para alargar la vida de los cables es importante mantener una buena lubricación ya que disminuye el rozamiento interno de los alambres y los torones, evita la corrosión y se conserva su alma de fibra. Las grasas deben ser fluidas para que penetren en el interior, ser adherentes para evitar escurrimientos y exentas de sustancias ácidas para evitar la corrosión. Los cables son lubricados internamente durante su manufactura y es esencial que un lubricante adecuado se mantenga durante su vida de trabajo. Es muy importante que deba ser limpiado antes de lubricarlo.

**D) RANURAS EN POLEAS Y TAMBORES:** Algo que acorta la vida de un cable es el estado de las poleas por donde pasa, la ranura debe tener el tamaño adecuado para que el cable asiente correctamente una garganta estrecha genera desgaste prematuro ya que el cable no contará con un apoyo adecuado y una garganta ancha causa aplastamiento y desgaste prematuro en el cable ya que no dará suficiente apoyo. Es importante asegurarse de que las poleas giren libremente.

Se recomienda que para gargantas nuevas, ésta tenga una tolerancia en diámetro de 7.5% sobre el diámetro nominal del cable.

Tabla 4. Tabla de tolerancia en el diámetro de la ranura en relación al diámetro del cable

Tabla de tolerancia en el diámetro de la ranura en relación al diámetro del cable.			
Mm	Pulg	Mm	Pulg
6.4 – 8	¼ - 5/16	+0.4 – 0.8	+ 1/64 – 1/32
9.5 – 19	3/8 – ¾	+0.8 – 1.6	+ 1/32 – 1/16
20 – 29	13/16 – 1-1/8	+1.2 – 2.4	+ 3/34 – 3/32
30 – 38	1-3/16 – 1-1/2	+1.6 – 3.2	+ 1/16 – 1/8
40 – 52	1-19/32 – 2	+2.4 – 4.8	+ 3/32 – 3/16

Fuente: CABLES DE ACERO. Consejos generales [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://www.cablesdeacero.net/consejos-generales.html>>

**E) ÁNGULO DE ATAQUE:** Entre todos los factores que influyen en el enrollado de un cable en un tambor, el ángulo de ataque tiene el mayor efecto. El ángulo de ataque es el ángulo formado por la línea que va del centro del tambor al centro de la polea, perpendicular al eje del tambor, y la línea formada hasta el centro de la polea, sobre su eje.

En tambores lisos se recomienda que este ángulo oscile entre 0.5° y 1.5°, para tambores ranurados se recomienda entre 0.5° y 2°. Si el ángulo es menor, el cable tenderá a acumularse sobre una zona y no en la totalidad del tambor; si el ángulo es mayor se tendrán problemas de fricción entre el cable y las tapas del tambor.

**F) ALMACENAMIENTO:** El cable deberá guardarse bajo techo y evitar en lo posible el contacto con humedad y gases.

**G) INSPECCIÓN:** El cable debe ser inspeccionado periódicamente en toda su longitud verificando que ninguna sección muestre deterioro, checar que no se presente falta de lubricación, alambres rotos, desgaste excesivo o reducción en el

diámetro del cable por elongación. De encontrar alambres rotos y si se piensa que debe seguir en operación (ESTO POR UN TIEMPO MUY CORTO) lo mejor es remover las puntas salidas de los alambres rotos.

Para cortar usar unas pinzas, se dobla el alambre en sí mismo hasta que rompa en su base, lo que provoca que el corte de esa punta se localice dentro del cable de acero. Si un alambre roto se trata de eliminar con pinzas de corte, invariablemente esto deja una punta pequeña que sobresale y que afectará los alambres adyacentes ocasionando daño en la operación.

### **FACTOR O COEFICIENTE DE SEGURIDAD**

Relación entre la resistencia a la ruptura de un cable y su carga de trabajo. Para que el cable tenga un rendimiento adecuado es muy importante que el factor de seguridad sea de 5 a 1 y no menor.

Este coeficiente se puede variar para cargas que requieren más cuidado o que involucran más riesgo, como en ascensores que puede aumentarse de 8 a 1 o 12 a 1.

### **PRECAUCIONES**

Todos los cables se venden con el entendido explícito que el comprador conoce su correcta aplicación así como su uso seguro, que usará todos los productos apropiadamente de manera segura y para el uso que fueron diseñados. El comprador es el único responsable de su USO y selección adecuada.

### **CUALQUIER CABLE PUEDE FRACTURARSE SI SE ABUSA, SE MAL UTILIZA, SE USA EN EXCESO O NO SE LE DA MANTENIMIENTO APROPIADO.**

Esto puede causar la caída de cargas o su desbalance resultando en lesiones importantes, daños o la muerte. Por lo tanto:

- NUNCA EXCEDA EL LÍMITE MÁXIMO DE CARGA DE TRABAJO.
- INSTALE LOS COMPONENTES ADECUADAMENTE.
- MANTENGASE FUERA DEL ALCANCE DE UNA CARGA ELEVADA.
- EVITE CARGAS O DESCARGAS REPENTINAS.
- INSPECCIONE LOS CABLES Y ACCESORIOS PERIÓDICAMENTE.

### **ESPECIFICACIONES DEL CABLE**

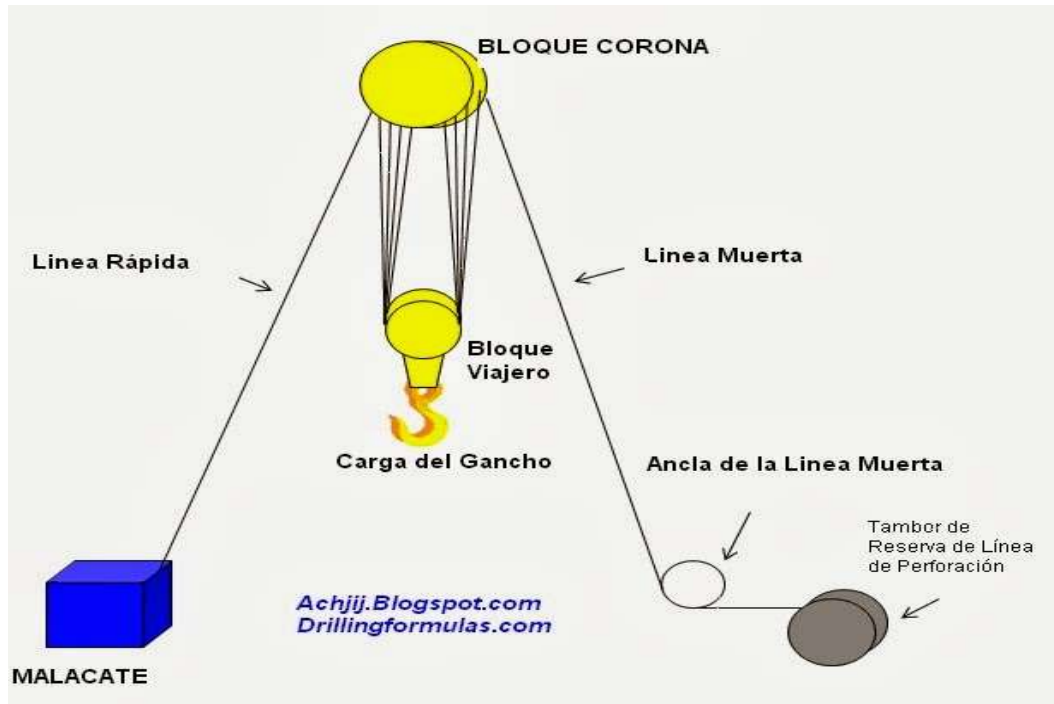
- El cable de perforación debe tener una capacidad de levante para el bloque viajero y que cumpla con el SF 3,0 para perforar y 2.0 para corridas de revestimientos, para corresponder con la capacidad en el gancho
- Debe tener un tamaño OD adecuado de acuerdo a las normas API RP9B, no galvanizado, resistencia a la ruptura
- Indicador de peso visual y remoto en la instrumentación.
- Una Longitud apropiada disponible en el tambor de reserva.
- El diámetro del cable para poder calcular la resistencia a la ruptura
- El factor de diseño debe ser aplicado para compensar el desgaste y las cargas súbitas dependiendo de la clase de trabajo. La norma API RP9B establece un factor de diseño mínimo para :

Servicio de levantamiento      3.0

Servicio de tubería atrapada    2.0

### 1.2.3 Bloque viajero, corona, gancho

Figura 6. Esquema Bloque Viajero, Corona, Gancho.



Fuente: Disponible en Internet: <URL:<http://achjij.blogspot.com/2013/10/calculo-de-la-carga-de-la-cabria-del.html>>

### BLOQUE VIAJERO

El bloque viajero sube y baja sobre dos lugares en la torre. Este transporta en su parte inferior el gancho, el cual soporta la sarta de tubería cuando adelanta la perforación y los brazos que mantienen los elevadores, cuando se introduce o saca tubería. La polea viajera o bloque es un sistema de diversas poleas ajustadas en una estructura común por medio de la cual se enhebra, el cable de perforación. Su intención es multiplicar la fuerza del cable de perforación para poder levantar las cargas necesarias en el momento de la perforación. La función de las poleas es guiar y resistir el cable de perforación a su movimiento por los bloques. El número de poleas en un bloque está determinado por el peso que éste debe levantar. Las poleas varían de tres a siete por bloque; cinco poleas es lo más común, pero los pozos más profundos a menudo requieren seis o siete.

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.

Tabla 5. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Bloque viajero.

REQUERIMIENTO	ALINEAMIENTO
<p><b>Capacidad Nominal:</b> examinar que la capacidad del bloque de poleas sea proporcional a la capacidad nominal del equipo y el número de poleas sean las adecuadas para el peso y el tipo de cable</p>	API 4G: 9.1.a y c
<p><b>Identificación de Poleas:</b> Las poleas conformes con API Spec 8A y / o 8C API Spec, se señalaran con el nombre del fabricante o marca, el tamaño de la ranura de la polea, y la polea de OD. Estas marcas se grabarán en el lado del borde externo de la polea. ejemplo: A 36 cm polea con 1 1/8 ranura debe estar marcado (dependiendo de que se utiliza Spec): AB CO 1 1/8 SPEC 8A 36 ò AB CO 1 1/8 SPEC 8C 36 Ó AB CO 1.125 SPEC 8C 36</p>	API RP 0B 4.8.3
<p><b>Línea del Stand Pipe probada:</b> Siempre que sean necesarias las pruebas de campo de la manguera giratoria (para fijar los niveles de seguridad periódicas de operación continua), tienen que tomarse en cuenta con estos factores como guía: a. La verificación visual tiene que incluir el examen de</p>	API RP 7L: A.13;

<p>cualquier daño externo en el cuerpo, la estructura final, y uniones. La cadena de seguridad tiene que ser examinada y colocada correctamente para el desempeño total de seguridad.</p> <p>b. Tiene que ser evitado el giro hacia atrás</p>	
<p><b>Uniones de Golpe Desgastadas:</b></p> <p>Todos los acoplamientos de golpe, no tienen que presentar desgaste en los puntos de impactos, esto aumenta el riesgo de accidentes al ser ésta golpeada.</p>	<p>MANUAL WECO HAMMER UNION Part 9 REJECTION CRITERIA</p>
<p><b>Rodamientos:</b></p> <p>Verificar que el sistema de los rodamientos de las poleas estén engrasados o aceptan grasa.</p>	<p>API RP 7L: A.2.3.1</p>
<p><b>Desgastes / Separación de Poleas:</b></p> <p>Verificar las tapas externas e internas o espaciadoras, para inspeccionar si hay desgaste ocasionado por la fricción de las poleas o deformaciones ocasionadas por impacto.</p> <p>Examinar si existe erosión en los rodamientos de las poleas y pasadores. Así mismo, observar si hay signos evidentes de sobrecarga en alguno de los componentes que conforman el bloque. Si alguna de estas condiciones es detectada se debe reemplazar el bloque o los componentes dañados. Verificar la perfecta rotación de las poleas.</p> <p>Verificar que exista una apropiada separación entre las poleas con ellas mismas y/o con las tapas externas o internas. Esta separación tiene que ser lo más mínima posible de tal forma de evitar al máximo el riesgo de que el cable salga y se deslice en estos espacios libres.</p>	<p>API RP 9B 4.4</p>

<p><b>Diámetro de Poleas:</b>  <i>Examinar</i> que las poleas sean del diámetro y capacidad apropiada.</p>	<p>API RP 9B  2.2.1</p>
<p><b>Diámetro del cuerpo de la polea:</b>  Examinar que el diámetro del cuerpo de la polea no debe ser menor al diámetro obtenido en la fórmula siguiente, dependiendo del diámetro y construcción del cable  <math>DP = d \times f</math>  Donde;  DP: Diámetro de la Polea.  d: Diámetro Nominal del Cable (mm).  f: Factor del diámetro de la Polea.  Factor para el Diámetro de la Polea</p>	<p>API RP 9B:  4.7.1.  Tabla 5</p>
<p><b>Desgaste en Canales:</b>  Se tienen medir la tolerancias mínimas y máximas del diámetro de los canales, son:  Tolerancias mínimas y máximas del diámetro de los canales de las poleas.  Forma de medir el diámetro de los canales  NOTA: En caso de haber diferencias entre el diámetro del cable y el diámetro de los canales en las poleas tienen reemplazarse alguno de estos dos (2) elementos siguiendo la alternativa más factible, sin dañar las condiciones de diseño del equipo o limitar su capacidad.</p>	<p>Tabla 6  API RP 9B  Fig. 11 API RP 09B</p>
<p><b>Diámetro del Cable vs Ranura:</b>  <i>La ranura</i> de una polea tendrá que tener una profundidad correspondiente por lo menos 1,75 veces su diámetro y las paredes o caras laterales correspondientes no podrán formar un ángulo mayor que 15° respecto a la vertical.</p>	<p>API RP 9B: 4.8.2  Fig. 10</p>

<p>Las ranuras de las poleas para cables tendrá ser lo suficientemente grandes para dejar que un cable nuevo ajuste con facilidad con un arco de soporte entre 120° a 150° de la circunferencia del mismo. Las caras de las ranuras tendrán que ser tangentes a dicho arco.</p>	
<p><b>Manguera de lodos certificada y asegurada:</b> Conforme lo establezca el fabricante se colocaran las abrazaderas de seguridad en las mangueras de lodo.</p>	<p>API RP 7L: A.7; API RP 54: 9.2.8 API RP 54: 9.13.2</p>
<p><b>Inspecciones de Equipos de Rotación (Swivel ):</b> Conforme al uso del equipo, se tendrán que realizar programas de inspección fundados en la experiencia, las recomendaciones del fabricante, y uno o más de los siguientes factores: Medio ambiente; Ciclos de carga; Requisitos reglamentarios; Tiempo de funcionamiento; Pruebas; Reparaciones; Re manufactura. Como opción, se puede utilizar la Tabla No. 1 como directrices mínimas. La programación a largo plazo se ajustará a fin de no obstruir innecesariamente con las operaciones que se están efectuando. Las frecuencias recomendadas se aplican para los equipos en uso durante el período de tiempo determinado. En ambientes corrosivos (humedad, la sal, H2S, etc.), debe ser considerado el aumento de la frecuencia de inspección. Esto incluiría el control de la corrosión interna de los miembros estilo tubular en un horario más acelerado</p>	<p>API 8B Tabla No. 1</p>

Fuente: GIAS GROUP. Guía [en línea]. S.f. Disponible en Internet:  
<URL:<http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>>

**Condiciones de las ranuras:**

Verificar que las canales en poleas y tambores se encuentren lisos y uniformes, ya que la presencia de corrugaciones o marcas realizadas por los cables de acero puede ejercer un efecto erosivo sobre estos. Si se presentan estas condiciones, las poleas o tambores deben ser reemplazadas o reparadas.

Verificar igualmente que no existan aristas vivas en las paredes de los canales, de tal forma de no dañar el cable.

**Rodamientos:**

Verificar que en las poleas del bloque se utilicen los rodamientos adecuados de acuerdo con el servicio, tal como se indica a continuación:

- Para un servicio no continuo y ligero, el mismo material de fundición de hierro de la polea provee su propio rodamiento. Se requiere lubricación frecuente para reducir la fricción y evitar el excesivo desgaste.
- Rodamientos sellados: Son rodamientos aislados y sin pistas, recomendados únicamente para servicio ligero y no continuo. Deben ser lubricados periódicamente con una grasa pesada.
- Rodamientos de deslizamiento de bronce auto-lubricantes: son recomendados para servicios severos o cuando el bloque no puede ser lubricado frecuentemente. Sin embargo, no pueden ser sometidos a altas velocidades u operación continua. El cojinete de tipo tapón no puede ser lubricado ya que al mezclarse el lubricante con la humedad se produce una mezcla de grafito ceroso que destruye las características auto-lubricantes del cojinete. El de tipo impregnado con grafito, en cambio, si puede ser lubricado.
- Rodamientos de deslizamiento de bronce lubricados a presión: Son recomendados donde las cargas son extra pesadas y continuas. Requieren lubricación frecuente y periódica.
- Rodamientos de precisión anti-fricción: son capaces de soportar cargas radiales y de empuje en condiciones operacionales severas y continuas con cargas pesadas y altas velocidades. Combinan una larga vida con mínimo mantenimiento.

**1.2.4 Bloque Corona.** La corona es un sistema de poleas ajustado en el tope de la torre de perforación. La mayoría de las coronas tienen de cuatro a siete poleas que pueden ser hasta de cinco pies de diámetro y están montadas en fila en un pasador central.

Tabla 6. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Bloque corona.

REQUERIMIENTO	ALINEAMIENTO
<p><b>Estructura de la Corona:</b> Confirmar el estado los pasamanos de la plataforma de la corona en soldaduras agrietadas y daños.</p>	<p>API RP 54 9.3.17 API RP 4G</p>
<p><b>Capacidad Nominal:</b> confirmar que la capacidad del bloque de poleas sea el correspondiente a la capacidad nominal del equipo y la cantidad de poleas sean las indicadas para el peso y el tipo de cable</p>	<p>API 4G: 9.1.a y c</p>
<p><b>Rodamientos:</b> Verificar que todo el sistema de los rodamientos de las poleas estén engrasados o aceptan grasa.</p>	<p>API RP 7L: A.2.3.1</p>
<p><b>Bloques de madera con malla de acero:</b> Se tienen asegurar bloques como parachoques en el marco de la corona, fijadas y aseguradas con un cable de seguridad a lo largo de su longitud asegurado a la torre o mástil. Si bloques de parachoques son de madera, deben ser cerrados con una pantalla protectora para evitar que caigan fragmentos de madera a la superficie de trabajo.</p>	<p>API RP 54: 9.2.16</p>
<p><b>Protección de las poleas de la corona:</b> El ensamble de las poleas de la corona tendrá que fijarse apropiadamente para evitar que las poleas se salgan de los</p>	<p>API: RP 54: 9.7.5;</p>

rodamientos y mantengan en su sitio.	
<p><b>Identificación de Poleas:</b></p> <p>Las poleas conformes con API Spec 8A o 8C API Spec, se señalizaran con el nombre del fabricante o marca, el tamaño de la ranura de la polea, y la polea de OD. Estas marcas se grabarán en el lado</p> <p>Del borde externo de la polea.</p> <p>ejemplo: A 36 cm polea con 11/8 ranura debe estar marcado (dependiendo de que se utiliza Spec):</p> <p>AB CO 11/8 SPEC 8A 36 ò AB CO 11/8 SPEC 8C 36 ó</p> <p>AB CO 1.125 SPEC 8C 36</p>	<p>API RP 0B</p> <p>4.8.3</p>
<p><b>Protección contra descargas eléctricas atmosféricas:</b></p> <p>Se examina peligroso todo trabajo que se efectúa donde existan conductores vivos, o que puedan tornarse vivos accidentalmente, como los siguientes;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Circuitos transformadores de corriente</li> <li>b) Reemplazo del aceite en transformadores vivos</li> <li>c) Empalmado de líneas neutrales</li> <li>d) Colocación de aisladores, postes y crucetas</li> <li>e) Tendido de nuevas líneas sobre postes con circuitos vivos</li> <li>g) Terminación de líneas vivas</li> <li>h) Circuitos con capacitadores</li> <li>i) Realización de trabajos en líneas vivas o supuestamente muertas, durante una tormenta eléctrica. Se tiene que usar equipos aterrizados como pararrayos.</li> </ul>	<p>Res. 2400: Art</p> <p>130(f);</p> <p>NTC 4552</p>
<p><b>Desgastes / Separación de Poleas:</b></p> <p>Examinar si existe deterioro o erosión en los rodamientos de las poleas y pasadores. Así mismo, verificar si hay señal evidente de sobrecarga en alguno de los componentes que</p>	<p>API RP 9B</p> <p>4.4</p>

<p>conforman el bloque. Si alguna de estas condiciones es detectada, se tiene reemplazar el bloque o los componentes dañados o que presenten señal de deterioro o erosión.</p> <p>Examinar el correcto funcionamiento de rotación de las poleas.</p> <p>Examinar que se conserve una apropiada separación entre las poleas con ellas mismas o con las tapas externas o internas. Esta separación tiene que ser lo más pequeña posible de tal forma de evitar al máximo el riesgo de que el cable salte y se deslice en estos espacios libres.</p>	
<p><b>Diámetro de Poleas:</b></p> <p>Verificar que las poleas conserven la capacidad y el diámetro apropiado.</p>	<p>API RP 9B 2.2.1</p>
<p><b>Diámetro del cuerpo de la polea:</b></p> <p>Verificar que el diámetro del cuerpo de la polea no debe ser menor al diámetro obtenido en la fórmula siguiente, depende de la construcción del cable y diámetro:</p> <p><math>DP = d \times f</math></p> <p>Donde;</p> <p>DP: Diámetro de la Polea.</p> <p>d: Diámetro Nominal del Cable (mm).</p> <p>f: Factor del diámetro de la Polea.</p> <p>Factor para el Diámetro de la Polea</p>	<p>API RP 9B: 4.7.1. Tabla No. 5</p>
<p><b>Condición de cables eléctricos:</b></p> <p>El cableado del sistema tiene instalarse de forma que esté protegido de algunos daños, al ser sometidos al tráfico de vehículos y los pies, quemaduras, cortes, y el daño de otras fuentes.</p> <p>El cableado tiene ser reemplazado o reparado</p>	<p>API RP 54:10.2.3-5; API RP 14F: 12.1.2</p>

<p>adecuadamente y sellados en caso necesario cuando se localizan daños en el aislamiento.</p>	
<p><b>Diámetro Del Cable Vs Canal:</b></p> <p>El canal de una polea deberá tener una profundidad equivalente al menos a 1,75 veces su diámetro y las paredes laterales correspondientes no deberán formar un ángulo mayor que 15° en relación a la vertical.</p> <p>Los canales de las poleas para cables deberán ser lo suficientemente grandes para permitir que un cable encaje con facilidad, con un arco de soporte entre 120° a 150° de la circunferencia del mismo. Las caras del canal deben ser tangentes a dicho arco.</p>	<p>API RP 9B: 4.8.2</p>
<p><b>Alineación de Componentes:</b></p> <p>Examinar que las poleas estén adecuadamente alineadas, para evitar que originen daños severos tanto en el cable de acero como en la ranura de las poleas. Una rápida verificación de este problema es la presencia de desgaste en solo una de las caras que conforman las ranuras de cada polea.</p>	<p>API RP 9B:6.5.6</p>
<p><b>Desgaste en Canales:</b></p> <p>Se tienen medir las tolerancias máximas y mínimas del diámetro de los canales, son:</p> <p>Tolerancias máximas y mínimas del diámetro de los canales de las poleas</p> <p>Forma de medir el diámetro de la ranura</p> <p>NOTA: En caso de existir diferencias entre el diámetro del cable y el diámetro de la ranura en las poleas, tienen que cambiar alguno de estos dos (2) componentes siguiendo la alternativa más favorable, sin afectar las condiciones de</p>	<p>API RP 9B Fig. 11 API RP 09B TABLA No. 6</p>

diseño del equipo o limitar su capacidad.	
<p><b>Diámetro del Cable:</b></p> <p>Se tiene medir el diámetro de los canales de poleas con el objetivo de examinar si muestran desgaste con respecto al diámetro original especificado para poleas y tambores nuevos o reacondicionados, como también el diámetro especificado para poleas en uso con respecto a su desgaste.</p>	<p>API RP 9B: 4.8.2</p> <p>Tabla No. 7</p>

Fuente: GIAS GROUP. Guía [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>>

## RODAMIENTOS DE LA CORONA

Examinar que en las poleas del bloque se empleen los rodamientos apropiados de acuerdo con el servicio, tal como se indica a continuación:

- Para un servicio no continuo y ligero, el mismo material de fundición de hierro de la polea provee su propio rodamiento. Se necesita lubricación frecuente para minimizar la fricción y evitar el exagerado desgaste.
- Rodamientos sellados: Son rodamientos aislados y sin pistas, sugeridos únicamente para servicio ligero y no continuo. Tienen que ser lubricados periódicamente con una grasa pesada.
- Rodamientos de deslizamiento de bronce auto-lubricantes: son sugeridos para servicios estrictos o cuando el bloque no puede ser lubricado frecuentemente. Sin embargo, no pueden ser sometidos a altas velocidades, ni operación continúa. El cojinete de tipo tapón no puede ser lubricado para evitar que al mezclarse el lubricante con la humedad se produzca una mezcla de grafito ceroso que deshace las características auto-lubricantes del cojinete. El de tipo impregnado con grafito, en cambio, si puede ser lubricado.
- Rodamientos de deslizamiento de bronce lubricados a presión: Son sugeridos donde se encuentre cargas continuas y extra pesadas. Requieren lubricación frecuente y periódica.

- Rodamientos de precisión anti-fricción: son calificados para soportar cargas radiales y de empuje en condiciones operacionales severas y continuas con cargas pesadas y altas velocidades. Mantienen una larga vida con mínimo mantenimiento.

#### **Condiciones de las ranuras:**

Examinar que los canales en poleas y tambores se encuentren lisos y uniformes, ya que la presencia de corrugaciones o marcas realizadas por los cables de acero puede causar un efecto erosivo sobre estos. Si se muestran estas condiciones, las poleas o tambores tienen ser reemplazadas o reparadas.

Examinar que no se encuentren aristas vivas en las paredes de los canales, de tal forma de no dañar o erosionar el cable.

**1.2.5 Gancho.** El gancho es una pieza de unión suspendida del bloque viajero, que se utiliza para enganchar las diferentes piezas del equipo necesarias para perforar y para hacer viajes redondos. El gancho rota sobre sus rodamientos en su caja de soporte y puede establecerse hasta en doce posiciones distintas. Un resorte internamente del gancho amortigua el peso de la tubería de perforación para que las roscas de las conexiones de tubería no se dañen al enroscar o desenroscarlas. El gancho contiene un cerrojo de seguridad para la conexión giratoria y tiene orejas a los lados para agarrar las asas del elevador.

El posicionador opcional hace girar automáticamente el elevador hasta el lugar solicitado por el encuellador cuando éste recibe la siguiente parada de tubería que está entrando al hueco. También impide que el gancho y elevador rueden como resultado del enroscamiento de la tubería que está ingresando al hueco.

Están diseñados de acuerdo al peso máximo que puedan levantar, variando entre 50 y más de 600 Toneladas.

### 1.2.6 Elevadores

Figura 7. Elevadores



Fuente:<http://www.sfpetrol-machinery.com.es/bottleneck-elevator.html>

Los elevadores son abrazaderas que sujetan firmemente la parada de tubería, independiente de que sea perforación, de revestimiento o de producción, o las varillas de bombeo, de tal manera que la parada de tubería pueda ser bajada dentro del hueco o levantada fuera de él. Los elevadores de tubería usados específicamente para tubería de perforación están asegurados al gancho por medio de asas.

#### **Requisitos de los elevadores para la primera etapa de perforación:**

- Para una tubería de perforación de 4 1/2" – 350 ton.
- Para una tubería de perforación de 3 1/2" – 250 ton.
- Para un Drill Collars – 350 Ton. En los diámetros sugeridos.
- Lifting sub mínimo por tipo de conexión para DC.

### 1.2.7 Malacate

Figura 8. Malacate



Fuente: Manual de Inspección de Equipos, Sistema de Levantamiento. p. 15

El malacate consiste del carrete principal, de diámetro y longitud proporcionales según el modelo y especificaciones generales. El carrete sirve para devanar y mantener arrollados cientos de metros de cable de perforación. Por medio de adecuadas cadenas de transmisión, acoplamientos, la potencia que le transmite la planta de fuerza motriz puede ser aplicada al carrete principal o a los ejes que accionan los carretes auxiliares, utilizados para enroscar y desenroscar la tubería de perforación y las de revestimiento o para manejar tubos, herramientas pesadas u otros implementos que sean necesarios llevar al piso del taladro. De igual manera, la fuerza motriz puede ser dirigida y aplicada a la rotación de la sarta de perforación. La transmisión de fuerza la hace el malacate por medio de la disponibilidad de una serie de bajas y altas velocidades, que el perforador puede seleccionar según la magnitud de la carga que representa la tubería en un momento dado y también la ventaja mecánica de levantamiento representada por el número de cables que enlazan el conjunto de poleas fijas en la cornisa de la cabria con las poleas del bloque viajero.

El malacate es una máquina cuyas dimensiones de longitud, ancho y altura varían, naturalmente, según su potencia. Su peso puede ser desde 4,5 hasta 35,5 toneladas, de acuerdo con la capacidad de perforación del taladro.

## ESPECIFICACIONES

- Se tendrá que verificar la Potencia de entrada eléctrica.
- Capacidad de levante mínima para manejar la carga en el gancho.
- Debe estar equipado con dos frenos uno mecánico y otro eléctrico auxiliar con capacidad para resistir las cargas descritas con sus sistemas de enfriamiento.
- Poseer un sistema de seguridad para prevenir colisiones contra la corona y el piso de trabajo, tipo “TWINSTOP”, calibrado y operando adecuadamente.
- Poseer un sistema de seguridad ANTICOLISIÓN para el Top Drive / Power Swivel
- Cadenas y ejes tienen que estar lubricados, libres de filtraciones y con protectores fijados. Registro de número de días de operación desde la última gran revisión o Inspección.
- Poseer los dos (2) hidráulica tong pull para Make up y Break up de la sarta de perforación (Drill Pipe+HW + DrillCollars)
- Dimensiones del carrete
- Relación de velocidad de acuerdo a su velocidad es su capacidad de levante

Tabla 7. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Malacate.

REQUERIMIENTO	ALINEAMIENTO
<p><b>Inspecciones NDT del sistema de frenos, barra reguladora y uniones principales /</b></p> <p><b>Registro de mantenimiento del sistema de frenos:</b></p> <p>“El usuario del equipo tiene realizar su propio programa de examinar sobre la base de la experiencia, las sugerencias del fabricante, y la consideración de uno o más de los siguientes factores: medio ambiente, los ciclos de carga, los requisitos reglamentarios, el tiempo de funcionamiento, ensayos, reparación y re</p>	<p>API RP 7L: 4.2</p>

manufactura”.	
<p><b>Rodamientos:</b></p> <p>Verifique que todos los rodamientos del malacate estén previamente engrasados o aceptan grasa.</p>	API RP 7L: A.2.3.1
<p><b>Calibración del sistema de instrumentación:</b></p> <p>Todo el sistema de instrumentación que demuestra el funcionamiento, presión y tensión en el malacate tiene que estar calibrado.</p>	API RP 7L: 4.2
<p><b>Diámetro del Cable:</b></p> <p>Se tiene que medir el diámetro de los canales de las poleas a fin de examinar si muestran desgaste con respecto al diámetro original especificado para poleas y tambores nuevos o reacondicionados, así mismo el diámetro especificado para poleas en uso de acuerdo a su desgaste.</p>	API RP 9B: 4.8.2 Tabla No. 7
<p><b>Diámetro del Cable Vs Ranura:</b></p> <p>La ranura de una polea tendrá que tener una profundidad correspondiente por lo menos 1,75 veces su diámetro y las paredes o caras laterales correspondientes no tendrán que formar un ángulo mayor que 15°, respecto a la vertical.</p> <p>Las ranuras de las poleas para cables deberán ser lo suficientemente grandes para permitir que un cable nuevo ajuste con facilidad con un arco de soporte entre 120° a 150° de la circunferencia del mismo. Las caras del canal deben ser tangentes a dicho arco.</p>	API RP 9B: 4.8.2 Fig. 10
<p><b>Desgaste en Canales:</b></p> <p>Se tienen que medir la tolerancias mínimas y máximas del diámetro de los canales, son:</p>	API RP 9B Fig. 11 API RP 09B Tabla 6

<p>Tolerancias mínimas y máximas del diámetro de los canales de las poleas.</p> <p>Forma de medir el diámetro de la ranura</p> <p>NOTA: En caso de haber diferencias entre el diámetro del cable y el diámetro de la ranura en las poleas tienen que reemplazarse alguno de estos dos (2) elementos siguiendo la alternativa más factible, sin afectar las condiciones de diseño del equipo o limitar su capacidad.</p>	
<p><b>Condición de cadenas y piñones:</b></p> <p>En la mayoría de los elementos de rodillos de la cadena, la cadena se considera agotada cuando se ha alcanzado el 3% de alargamiento de desgaste. Con el desgaste del 3%, la cadena no se ensambla a la rueda dentada o piñón y puede causar daños o la rotura del piñón. En las unidades con ruedas dentadas de gran tamaño (más de 66 dientes), el desgaste admisible será de <math>200 / N</math> (N = No. De dientes de corona más grande) y puede ser inferior al 3%. En los elementos no ajustables, el alargamiento de desgaste admisible se limita alrededor de la mitad de un paso de la cadena. Medida de una muestra representativa de la cadena, y si la alargamiento de desgaste es superior al 3% o el límite funcional, reemplace toda la cadena. No conecte un nuevo sistema de la cadena a un eje desgastado.</p>	API Spec 7F: A3.5
<p><b>Cables de Acero:</b></p> <p>Los cables de acero de los equipos de sistema de Izare no tendrán que rozar la torre, éste tendrá que</p>	API RP 54 9.6.7

<p>correr por el bloque de corona, poleas y boque viajero.</p>	
<p><b>Inspección Visual de Partes Móviles:</b> Se tiene que realizar una inspección visual (una vez al día), del malacate, para examinar el funcionamiento de las partes o el sistema móviles.</p>	<p>API RP 54 9.4.1</p>
<p><b>Crow o Matico ó Twin Stop:</b> El equipo tiene que estar equipado con un dispositivo de seguridad el cual tiene que estar diseñado para evitar que la polea viajera choque con el bloque de la corona. El dispositivo tiene que ser verificado antes de cada viaje y después de cada ejercicio-line deslizamiento, la operación de corte. Los resultados de la prueba de funcionamiento tienen que ser inscritos en el procedimiento de registro.</p>	<p>API RP 54 9.4.8</p>
<p><b>Adicional</b> Examinar que los cojinetes en las poleas y tambores estén recibiendo una lubricación apropiada y permanente. Igualmente, inspeccionar que la rotación de las mismas sea uniforme y no se produzca vibración axial, lo cual es indicativo de desgaste u espaciamiento excesivo en cojinetes de deslizamiento o bujes, daños en cojinetes de rodamiento o daños por deformación o desgaste en los pasadores correspondientes. verificar, en lo que sea posible, el cuerpo de poleas o tambores mientras se encuentran instalados para descubrir la presencia de grietas, por la cual tienen que ser reparadas o removidas de inmediato. Cuando las mismas son desajustadas, tendrán que examinarse</p>	<p>OSHA 1910.172</p>

<p>con ensayos de partículas magnéticas o líquidos penetrantes.</p> <p>Nunca se podrá utilizar sogas de fibra en poleas que se han operado y diseñados para cables de acero o utilizar cables de acero en equipos diseñados para sogas de fibra.</p> <p>Un tambor debe estar diseñado para enrollar un máximo de tres capas de cable de acero dispuestas uniformemente. Sin embargo, no es recomendable sobrepasar su capacidad ya que se pueden provocar daños severos por aplastamiento en la capa inferior.</p> <p>Determinación de la capacidad de cable en un tambor</p>	
<p><b>Cubiertas y guardas de protección:</b></p> <p>Todo eje en movimiento, tiene estar protegido para evitar que los trabajadores de forma accidental puedan tener contacto con ellos.</p>	<p>OSHA: 1910.212(a) y 1910.219(i)(2)</p>
<p><b>Verificación del desgaste en bandas y funcionamiento del freno:</b></p> <p>El sistemas de freno en el malacate tiene inspeccionarse y practicarle mantenimiento apropiado de acuerdo a las sugerencias del fabricante.</p> <p><b>Nota:</b> El desgaste en las bandas de freno, tendrá que ser corroborado con el sugerido por el fabricante.</p>	<p>API RP 54 9.4.6</p>
<p><b>Nivelación del malacate, barra reguladora y pivote:</b></p> <p>examinar la alineación de la barra pivote, los tensores o reguladores y las bandas, esto es de gran prioridad ya que si no existe una buena alineación, las cargas pueden producir mayor fuerza en uno de los elementos</p>	<p>Manual de Fabricante de Malacate ENSCO, IDECO y NATIONAL.</p>

debido a la mala distribución de las fuerzas.	
<p><b>Corte y Corrida de Cables de Acero:</b></p> <p>No se permitirá correr ni cortar el cable hasta tanto el bloque viajero se encuentre sobre la plataforma, piso o un lugar suspendido por otra guaya independiente.</p>	<p>API RP 54</p> <p>9.6.2 y 9.6.6</p>
<p><b>Desgaste en Placa de Sacrificio y Rodillo de Rebote:</b></p> <p>Examinar que no se encuentre desgaste excesivo en una de las placas de sacrificio, si esto se encuentra, es evidencia de la falta de alineación entre las poleas de la corona y el centro del malacate.</p> <p>Examinar el desgaste en el rodillo de rebote, estos se desgastan totalmente, el cable de acero puede rozar con el eje metálico del mismo.</p>	<p>Manual de Fabricante de Malacate ENSCO, IDECO y NATIONAL.</p>

Fuente: GIAS GROUP. Guía [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>>

### **Condiciones de las ranuras**

Examinar que las ranuras en poleas y tambores se hallen lisos y uniformes, ya que la presencia de corrugaciones o marcas hechas por los cables de acero puede desempeñar un efecto erosivo sobre estos. Si se presentan estas condiciones, las poleas o tambores tienen ser reemplazadas o reparadas. Examinar que no existan aristas vivas en las paredes de los canales, de tal forma de no dañar o erosionar el cable.

### **Identificación de controles en consola del perforador**

Todos los controles tendrán estar identificados visiblemente en el idioma del país donde se efectuó el trabajo.

### 1.2.8 Cuñas de perforación

Figura 9. Cuñas de perforacion



Fuente: GIAS GROUP. Guía [en línea]. S.f. Disponible en Internet:  
<URL:<http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>>

Son herramientas de perforación utilizadas mientras las uniones se desacoplan o se aprietan, la sarta de perforación tiene que ser sostenida arriba de la mesa rotaria para prevenir que caiga al pozo. Esto se logra gracias a la acción de las cuñas, que consisten en un sistema de bloques de metal con un extremo adelgazado enlazado entre sí y con asas para su manejo. Se ubican alrededor del cuello de la sarta y se van bajando hasta que se cierran dentro de la mesa rotaria soportando toda la tubería. Para cada sistema tubular coexiste una cuña especial. Esta herramienta se arregla de 3 o más elementos (según la tubular a acuñar en la operación) articulados entre si cada elemento comprende un sistema de mordazas con una manivela de elevación manual. Las cuñas se colocan entre el buje maestro de la mesa rotaria y el tubular en uso con la objetivo de acuñarlo, ya sea barra de sondeo, porta mecha, cañería u otra herramienta tubo de diversas maniobras que componen las operaciones de perforación.

### ESPECIFICACIONES

- Se deberá contar con sistema de operación de cuñas automáticas (neumáticas o hidráulicas), para dimensión de la rotaria de 17 ½", que se desempeñe con la

presión proveída por el taladro (100 psi), operado desde la consola del perforador.

- Cuñas (Standard manual slip) de capacidad suficiente para manejo de las sartas utilizadas. Dos juegos por cada tamaño de tubería y drill Collars
- Certificados de inspección de acuerdo al nivel III de inspección API 8B, con menos de 180 días de anterioridad (se deberá realizar dichas pruebas cada seis meses, durante la ejecución del contrato).

### 1.2.9 Subestructura

Figura 10. Subestructura



Fuente: TRADEQUIP. Trabajos realizados [en línea]. Venezuela, s.f. Disponible en Internet: <URL:[http://www.tradequip-ve.com/trabajos\\_realizados.htm](http://www.tradequip-ve.com/trabajos_realizados.htm)>

La subestructura es una infraestructura de trabajo de acero, la cual es anclada directamente sobre el lugar de perforación. No solo resiste la carga de la mesa rotaria, sino la carga completa de la torre, el equipo de levantamiento y la sarta de perforación (incluyendo la tubería de revestimiento, etc.) cuando la sarta esta sostenida en el pozo por las cuñas.

La subestructura se alza de 3 a 12 metros sobre el suelo, la altura adecuada de esta dependerá del área que se necesite para ubicar los equipos de prevención. El mástil o torre se alza sobre una estructura que se utiliza para dos fines principales:

- Resistir el piso de la instalación y tuberías, así mismo proveer del lugar para el equipo y empleados.
- Suministrar suficiente espacio debajo del piso para la fijación de las Preventoras.

## **ESPECIFICACIONES**

- Subestructura debe contar con capacidad mínima 250000lbs y máxima 350000lbs de carga sobre las vigas de la mesa rotaria
- Debe contar con pasamanos y escaleras con platina (rodapiés) en su base para prevenir caída de objetos, y cumplir los requisitos de ergonomía y seguridad.
- Debe ser verificada y certificada por el fabricante o una compañía certificada con nomograma API para dicho trabajo. La certificación de inspección API 4G NIVEL 4 no puede ser de una fecha de expedición mayor a cinco(5) años y la de NIVEL 3 API 4G no superior a dos (2) años
- Altura mínima 13.5 pies y máxima 15 pies libre de la subestructura que admita la fijación del set completo de BOPS , DrillingSpool y Cabeza de Pozo ( Well Head Equipment)
- Deberá contar con una bandeja recolectora de lodo diseñada adecuadamente para el taladro y con manguera de descarga al tanque de viaje, para el monitoreo de volúmenes y control de derrames
- Deberá contar con rieles y un Winche Neumático con capacidad de izaje suficiente para el set de BOP´s y cabezal de pozo completo.
- Debe tener fijado en la subestructura un detector de H<sub>2</sub>S y con registro de calibración semanal.
- La subestructura tendrá que contar con sistema de deslizamiento “skidding system” en una sola dirección a lo largo del eje del taladro capaz de desplazarse máximo 60m y que tenga todas las extensiones requeridas. El deslizamiento tendrá que efectuarse con la sarta de perforación parada en la torre .Sistema de deslizamiento para mover el equipo entre pozos tipo clúster máximo en 12 horas

(dejándolo listo para iniciar operaciones), sin desmontar ni tumbar la torre de perforación.

- La subestructura tendrá que contar con sistema de deslizamiento “walking system” en cualquier dirección con respecto al eje del taladro capaz de moverse máximo 60 m y que tenga todas las extensiones requeridas. El deslizamiento tendrá que efectuarse con la sarta de perforación parada en la torre .Sistema de deslizamiento para movilizar el equipo entre pozos tipo clúster máximo en 12 horas (dejándolo listo para iniciar operaciones), sin desmontar ni tumbar la torre de perforación.

Tabla 8. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Subestructura.

REQUERIMIENTOS	LINEAMIENTOS
<p><b>Estado general (visual e Inspecciones NDT):</b> Los equipos críticos deben ser inspeccionados periódicamente según lo recomendado por el fabricante o de acuerdo con prácticas de ingeniería reconocida.</p>	API RP 54: 9.16.1
<p><b>Placa de la Sub-estructura:</b> La subestructuras debe tener una placa de identificación permanente que contenga la siguiente información: a. Nombre del fabricante. b. Número de modelo y número de serie. c. Una capacidad combinada de rotativos y retroceso.</p>	API RP 4G: 9.2.2; API RP 54: 9.2.2
<p><b>Nivelación de la subestructura:</b> La base del mástil debe estar nivelada y en la posición correcta antes de subir o bajar la estructura del mástil telescópico, y antes de apretar</p>	API RP 54: 9.2.6

los cables de retención.	
<p><b>Pines instalados y con chavetas de seguridad:</b></p> <p>Todos los tornillos, tuercas y clavijas y la polea y otros pernos o accesorios que se encuentren en altura deben asegurarse.</p>	API RP 54: 9.2.8
<p><b>Condición de instalaciones eléctricas:</b></p> <p>El cableado del equipo debe instalarse de forma que esté protegido de la abrasión, al ser sometidos al tráfico de vehículos y los pies, quemaduras, cortes, y el daño de otras fuentes.</p> <p>El cableado debe ser reemplazado o reparado correctamente y sellados en caso necesario, cuando se detectan daños en el aislamiento.</p> <p>Para evitar incendios y otros peligros, componentes improvisados de cableado e instalaciones no se utilizarán.</p>	API RP 54:10.2.3-5; API RP 14F: 12.1.2
<p><b>Clasificación de Áreas Eléctricas:</b></p> <p>Las instalaciones eléctricas, son adecuadas para la clasificación de área requeridas</p>	NTC 2050 Sec. 500 ; API RP 54: 9.14.7; API RP 500: 10.1-16
<p><b>Extintores:</b></p> <p>El empleador deberá proveer extintores portátiles, localizar e identificar de modo que sean fácilmente accesibles a los empleados sin someter a los empleados a la posibilidad de lesiones.</p> <p>Los extintores portátiles se proporcionan para uso de los empleados y seleccionados y distribuidos sobre la base de las clases de fuegos en el lugar previsto y en el tamaño y el grado</p>	OSHA: 1910.157(c)(1) y (d)(1) NFPA 10 RES 2400/79

de peligro que pueda afectar su uso	
<p><b>Bandejas de recolección de líquidos (parando tubería):</b></p> <p>Debe prevenirse cualquier tipo de derrame, especialmente de productos usados durante la Perforación.</p>	API RP 52: 5.2.e
<p><b>Superficie antideslizante alrededor de la rotaria:</b></p> <p>Debe instalarse material antideslizante alrededor de la rotaria, ya que es la única superficie lisa de la mesa de trabajo</p>	ModuSpec: page. 11.
<p><b>Piso libre de grasa y sin riesgos de tropiezos:</b></p> <p>El piso de perforación debe mantenerse de una manera ordenada y libre de objetos.</p>	API RP 54: 9.3.11
<p><b>Escaleras (mínimo 2 salidas desde el piso de trabajo):</b></p> <p>Un mínimo de dos (2) escaleras se instalarán en las plataformas de perforación para ofrecer salidas alternativas desde el la mesa de trabajo al nivel del suelo.</p>	API RP 54: 9.3.10 NFPA 10 RES 2400/79
<p><b>Barandas de protección:</b></p> <p>Todos los lugares de trabajo que se encuentren a más de 1,5 metros de altura, se deben proveer de líneas de vida para los trabajadores o barandas de protección.</p>	OSHA:1910.24(h) y 1910.23(d)(1) Resol 1409/201
<p><b>Iluminación en el Piso:</b></p> <p>Las lámparas deben colocarse y mantenerse para proporcionar la iluminación de las áreas de trabajo de conformidad con ANSI / IES RP7 1988: Iluminación Industrial</p>	API RP 54: 9.14.7, API RP 500: 5.3 y 10.1-16; OSHA: 1910.307(b)(1)

<p><b>Manómetros de la consola del perforador calibrados:</b></p> <p>Todos los indicadores de presión deben ser calibrados con una precisión de 1 por ciento del fondo de escala por lo menos cada 3 años.</p>	<p>API RP 53: 12.5.3(g)</p>
<p><b>Alarma sonora trabajando:</b></p> <p>Los sistemas de alarmas para los conatos de incendio, como medida de seguridad y actuación rápida para extinguir el fuego, deberán reunir los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Deberán transmitir señales dignas de confianza.</li> <li>b) Las señales deberán llegar a las personas capacitadas para que respondan a ellas.</li> <li>c) Deberán llamar inmediatamente la atención "fuego" en forma inequívoca.</li> <li>d) Deberán indicar el lugar del incendio.</li> <li>e) Los medios para transmitir la alarma deberán ser accesibles y muy simples, no dando ocasión a demoras o errores, por parte de la persona encargada.</li> <li>f) La alarma será fuerte para que los ocupantes del edificio o local de trabajo, etc. queden advertid</li> </ul>	<p>Resol. 2400 / 79 ARTÍCULO 231</p>
<p><b>Puesta a tierra:</b></p> <p>Los motores eléctricos, generadores y paneles de control deberán estar conectados a tierra.</p>	<p>API RP 54: 6.1.16 y 9.14.11 NTC 2050 Y RETIE</p>

Fuente: GIAS GROUP. Guía [en línea]. S.f. Disponible en Internet:  
<URL:<http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>>

### 1.2.10 Top Drive

Figura 11. Top Drive



Fuente: TPEC. Sistema de perforación hidráulica 150T con propulsión superior (top drive)[en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:[http://www.tpec-drilling.es/big\\_img.html?etw\\_path=>](http://www.tpec-drilling.es/big_img.html?etw_path=>)>

El top drive lo forma la unión giratoria, motor eléctrico, frenos de disco para cualquier orientación direccional y un freno de inercia. Igualmente, cuenta con un sistema para controlar el torque, sistemas de contrabalanceo para doblar las funciones del amortiguamiento del gancho convencional, válvula de control inferior, elevador bi-direccional para enganchar paradas y elevadores de potencia. Viene como un sistema compacto para acoplarse a la mayoría de los equipo de perforación.

El Top Drive es parte fundamental del equipo pues facilita las operaciones de perforación de pozos desviados, horizontales, multilaterales y bajo balance. Sus principales ayudas son:

- Reduce dos tercios de las conexiones al perforar con paradas triples.
- Permite mantener la orientación direccional en intervalos de 90 pies y reduce el tiempo de supervisión (survey time) mejorando el control direccional.
- Permite tomar núcleos en intervalos de 90 pies sin necesidad de conexiones.

- Se tiene perforación horizontal en tramos de 90 pies.
- Mejora la eficiencia en perforación bajo balance.
- Permite reaming, back reaming y circulación durante los viajes.
- Permite circular y rotar mientras se viaja en pozos horizontales.
- Mejora la seguridad en el manejo de tubería

### **1.3 SISTEMA DE CIRCULACIÓN Y TRATAMIENTO DE FLUIDOS**

El destino primordial del sistema de circulación de fluidos es la separación de los cortes del fondo del hueco durante la perforación. Los componentes del sistema circulatorio incluyen:

**1.3.1 Tanque de lodos.** Están conjugados con el equipo de control de sólidos ya que en ellos se prepara o acondiciona el lodo proveniente del pozo para ser nuevamente succionado por las bombas y expulsado por la misma al sistema de circulación.

#### **TANQUES AUXILIARES**

Son tanques complementarios y pueden subdividirse en: tanque de mezcla, depósitos de agua y tanques de reservas.

#### **TANQUE DE MEZCLA**

En este tanque se pueden preparar fluidos con características definidas ya que cuentan con equipos de mezclas independientes del sistema de los tanques activos como por ejemplo agitadores, los cuales se encargan de batir el lodo.

#### **TANQUE DE RESERVA**

Se usa para mantener cualquier fluido ya preparado y listo para ser usado.

En pozos exploratorios, se mantiene en reserva un lodo con densidad de 0.5 lb/gal mayor que la densidad del lodo en uso.

## **TANQUES DE ASENTAMIENTO O SEDIMENTACIÓN**

También se le conoce como trampa de arena. Es el tanque donde se recibe el retorno del pozo. Aquí se instalan los equipos separadores de sólidos primarios (zarandas), para descartar los cortes de tamaño mayor a 74  $\mu$  (micrones). La arena se asienta en el mismo por gravedad.

## **TANQUES INTERMEDIOS**

Es el tanque donde se instala el resto de los equipos separadores de sólidos (desarenadores, deslimadores y centrifugas), elimina partículas y sólidos indeseables y siempre contendrá partículas finas de la formación que no se pueden eliminar por su tamaño entre 4 y 74  $\mu$ .

## **TANQUES DE SUCCIÓN**

Es el tanque desde donde el fluido, casi libre de sólidos, es succionado por las bombas de lodos. En el que se instalan los equipos de mezcla.

## **ESPECIFICACIONES**

- Deben contar con un manifold que permita que cada bomba pueda succionar independientemente del tanque de succión o píldora.
- Cada tanque debe estar diseñado para poderse aislar de los demás con sus propias líneas de succión y llenado.
- Embudos de mezcla y bombas centrífugas de suficiente potencia y volumen de descarga, con sus correspondientes motores eléctricos /explosion proof para el sistema de reserva.
- Debe contar con conexiones para hacer transferencia desde el tanque de reserva al tanque activo.
- El tanque de reserva deberá contar con conexión de succión directa del tanque de agua.

Tabla 9. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Tanques.

REQUERIMIENTOS	ALINEAMIENTOS
<p><b>Placa:</b> Un tanque tendrá que ser reseñado por una placa de identificación que tendrá que indicar, por medio de letras y números no menores de 4 mm (5/32 pulg) de alto, la información siguiente:</p>	API RP 650 Secc. 10
<p><b>Pisos Antideslizantes:</b> Las válvulas, tuberías y demás tendrán que ser alcanzable desde una superficie antideslizante, libre de obstáculos.</p>	API RP 12R Apéndice G
<p><b>Válvulas:</b> Todas las válvulas no tienen presentar filtraciones y el acceso a esta tendrá que ser libre y sin obstáculos.</p>	API RP 12R Apéndice G
<p><b>Fugas y Grietas Visibles:</b> No tienen que existir grietas y filtraciones en el tanque, de existir estos tienen ser descartados.</p>	API RP 12R Apéndice G y 6.5.3
<p><b>Plataforma de descanso y Acceso a Techo:</b> Se tiene que contar con una plataforma que confirme un espacio seguro para entrar o salir de las escaleras.</p>	API RP 12R Apéndice G
<p><b>Aseguramiento de Líneas</b> Las tuberías, pasarelas, plataformas, etc. que descansan sobre o contra el cuerpo del tanque o de la cubierta tienen ser fijado al tanque.</p>	API RP 12R 5.1.4
<p><b>Manhole:</b> Se tiene que contar con escotillas para mantenimiento, que ayuden a la entrada del personal y equipos del sistema de ventilación artificial.</p>	API RP 12R 6.1.2 ; 6.2 y 6.4.1 a

<p><b>Programa de Integridad y Ensayo:</b></p> <p>Se tiene que contar con un programa de integridad y ensayos, el cual tiene que decretar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Corrosión interna por el producto almacenado o agua corrosiva en la parte inferior.</li> <li>b. La corrosión externa debido a la exposición del medio ambiente.</li> <li>c. Los niveles de estrés y los niveles permitidos de tensión.</li> <li>d. Las propiedades del producto almacenado, tales como gravedad específica, temperatura, y factor de corrosión.</li> <li>e. Temperaturas del metal del diseño en la ubicación del servicio del tanque.</li> <li>f. Vida exterior en el tejado, el viento, la nieve y las cargas sísmicas.</li> <li>g. Base del tanque, el suelo y las condiciones de liquidación.</li> <li>h. El análisis químico y las propiedades mecánicas de las construcciones materiales.</li> <li>i. Distorsiones del tanque existente.</li> <li>j. Las condiciones de operación, tales como el llenado o vaciado de los precios y frecuencia</li> <li>k. NDT Ultrasonido una vez al año.</li> </ul>	<p>API RP 12R Apéndice G</p>
<p><b>Escalera de Acceso al Techo:</b></p> <p>Se tiene que examinar las condiciones de los escalones y soportes de las escaleras para prevenir caídas del personal</p>	<p>API RP 12R Apéndice G OSHA: 1910.24(h) y 1910.23(d)(1) Resol 1409/2012</p>

<p><b>Pasamanos / Barandas / Guarda Pie en Escaleras:</b> Cada lado del piso o plataforma abierta de 4 pies o más por encima del piso contiguo o nivel del suelo tendrán que ser vigilado por una baranda estándar en todos los lados abiertos, excepto cuando existe entrada a una rampa, escalera o escala fija. La barandilla tendrá que estar equipada de una tabla de pie en cualquier lugar, por debajo de los lados abiertos.</p>	<p>API RP 12R Apéndice G OSHA: 1910.24(h) y 1910.23(d)(1) Resol 1409/2012</p>
<p><b>Escalera para Acceso al Tanque:</b> Se tendrá que contar con un medio de ingreso seguro para los tanques, las plataformas y pasarelas.</p>	<p>API RP 12R 5.1.1 y 5.1.5 Resol 1409/2012</p>
<p><b>Línea de Ventilación:</b> Se tiene que situar en el punto más alto una rejilla de ventilación la cual tiene que disponer con una trampa para líquidos.</p>	<p>API RP 12R 4.4.10 y 5.1.12</p>
<p><b>Protección Ambiental:</b> El tanque tendrá brindar economía, la seguridad y protección del medio ambiente, por tal razón se deberá que disponer con los medios para prevención de accidentes y protección contra derrames.</p>	<p>API RP 12R 4.4.1</p>
<p><b>Separación</b> Existe una división apropiada entre tanques, campamento, equipos de prevención contra fuego.</p>	<p>API RP 12R 4.4.1</p>
<p><b>Escotilla en Techo:</b> Todas las escotillas de techo tienen que estar bien cerrada y asegurada para prevenir la salida de gases al ambiente y evitar probables derrames.</p>	<p>API RP 12R Apéndice G Resol 1409/2012</p>
<p><b>Análisis de Ultrasonido y Calculo tasa de</b></p>	<p>API RP 12R</p>

<p><b>corrosión:</b></p> <p>Se tiene que ejecutar NDT Ultrasonido por lo menos una vez al año.</p> <p>Se tiene que definir a partir de mediciones efectuadas a los tanques, el cálculo del índice de corrosión.</p>	<p>6.6.1.2 y 6.4.1.</p>
<p><b>Válvula de Alivio</b></p> <p>Se tiene que contar con un sistema de válvula de alivio para todos los tanques, esta tendrá que mantenerse cerrada y asegurada para prevenir derrames.</p>	<p>API RP 12R</p> <p>4.4.9</p>
<p><b>Señalización:</b></p> <p>La señalización del tanque con una etiqueta (Líquido Inflamable y Capacidad), señalización de válvulas, No Fumar y rombo NFPA.</p>	<p>OSHA: 1910.106(b)</p> <p>OSHA:</p> <p>1910.145(c)(2)(i) y</p> <p>1910.1200(f)(5-6) y</p> <p>NTC 1692</p>
<p><b>Protección Catódica:</b></p> <p>En los suelos de pequeña resistencia donde la actividad electrolítica puede ser usual, el resultado corrosivo en el tanque tiene que ser disminuida suministrando barrera de vapor, revestimiento exterior, protección catódica o aislamiento eléctrico.</p>	<p>API RP 12R</p> <p>4.4.3</p>
<p><b>Recuperador de Vapor:</b></p> <p>Los tanques verticales, tienen que contar con sistemas de aspirar los vapores, para recuperar los mismo y evitar que vapores contaminados salgan al ambiente sin ser secados.</p>	<p>API RP 12R</p>
<p><b>Fugas:</b></p> <p>Verificar Grietas o fugas por cuerpo, costuras pisos o válvulas.</p>	<p>API RP 650 Apéndice</p> <p>1</p>

<p><b>Puesta a Tierra:</b></p> <p>Se tiene que contar con sistema de puesta a tierra y mantener una medición como lo establece la norma (RETIE).</p>	<p>API RP 12R 5.1.13</p>
<p><b>Fuga por escotilla de muestra:</b></p> <p>No se tienen que mostrar filtraciones por las escotillas de muestra.</p>	<p>API RP 12R Apéndice G</p>
<p><b>Protección Contra Rayos:</b></p> <p>En las zonas con tendencias a relámpagos, se tiene que fijar un sistema de protección contra rayos diseñado e instalado adecuadamente. El personal no tiene que montar tanques durante tiempos de tormentas.</p>	<p>API RP 12R 5.1.15</p>
<p><b>Sistema Anti caídas:</b></p> <p>Sistema vertical anti caídas, a todas las escaleras de los tanques verticales.</p>	<p>Res. 3673/ 08 OSHA 1910.145(c)(2)(i) Resol 1409/2012</p>
<p><b>Punto de Anclaje:</b></p> <p>Cuando los tanques no posean barandas en los techos o zonas de válvulas sin barandas y que estén encima 1.5 metros de altura, se tiene que contar con puntos de anclaje que soporten 5000 kg. de tensión en impacto.</p>	<p>Res. 3673/ 08</p>
<p><b>Orden y Aseo:</b></p> <p>Se tiene que mantener los recubrimientos de los tanques, plataformas, pasillos y el área alrededor de los tanques libre de depósitos de aceite, sedimentos de base y agua en el techo del tanque.</p>	<p>API RP 12R 5.1.1</p>

Fuente: <http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>

### 1.3.2 Bombas de Lodos

Figura 12. Bombas de lodos



Fuente: HUERTA, Fernando; NAVA, Edineys; NORIEGA, María; PIÑA, Nelcidex; RODRÍGUEZ, Ricardo y SUÁREZ, Orosman. Sistema de circulación [en línea]. Universidad de Zulia, Programa de Ingeniería. República Bolivariana de Venezuela, Cabimas, 2011. Disponible en Internet: <URL:<http://seminarioluzpetroleo.files.wordpress.com/2012/11/sistema-de-circulac3b3n.pdf>>

Son las encargadas de hacer cumplir el ciclo de circulación del lodo, desde que lo succionan del tanque respectivo, hasta que el fluido retorna al extremo opuesto del tanque de succión, después de pasar por el interior de las tuberías y los espacios anulares respectivos. Estas bombas toman el lodo de los tanques y lo impulsan hasta la sarta de perforación. Cada equipo de perforación debe tener como mínimo tres bombas para el fluido de perforación; dos deben estar conectadas de tal manera que puedan operar solas, en paralelo y una tercera como auxiliar.

Existen dos tipos de bomba:

- Bomba Dúplex

Son bombas de doble acción, es decir, desplazan fluidos en las dos carreras del ciclo de cada pistón mediante válvulas y descargas en ambos lados de la Camisa.

Cuando el pistón se desplaza en su carrera de enfrente, al mismo tiempo succiona por la parte posterior y viceversa.

- Bomba Tríplex

Son bombas de acción sencilla, es decir, el pistón desplaza fluido solamente en su carrera de enfrente y no succiona. Debido a esto, las bombas triples necesitan mantener las camisas llenas de fluido y esto se logra a través de bombas centrífugas.

Las bombas tienen de acuerdo con los tamaños de las camisas, las siguientes capacidades:

Tabla 10. Capacidades de acuerdo al tamaño de camisas de las bombas.

<b>CAMISAS</b>	<b>7"</b>	<b>6-1/2"</b>	<b>6"</b>	<b>5-1/2"</b>	<b>5"</b>	<b>4"</b>
Gal/Stroke	4.00	3.45	2.94	2.47	2.04	1.31
GPM	580	500	426	358	296	189
PRESION Lbs/pulg <sup>2</sup>	1753	2033	2385	2843	3433	5381

Fuente: Manual de operaciones Texas Petroleum Company

## **ESPECIFICACIONES**

- Bombas triplex para lodo, cada una con potencia eléctrica de entrada.
- Bombas triplex de Back Up para lodo, con la misma potencia eléctrica de las bombas principales.
- Cada una de las bombas con sensores remotos de presión y cuenta golpes.
- Las tres (3) bombas, incluida la de Back Up deben estar adaptadas para ser operadas dos (2) simultáneamente o en forma individual, según las necesidades del pozo.

- Por lo tanto los motores de cada una de las bombas debe tener su alimentación independiente desde la caseta de control eléctrico. Es decir la caseta de control eléctrico (SCR o VFD) deberán contar con una bahía para cada bomba.
- Las condiciones de trabajo serán el 90% con respecto a las especificaciones del fabricante.

### 1.3.3 Mangueras de lodos

Figura 13. Mangueras de lodos



Fuente: HUERTA, Fernando; NAVA, Edineys; NORIEGA, María; PIÑA, Nelcidex; RODRÍGUEZ, Ricardo y SUÁREZ, Orosman. Sistema de circulación [en línea]. Universidad de Zulia, Programa de Ingeniería. República Bolivariana de Venezuela, Cabimas, 2011. Disponible en Internet: <URL:<http://seminarioluzpetroleo.files.wordpress.com/2012/11/sistema-de-circulac3b3n.pdf>>

Está fabricada con goma especial extrafuerte, reforzada y flexible Se utiliza para conectar el extremo superior del tubo vertical a la unión giratoria. Estas son fuertes y flexibles y se mueven hacia arriba y hacia abajo con los equipos elevadores.

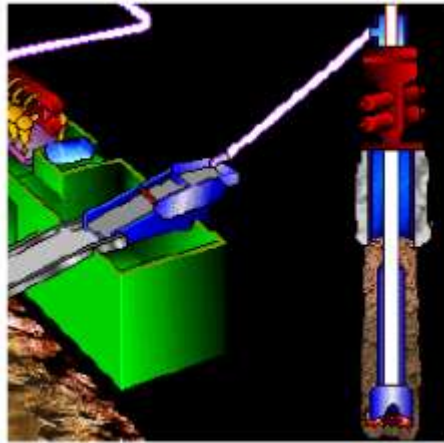
### ESPECIFICACIONES

- Utilizada para líneas de transferencia de lodo.
- Diámetro más común es de 4".
- Líneas de conexión más común de 6".

- Utilizada para transferir diésel para abastecimiento de combustible y energía del equipo.
- Manejo de 35% de efectos aromáticos.
- Sistema de envoltura o enroscado.

#### 1.3.4 Líneas de retorno de lodos

Figura 14. Líneas de retorno de lodos.



Fuente: HUERTA, Fernando; NAVA, Edineys; NORIEGA, María; PIÑA, Nelcidex; RODRÍGUEZ, Ricardo y SUÁREZ, Orosman. Sistema de circulación [en línea]. Universidad de Zulia, Programa de Ingeniería. República Bolivariana de Venezuela, Cabimas, 2011. Disponible en Internet: <URL:<http://seminarioluzpetroleo.files.wordpress.com/2012/11/sistema-de-circulac3b3n.pdf>>

Es el conducto o tubería que va desde la boca del pozo donde llega el lodo con los ripios y gases hasta los equipos de control de sólidos, debe llegar con una presión cero, pues el hecho de que exista presión en este punto significa que la bomba está entregando mayor presión de la requerida, lo que se traduce en gastos de energía por ende en dinero también.

La línea de retorno del pozo (flow line) debe ser de mínimo 1/2 pulgadas, de diámetro con una válvula, de tal manera que el tanque de viaje forme un circuito cerrado con el pozo.

### 1.3.5 Zarandas

Figura 15. Zarandas



Fuente: HUERTA, Fernando; NAVA, Edineys; NORIEGA, María; PIÑA, Nelcidex; RODRÍGUEZ, Ricardo y SUÁREZ, Orosman. Sistema de circulación [en línea]. Universidad de Zulia, Programa de Ingeniería. República Bolivariana de Venezuela, Cabimas, 2011. Disponible en Internet: <URL:<http://seminarioluzpetroleo.files.wordpress.com/2012/11/sistema-de-circulac3b3n.pdf>>

Es el primer equipo que interviene en el proceso de eliminación de sólidos. Maneja lodos de cualquier peso. El lodo cargado de sólidos llega al vibrador; el cual retiene a los sólidos grandes con su malla y deja caer el líquido y sólidos más pequeños al fondo. Es el principal equipo de control de sólidos que remueve partículas de gran tamaño.

Procesa todo tipo de lodo, con o sin peso, y de su eficiencia depende del funcionamiento del resto de los equipos. Su función principal es la remoción de los ripios o desechos de formación de tamaño considerable que retoman a la superficie arrastrada por el lodo de perforación.

#### **ESPECIFICACIONES**

- El Taladro deberá contar con un mínimo de zarandas (shakers) de movimiento lineal de alto impacto con mallas pretensionadas, Con selector automático para operar con velocidad lineal o velocidad Elíptica. Con mallas pre tensionadas y cuatro paneles por zaranda, con magnetos para atrapar residuos metálicos y con capacidad para que cada una maneje eficientemente hasta 400 GPM de lodo de

hasta 45 Cp de viscosidad plástica y pesos de lodo entre 9,5 y 12,5 ppg cada una, con mallas tamaño 210 mesh.

### 1.3.6 Desarenador

Figura 16. DESARENADOR



Fuente: SIERRA ALTA. Productos y servicios: Desarenadores [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://sierraalta.com.co/productos-y-servicios/process-solutions-psi/desarenadores/>>

Está diseñado para manejar grandes volúmenes de fluidos y remover sólidos livianos que han pasado por la malla de la zaranda.

Es usado para remover arena con algo de limo, es decir, partículas mayores de 74 micrones. Debe ser puesto en operación al comienzo de la primera fase de la perforación de un pozo y preferiblemente en el hoyo superficial ya que en el aumento, en el porcentaje de sólidos en esta fase es muy rápido, esto debido a las elevadas tasas de perforación y circulación.

### 1.3.7 Piscina de corte

Figura 17. PISCINA DE CORTE



Fuente: HOLSAN. Servicios [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL: <http://www.holsan.co/servicios.html>>

El número y tamaño de piscinas dependerá del tamaño y profundidad del pozo. Normalmente se usan de 4 a 6 piscinas pero en pozos más grandes y profundos el número puede ser de 16 o más.

### 1.3.8 Centrífugas decantadoras de sólidos

Figura 18. Centrífugas decantadoras de solidos



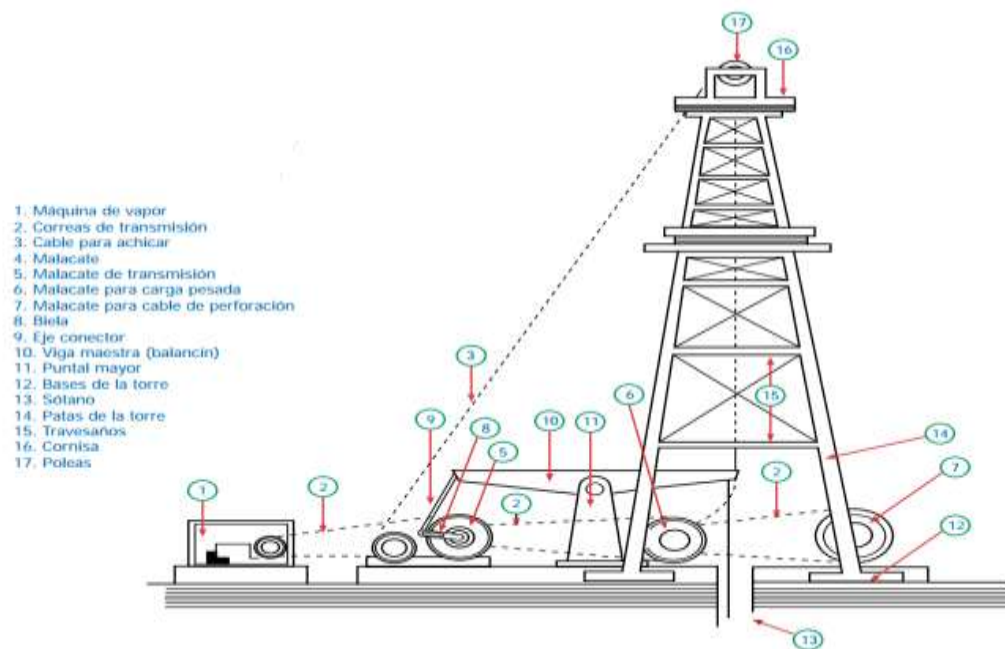
Fuente: HUERTA, Fernando; NAVA, Edineys; NORIEGA, María; PIÑA, Nelcidex; RODRÍGUEZ, Ricardo y SUÁREZ, Orosman. Sistema de circulación [en línea]. Universidad de Zulia, Programa de Ingeniería. República Bolivariana de Venezuela, Cabimas, 2011. Disponible en Internet: <URL:<http://seminarioluzpetroleo.files.wordpress.com/2012/11/sistema-de-circulacic3b3n.pdf>>

Remueve sólidos más pequeños (3.5 micrones). Elimina además de sólidos, parte de la fase líquida del lodo que contiene material químico en solución, tales como lignosulfonato, soda caustica, entre otros.

Es un equipo diseñado para separar los componentes de un líquido según la densidad, la centrifuga funciona incrementando la fuerza gravitacional sobre un sistema para acelerar el proceso de sedimentación de los sólidos suspendidos en el fluido permitiendo separar partículas mayores de 2 micrones de diámetros.

#### 1.4 SISTEMA ROTATORIO

Figura 19. Sistema Rotatorio



Fuente: el pozo ilustrado, p. 91

El Sistema Rotatorio, se refiere a todos los componentes de la sarta de perforación desde la unión giratoria (Swivel o Top Drive) hasta la broca,

conteniendo el cuadrante, la tubería de perforación junto con el BHA y los variados equipos auxiliares. La sarta de perforación se refiere exclusivamente a la tubería de perforación, la cual se utiliza para permitir el flujo del lodo y transmitir potencia de rotación desde el cuadrante o Top Drive hasta los BHA y la broca. Aunque el BHA suele contarse como parte de la sarta de perforación, este no constituye parte de ésta.

El sistema rotatorio contiene todos los equipos usados para alcanzar la rotación de la broca; algunas de las partes de este sistema son:

- Swivel
  - Mesa rotaria
  - Cuadrante o Kelly
  - Brocas
  - Tubería de perforación
- } *Top drive*

### 1.4.1 Mesa Rotaria

Figura 20. Mesa Rotaria



Fuente: EL RINCÓN PETROLERO. Equipo de perforación [en línea]. 2010. Disponible en Internet: <URL: <http://www.elrinconpetrolero.blogspot.com/2010/10/imagenes-del-equipo-de-perforacion.html>>

La rotaria es lo que le brinda el nombre de perforación rotaria es de acero y de gran peso, tiene habitualmente forma rectangular. Obtiene la energía del malacate a través la cadena de transmisión de la rotaria. Realiza un movimiento que da

vuelta para que el sistema de maquinaria la transfiera a la tubería y alas brocas. Un motor eléctrico y los trabajos del aparejo mueven el poder de esta. El sistema de equipos adicional transfiere el movimiento que da vuelta de la mesa rotaria a la tubería de perforación y a la broca.

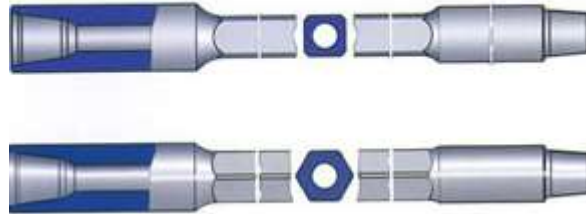
Esta es un ensamble que nos abastece de rotación, está ubicada directamente en el piso de perforación abajo del bloque de la corona y arriba del pozo donde se va a perforar, consiste de la mesa rotaria, el buje maestro y dos (2) importante accesorios que son el buje de la flecha el cual es utilizado mediante la perforación y las cuñas que son utilizadas para suspender la perforación momentáneamente.

### **ESPECIFICACIONES**

- Diámetro de apertura
- La capacidad de cargas sobre las vigas (No incluye set backload) debe ser de acuerdo a la etapa de perforación
- Tiene que estar Equipada con tazones (bowl inserts and slips) para todos los tamaños de Tubería a usar: Sarta de perforación, Tubería de Revestimiento, Tubería de Producción.
- La certificación de inspección no debe presentar una fecha de expedición mayor a 180 días calendario.
- Deben tener las pinzas (uñas) para la remoción segura de los Bowls y bushings

### 1.4.2 Kelly

Figura 21. Kelly



Fuente: <http://yaoumachinery.es/1-drill-pipe-5.html>

La kelly es un tubo pesado de acero generalmente de forma cuadrada o hexagonal, el cual acopla al sistema de la mesa rotaria por medio del buje de impulsión de la kelly (kelly bushing) para transmitir la energía de rotación a la broca a través de la sarta de perforación.

### 1.4.3 Tubería de perforación

Figura 22. Tubería de perforación



Fuente: SHENGLI OILFIELD KANGBEI PETROLEUM ENGINEERING & EQUIPMENT CO., LTD. Campos petroleros 5 pulgadas peso pesado tubo de perforación [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://spanish.alibaba.com/product-gs/oilfield-5-inch-heavy-weight-drill-pipe-280327349.html>>

Para efectuar las operaciones de perforación, terminación y mantenimiento a los pozos se utiliza una sarta, la cual es seleccionada de acuerdo al pozo y a la capacidad del equipo que efectuara la operación.

Las sartas cumplen las funciones de:

- Perforar el pozo.
- Efectuar viajes de reconocimiento.
- Hacer corridas de TR corta (liner).
- Ejecutar operaciones de moliendas (cemento y fierro).
- Resolver problemas de pesca.

La norma API 5D del Instituto Americano del Petróleo contempla las características, especificaciones, uso, manejo e inspección de estas tuberías en relación directa a los siguientes aspectos:

**GRADO:** Se refiere al esfuerzo mínimo del acero y proporciona resistencia a la tubería.

**MEDIDA:** Es el diámetro exterior de la tubería, sin tomar en cuenta sus extremos que son las juntas (caja y piñón).

**ESPESOR DE PARED:** Es el grueso de la tubería, está en relación al diámetro interior y se da en función del peso de ella misma.

**PESO:** Es el peso nominal por unidad de longitud del tubo, considerando un promedio de los extremos y determinando el diámetro interior.

**RANGO:** Se refiere a la longitud del tubo, incluyendo sus extremos; existen tres rangos (I, II, III).

El diseño de las conexiones facilita y proporciona una alta resistencia a los efectos de tensión, torsión y posibles daños por corrosión y golpes.

No es recomendable utilizarlas donde se vayan aplicar presiones elevadas, ya que el sello en sus conexiones no proporciona la efectividad y consistencia necesaria.

Las siguientes tablas señalan los datos necesarios para determinar el grado y peso de las tuberías de perforación.

Tabla 11. Códigos de Grados

GRADOS ESTANDAR		GRADOS DE ALTO ESFUERZO	
GRADO	SIMBOLO	GRADO	SIMBOLO
N-80	N	X-95	X
E-75	E	G-105	G
C-75	C	P-110	P
		S-135	S
		V-150	V

Fuente: Manual de Control de Pozos de PEMEX

Tabla 12. Código de pesos de tuberías

DIAMETRO EXTERIOR Pg	PESO NOMINAL lb/pie	ESPESOR DE PARED pg	NUMERO DE CODIGO
23/8	4.85	0.190	1
	6.65*	0.280	2
27/8	6.85	0.217	1
	10.40*	0.362	2
31/2	9.50	0.254	1
	13.30*	0.368	2
	15.50	0.449	2

\*PESO ESTANDAR

Fuente: Manual de Control de Pozos de PEMEX

En relación al desgaste de las tuberías de perforación, se clasifican por clases y se identifican de la siguiente manera:

Tabla 13. Código de colores para identificar tubería de trabajo

CLASIFICACIÓN DE LA TUBERÍA Y SU CONEXIÓN	COLORES Y NÚMERO DE BANDAS
NUEVA	1 BLANCA
PREMIUM	2 BLANCAS
CLASE 2	1 AMARILLA
DESECHO	1 ROSA

Fuente: Manual de Control de Pozos de PEMEX

**CLASE NUEVA:** Es la tubería que conserva sus propiedades originales, o que ha sufrido como máximo un desgaste exterior uniforme del 20%.

**CLASE PREMIUM:** En esta clase se clasifican a las tuberías que tienen como máximo in desgaste concéntrico uniforme del 12 al 20%.

**CLASE 2:** Se refiere a las tuberías que han perdido entre el 12 y 20% del área de acero del cuerpo del tubo en forma excéntrica y además en algún punto tiene 0.65% de su espesor original como máximo.

**DESECHO:** Es cuando la tubería ha sufrido un desgaste del 20 al 35% de acero de su área original en forma excéntrica.

La clasificación anterior es un factor importante para criterios de diseño, selección y uso, ya que los desgastes descritos afectan las propiedades y resistencias de la tubería. El código de colores clasifica a la tubería y sus conexiones cuando son inspeccionadas para identificar los tramos que puedan ser reacondicionadas y eliminar los considerados como desecho.

## **ESPECIFICACIONES**

- La tubería de perforación (incluidos pups y subs) se aceptan con ARMACOR-M, smooth and flush finish hardbanding o Tubos cope 8000 y recubrimiento interno de

plástico. La condición mínima de recubrimiento interno debe ser máximo de nivel 2 (30% de desgaste). No se aceptan tuberías que hayan sido expuestas a H<sub>2</sub>S. Las tuberías deberán estar debidamente seriadas para llevar la trazabilidad.

- Una cabeza de circulación para cada tipo y tamaño de conexión (Pin) de tubería suministrado y conexión superior de 2" Weco
- Una cabeza de circulación para cada tipo y tamaño de conexión (Pin y Box) de tubería suministrado y conexión lateral de 2" Weco
- Lifting sub para cada uno de los diámetros de los Drill Collar solicitados
- Bit sub para cada tamaño de broca con su respectivo receptáculo para instalar la float valve.
- Cross Overs para todos los tamaños y conexiones de las tuberías y componentes BHA solicitados. Mínimo de 4 ft de longitud
- Float valve tipo flapper por cada tamaño de conexión con su orificio de alivio.
- Pin de sacrificio o saver sub con OD y longitud compatible con la conexión del Top Drive.
- La frecuencia de Inspección será de acuerdo a la guía de frecuencia y tipo de inspección de tubulares de perforación SPE-SPE-G
- A la tubería nueva se le deberá realizar el break- in, antes de que llegue al taladro, de lo contrario, si se realiza en el taladro el tiempo que dure el break- in será a cargo del CONTRATISTA y se considerara tiempo perdido (Down Time). Las sartas de perforación deberán tener stress relief y bore back (nuevo).
- Debe contar con un wiper pipe para cada tamaño de drill pipe con su respectivo back up.
- Debe contar con un Indicador de toque (Torquímetro) para monitorear cada una de las conexiones de la sarta de perforación.

#### 1.4.4 Conexiones

Figura 23. Conexiones



Fuente: SHIJIAZHUANG LONGWAY HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN PETROLERA S.L. Productos. Disponible en Internet: <URL:<http://www.maxtie.com/sp/fc9181e82860d13401286ce714681860/productSecondType/fc9181e930fae850130fecbb82403ce.htm>>

Sirven para unir cada tramo hasta formar la sarta de trabajo.

IEU (Internal External Upset): Este tipo de conexión tiene un diámetro mayor que el cuerpo del tubo y un diámetro interior menor que el cuerpo del tubo. Es una conexión de alta resistencia.

IF (Internal Upset): El diámetro interior de la conexión es aproximadamente igual que el tubo y su diámetro exterior es mayor que el cuerpo, pues es en este diámetro donde está el refuerzo.

IU (Internal Flush): Esta conexión tiene un diámetro interior menor que la tubería y su diámetro exterior es casi igual al cuerpo del tubo.

Los tres tipos de conexión están diseñados para trabajar en tensión.

Las siguientes tablas señalan los datos de la tubería y de sus conexiones para distintos diámetros.

Tabla 14. Datos de la tubería de perforación

Diámetro Nominal Pg	Peso lb/pie	Grado	D.I Pg	Capacidad lt/m	Presión Interna Máxima Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia al Colapso Kg/cm <sup>2</sup>	Tensión Máxima Kg	Torsión Máxima m-kg
23/8	6.65	E	1.815	1.67	1088	1097	62695	749
27/8	6.85	E	2.441	3.02	697	736	61643	968
27/8	10.4	E	2.151	2.34	1162	1161	97203	1384
31/2	13.3	E	2.764	3.87	1358	1389	172451	3111
31/2	15.5	E	2.602	3.43	1184	1179	146410	2524

Fuente: Manual de Control de Pozos de PEMEX

Tabla 15. Datos de la conexión IF

Medida Pg	Tipo	A Pg	B Pg	C pg	E Pg	F pg	LP pg	LC Pg
23/89	NC 26	2 9/16	13/4	3 3/8	0.219	3 17/64	6	7
27/8	NC 31	2 3/16	21/8	4 1/8	0.336	3 61/64	6	8
31/2	NC 38	2 7/8	2 11/16	4 3/4	0.336	4 37/64	7	9 1/2

Fuente: Manual de Control de Pozos de PEMEX

## 1.5 SISTEMA DE CONTROL DE POZO

El sistema de control de pozo previene la salida sin control de los fluidos de la formación desde la boca del pozo. El sistema de control permite: manejar el amago (kick) del pozo, cerrar el pozo en superficie, circular el pozo bajo presión para sacar los fluidos de la formación y aumentar la densidad del lodo, permite mover la sarta de perforación bajo presión y permite el direccionamiento del flujo. Los equipos que integran este sistema son:

- Acumulador y líneas de conexión.
- Preventoras.
- Separador gas lodo.
- Consola de manejo, Línea de matado y del choque.

### 1.5.1 Preventoras

Figura 24. Preventoras



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/blow-out-preventer-bop--496984904.html>

Las Preventoras tienen como función manejar la circulación de fluidos de una formación productora hacia la superficie, ya sea por el espacio anular como por el interior de la tubería de producción o de trabajo, ya sean gas, aceite, o agua.

Clasificación de los Preventoras:

- Internas.
- De ariete: Tiene como característica principal poder utilizar diferentes tipos y medidas de arietes que se requieren en los arreglos de los conjuntos de Preventoras, y por su diseño es considerado como el más seguro.
- Esféricos.
- Anular: Es instalado en la parte superior de las Preventoras de arietes. El tamaño y su capacidad deberán ser iguales que las Preventoras de arietes.
- Rotatorias.

Las practicas recomendadas API RP-16E del Instituto Americano del Petróleo, establece los requerimientos que se deberán tener en cuenta para la selección de una adecuada unidad de cierre en función al tamaño, tipo y número de elementos hidráulicos que serán operados para lograr un cierre.

### **ESPECIFICACIONES DE LA PREVENTORA**

- Cada una de las conexiones hidráulicas tienen que ser cerradas para evitar contaminación.
- Un Preventor anular sugerido con el tamaño pedido para el sistema de Preventoras.
- Preventora doble de ariete de sugerido con el tamaño pedido para el sistema de Preventoras
- Los Preventoras tipo ariete tienen que tener fijado cada uno, el dispositivo de cierre para manejo hidráulico y manual.
- Los conjuntos de BOP's, solo tienen que usar repuestos originales y nuevos.
- Para el montaje de las BOP's en el apretado de sus Flanges se tiene utilizar una herramienta neumática o hidráulica de torque adecuado la cual tiene ser proporcionada.
- Se tiene que incluir la historia de verificación de las BOP's y equipos asociados y la certificación del fabricante o personal calificado de la última reparación, no mayor a un (1) año calendario.
- Se tiene que contar con una unidad de sello para preventor anular (donut rubber) de back up en la bodega del taladro.

Tabla 16. Requisitos legales, normas técnicas y estándares internacionales para la selección de los equipos básicos de perforación. Preventoras

REQUERIMIENTO	ALINEAMIENTOS
<p><b>Estado, Tipo, Capacidad y Rango de BOP'S:</b>                      La presión de operación de las Preventoras tiene que ser igual o mayor a la esperada como máxima presión de superficie.</p>	<p>API RP 53: 6.2</p>
<p><b>Inspecciones, Mantenimiento y Certificado API:</b>                      Cada 3-5 años de operación, el BOP y demás componentes de control tendrán que ser desarmado y verificado conforme las directrices del fabricante.                      Los elementos como elastómeros, tienen que ser modificados al mostrar desgastes y corrosión.                      Equipo de registros como la documentación de la API de fabricación, certificación de la NACE, y las pruebas de aceptación en fábrica informes, tienen que ser retenidos. Siempre que sea necesario, copias de los fabricantes de equipos, libros y de certificación de terceros, tienen que estar en disposición para su revisión.</p>	<p>API RP 53: 17.10.3 y 17.13.2</p>
<p><b>Iluminación suficiente y prueba de explosión:</b>                      Cuando la iluminación apropiada no pueda estar a disposición por otros medios, iluminaciones portátiles tienen que ser proporcionadas. Siempre que sea posible, la iluminación en uso se tiene que ubicar en posiciones a fin de no molestar la visión de las personas en el área de trabajo.</p>	<p>API RP 54: 9.14.4 a 7 y 9.14.10, API RP 500, 5.3 y 10.1-16; OSHA: 307(b)(1)</p>

<p>Las operaciones no tienen que realizarse con iluminación de los vehículos como remplazo para la iluminación de plataforma.</p> <p>El equipo de iluminación y accesorios serán de ordenación eléctrica adecuada para las áreas en que se encuentran. Ver API RP 500 y API RP 505.</p> <p>Equipos de iluminación, Equipos de Perforación en la torre o mástil, tanques, y el piso de la torre, como trata específicamente la API RP 500 y API RP 505, tienen que ser previamente asegura, cerrada y sellada.</p>	
<p><b>Eslinga para instalar Preventoras (certificada):</b></p> <p>Las Eslingas para el Izare de cargas, tendrán que ser avaladas por empresas certificadas en el sector.</p>	API Spec 9A: 6.1
<p><b>Después de cerrar todo el sistema de BOP` s la presión de las botellas debe ser mayor de 1200 psi:</b></p> <p>Posteriormente de cerrar el set de Preventoras y después de la apertura, la presión en las botellas del acumulador tendrá que quedar en por lo menos 200 psi (1,38 MPa) por encima del mínimo sugerido de precarga de presión.</p>	API RP 53: 12.3.2
<p><b>BOP para pozos con H2S:</b></p> <p>De haber la probabilidad de hallarse H2S, se tendrán que usar Preventoras y demás equipos de control de pozo que estén bajo los requisitos de la norma API RP 49.</p>	API RP 53: 20.1

<p><b>Prueba de funcionamiento y de presión de BOP (registro con fecha y resultados):</b></p> <p>El equipo de control tiene que realizar una prueba de presión con agua. El aire tiene que ser expulsado del sistema antes de la prueba, antes de inyectar presión. El sistema de control y las cámaras hidráulicas tienen que ser removido la corrosión y lubricados.</p> <p>Instrumentación Cartas de registros de manómetros empleados y todas las conclusiones de las pruebas tienen que ser impresas. Las mediciones de la presión tienen ser realizadas en no menos del 25 por ciento ni más del 75 por ciento de la presión total del indicador.</p> <p>Se tienen realizar una prueba de presión al equipo de control por lo menos en las siguientes oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- posteriormente de la desconexión o reparación de cualquier contención de la presión</li> <li>- Cambio de sello en el BOP, línea de matar o reparación del conjunto del equipo de control de pozo.</li> <li>- No debe exceder de 21 días.</li> </ul> <p>Documentación de las pruebas, los resultados de todos los equipos a presión de BOP y las pruebas de función tendrán que ser documentados que incluyan, como mínimo, los indicadores de presión y carta de registros y cada uno de los resultados de las pruebas. Las mediciones de la</p>	<p>API RP 53: 17.3 a 7;</p>
--	-----------------------------

<p>presión tendrán que ser hechas en no menos del 25 por ciento ni más del 75 por ciento de la presión total.</p>	
<p><b>Ram de tamaño apropiado para la operación y en stock suficiente:</b></p> <p>Para continuar una mínima sugerida de partes de repuesto BOP (Para el servicio previsto) tienen que ser atentamente almacenados, mantenidos y de fácil acceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Un sistema completo de protecciones de goma para cada tamaño y tipo de RAM y BOP que se emplea.</li> <li>b. Un sistema completo de sellos del capó o una puerta para cada tamaño y tipo de RAM y BOP que se emplea.</li> <li>c. Embalaje de plástico para los sellos de BOP secundaria.</li> <li>d. Anillo de juntas para amoldarse a las conexiones finales.</li> <li>e. Un repuesto para el Preventor anular, elemento de embalaje y un sistema completo de los precintos.</li> <li>f. Un juego de choques, parecido al empleado en el manifold de choque.</li> <li>j. Una válvula parecida a las empleadas en el manifold de choque.</li> </ul>	<p>API RP 53: 6.4</p>

Fuente: GIAS GROUP. Guía [en línea]. S.f. Disponible en Internet:  
 <URL: <http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>>

## 1.5.2 El Acumulador

Tabla 17. El Acumulador



Fuente:<http://www.jereh-oilfield.com/spain/products/Accumulator.shtml>

Los acumuladores son recipientes que almacenan fluidos hidráulicos bajo presión. Los términos acumulador y unidad de cierre con frecuencia son empleados en forma intercambiable. Precisando, una unidad de cierre es una manera de cerrar la Preventora, mientras que un acumulador es una parte del sistema que almacena fluido hidráulico bajo presión, para que este actuara hidráulicamente en el cierre de las Preventoras.

Por medio del gas de nitrógeno comprimido, los acumuladores almacenan energía, la cual será usada para efectuar un cierre rápido.

El acumulador por lo general va ubicado a mínimo 100 ft de la instalación para evitar que en un incendio o reventón, este sea dañado y las válvulas puedan ser usadas para operar las Preventoras.

Hay dos tipos de acumuladores:

**El tipo separador:** Usa un diafragma flexible (vejiga) el cual es de hule sintético resistente y separa completamente la precarga de nitrógeno del fluido hidráulico.

**El tipo flotador:** Utiliza un pistón flotante para separar el nitrógeno del fluido hidráulico.

**Capacidad volumétrica:** Como un requerimiento mínimo, todas las unidades de cierre deberán estar equipadas de un banco de acumuladores con suficiente capacidad volumétrica para suministrar un volumen usable de fluido para cerrar un preventor de arietes, un preventor anular, más el volumen requerido para abrir la válvula hidráulica de la línea de estrangulación (con las bombas paradas).

El volumen utilizable de fluido se define como el volumen líquido recuperable de los acumuladores a la presión de operación que contengan y 14 Kg/cm<sup>2</sup> (200 lb/pg<sup>2</sup>) por arriba de la presión de precarga de los mismos. La presión de operación del banco de acumuladores es la presión a la cual son cargados con fluido hidráulico.

**Tiempo de respuesta:** El banco de acumuladores deberá accionar el sistema para que cada preventor de arietes cierre en un tiempo no mayor de 30 segundos. El tiempo de cierre para Preventoras anulares menores de 18 ¾ pg de diámetro no deberá ser mayor de 30 segundos. Si el preventor anular tiene más de 18 ¾ pg de diámetro o más deberá cerrarse en 45 segundos.

### **REQUERIMIENTOS DE VOLUMEN DE LOS ACUMULADORES**

Las practicas recomendadas API RP-53 del Instituto Americano del Petróleo recomiendan que los sistemas acumuladores tengan una cantidad mínima de fluido igual a tres veces el volumen requerido para cerrar el preventor anular más un preventor de arietes. Esto ofrecerá un margen de seguridad igual a 50% una regla empírica aplicada en el campo petrolero sugiere tres veces el volumen necesario para cerrar todos los Preventoras instalados.

El Servicio para el Manejo de Minerales (MMS) establece que debe tenerse una cantidad mínima de fluido equivalente a 1.5 veces de cantidad necesaria para cerrar todo el arreglo de Preventoras instalados, dejando un margen de 14 Kg/cm<sup>2</sup> (200 lb/pg<sup>2</sup>) por arriba de la presión de precarga de los acumuladores.

El sistema de acumuladores debe tener capacidad suficiente en proporcionar el volumen necesario para cumplir o superar los requerimientos mínimos de los sistemas de cierres.

Existen varios métodos para calcular el volumen necesario. La idea principal es mantener una reserva energética suficiente para el sistema de acumuladores, de tal forma que pueda accionarse el arreglo de Preventoras y así tener más energía que la restante de la precarga de nitrógeno.

El número de acumuladores que debe tener el sistema es el que permia almacenar fluido con la energía suficiente para cerrar todos los Preventoras instalados y abrir la válvula hidráulica de la línea de estrangulación con un 50% de exceso como factor de seguridad y terminar con una presión final mínima de 1200 lb/pg<sup>2</sup> arriba de la precarga, teniendo el conjunto de bombeo hidroneumático e hidroeléctricos parados.

### **REQUERIMIENTOS DE PRESION Y PRECARGA DE LOS ACUMULADORES**

Los acumuladores no deben operar a más de 3000 lb/pg<sup>2</sup>, su presión de precarga debe ser de 1000 a 1100 lb/pg<sup>2</sup> y usar únicamente nitrógeno.

Estos se encuentran provistos de una válvula de seguridad que abre a las 3500 lb/pg<sup>2</sup>, cuando se requiere operar entre 3500 y 5000 lb/pg<sup>2</sup>, que es la máxima presión de operación del sistema, deben cerrarse las válvulas aisladoras de los acumuladores.

### **ESPECIFICACIONES DEL ACUMULADOR**

- Acumulador norma API RP 16E. Con capacidad suficiente para manejar el stack de BOP's de acuerdo a las normas API RP 53 (50% extra).

- Debe tener dos sistemas independientes de control, uno de ellos manual en el acumulador

**1.5.3 Consola de control remoto.** En todo equipo terrestre deberán estar equipados con el número suficiente de tableros de control remoto, ubicados estratégicamente donde el Perforador o Técnico puedan llegar con rapidez. Normalmente se tiene una consola en el piso de perforación y otra en un lugar accesible.

Al término de cada instalación del arreglo de Preventoras, según la etapa de perforación por continuar, deberán efectuarse todas las pruebas de apertura y cierre desde la misma unidad y posteriormente desde cada estación de control remoto que se encuentre en operación, para verificar el funcionamiento integral del sistema.

#### 1.5.4 El Estrangulador

Figura 25. El estrangulador



Fuente: SJ PETROLEUM. Productos [en línea]. S.f, Disponible en Internet: <URL: [http://sjpetrosp.jzcom.cn/xxpmoban/moban/118/index\\_xp.asp?xxpxddd=7547&xxpfirst=7551&xxptwo=7664&proshow=Muestra%20de%20productos](http://sjpetrosp.jzcom.cn/xxpmoban/moban/118/index_xp.asp?xxpxddd=7547&xxpfirst=7551&xxptwo=7664&proshow=Muestra%20de%20productos)>

Los estranguladores se utilizan para controlar la presión de los pozos, controlar la producción de aceite y gas o para controlar la invasión de agua o arena. En

ocasiones es utilizado para regular la parafina, ya que reduce los cambios de temperatura; así mismo ayuda a conservar la energía del yacimiento, asegurando una declinación más lenta de los pozos, aumentando la recuperación total y la vida fluyente. El estrangulador se instala en el cabezal del pozo, en un múltiple de distribución, o en el fondo de la tubería de producción.

La estandarización y aceptación de estos equipos está reglamentado por la Norma API 1HC y por las practicas recomendadas API RP-H3 del Instituto Americano del Petróleo.

Deberán considerarse varios factores siendo estos:

- Primero se debe establecer la presión de trabajo que la igual que le arreglo de Preventoras, estará en función de la presión máxima superficial que se espera manejar, así como de las presiones anticipadas de la formación.
- El o los métodos de control de pozo a usar para incluir el equipo necesario.
- El entorno ecológico que rodea al pozo.
- La composición, abrasividad y toxicidad de los fluidos congénitos y el volumen por manejar.

## **ESPECIFICACIONES**

- La línea y el múltiple de estrangulamiento deberán probarse a la misma presión y con la misma frecuencia que el conjunto de Preventoras.
- Todas las válvulas, conexiones y líneas deben cumplir el API RP-53, en relación con su presión de trabajo, temperatura y corrosividad.
- Para rangos de presión de trabajo superiores a 3000 lb/pg<sup>2</sup> deberán emplearse únicamente conexiones bridadas, soldadas o de grampa y evitar el uso de roscables.
- La línea de estrangulamiento se debe equipar con doble válvula, una de las cuales será hidráulica cuando la presión de trabajo se eleve a 5000 lb/pg<sup>2</sup> (352

Kg/cm<sup>2</sup>).

- La línea será lo más recta posible estará suficientemente anclada para evitar vibraciones.
- El diámetro mínimo de las líneas de descarga de los estranguladores debe ser de 2 pg.
- En lugares donde la temperatura baja a 0°C deben tomarse las consideraciones necesarias para evitar el obturamiento por congelamiento.
- Debe disponerse de manómetros que registren la presión en las tuberías de perforación y de revestimiento, en el lugar donde se esté llevando el mando de las operaciones de control.
- No debe tener restricciones en el diámetro interior, con el objeto de evitar altas caídas de presión y desgaste por abrasividad.
- Debe haber más de una línea de descarga del estrangulador, con el objeto de no suspender la operación por obturamiento, erosión, fugas, etc.
- Debe haber una línea de desfogue que no pase a través de los estranguladores ajustables y tenga un diámetro menor al de la línea de estrangulamiento.
- El múltiple debe instalarse en un sitio accesible y fuera de la subestructura del equipo. También permite desfogar altos gastos del fluido del pozo, evitando represiones en la tubería de revestimiento a pozo cerrado.
- Debe instalarse doble válvula antes de cada estrangulador ajustable.

### 1.5.5 El Separador Gas Lodo

Figura 26. El separador gas lodo



Fuente: <http://gnsolidsamerica.es/control-de-solidos/>

El separador gas lodo forma parte del equipo auxiliar de control de superficie, su función es separar el gas que se incorpora al fluido de perforación cuando se presenta un brote. De esta manera se evita tirar lodo en las presas de desecho o contaminar con gas el área de trabajo.

Esta constituido básicamente por un cuerpo cilíndrico vertical provisto en su parte interior de un con junto de placas deflectoras distribuidas en espiral, una válvula de desfogue de presión en el extremo superior, una válvula Check, en el extremo inferior, etc.

La corriente d la mezcla gas lodo entra lateralmente al separador. En el interior, la presión de esta mezcla tiende a igualarse a la presión atmosférica, por la separación y expansión del gas, provocada por el conjunto de placas deflectoras que implementan la turbulencia de la mezcla.

El gas se elimina por la descarga superior y el lodo se recibe por gravedad en la presa de asentamiento, a través de una línea que puede conectarse a la descarga de la línea de flote.

El objeto de la válvula Check, instalada en el extremo inferior del separador, es protegerlo de sobre presión excesiva. La válvula superior permite desfogar el gas, en caso de obstruirse la línea de descarga durante las operaciones del control.

### **ESPECIFICACIONES**

- Para el cuerpo cilíndrico de acero, se emplean tubos con diámetros que van desde 1h hasta 30 pg en algunos casos se usan tubos de mayor diámetro.
- El diámetro de la entrada de la mezcla gas lodo del separador, deberá ser mayor que el diámetro mínimo que es de 4 pg, para la salida del gas es recomendable que sea por lo menos 2 pg mayor que la entrada y que sea enviado al quemador o que descargue a las atmosfera lo más alto posible.
- Es necesario fojar o anclar, firmemente el separador gas lodo, para evitar que la turbulencia violenta de la mezcla lo remueva de su sitio.

**1.5.6 Carrete de control.** Se instala para conectar las líneas primarias de matado y estrangulación en un conjunto de Preventoras.

El API RP-53 del Instituto Americano del Petróleo recomienda que estas líneas se conecten a un preventor con salidas laterales, eliminando con esto la consola de manejo con la gran ventaja de disminuir la altura del conjunto de Preventoras, así como el número de bridas, que es el punto más débil del conjunto.

Sim embargo en la mayoría de los casos se prefiere usar la consola, ya que como están sujetos a la erosión resulta más económico eliminar una consola que una Preventoras; también se dispone de mayor espacio entre Preventoras, lo que facilita la operación de introducir tubería a presión.

### **ESPECIFICACIONES**

- Para rangos de presión de 2000 y 3000 lb/pg<sup>2</sup> (141 y 211 Kg/cm<sup>2</sup>), las salidas laterales deben tener un diámetro interior mínimo de 2 pg y ser bridadas o de

grampa.

- El diámetro interior debe ser por lo menos igual al del último cabezal instalado en el pozo.
- Tomando en consideración las ventajas descritas, es conveniente tener instalado una Preventoras de arietes en la parte inferior de la consola de manejo.
- Para los rangos de presión de trabajo 5000; 10000 y 15000 lb/pg<sup>2</sup> (352; 703 y 1055 Kg/cm<sup>2</sup>), las salidas debe ser de un diámetro interior mínimo de 2 pg para la línea de matado y de 3 pg para la línea de estrangulación.
- El rango de presión de trabajo debe ser acorde al conjunto de Preventoras.
- Las salidas laterales de los cabezales no deben usarse para conectar las líneas principales de matado y estrangulación, con el objetivo de evitar el daño que por erosión se puede provocar a la instalación definitiva al pozo.
- Estas salidas pueden ser utilizadas como líneas auxiliares de matado y estrangulación, debiendo limitar su uso el tiempo mínimo posible cuando ocurran fallas en ellas.

### 1.5.7 Línea de Matar

Figura 27. Línea de matar



Fuente: <http://achjjj.blogspot.com/2009/06/control-de-pozos.html>

La línea de matado es una tubería o línea de alta presión que va desde un lado del BOP hasta las bombas de altas presión de perforación. La línea de matado se utiliza para cuando se detecta un brote o un descontrol potencial, se bombea lodo a

presión por esta línea hasta el sistema de Preventoras para restablecer el equilibrio de presiones en el pozo. La línea de matado y de estrangulamiento ayuda a controlar los cabeceos evitando que estos se conviertan en reventones.

La conexión de la línea de matado al arreglo de Preventoras, dependerá de la configuración parcial que tengan, pero debe localizarse de tal manera que se pueda bombear fluido debajo de una Preventora de arietes, que posiblemente sea la que se cierre.

Solo en caso de extrema urgencia, la línea de matado podrá conectarse a las salidas laterales del cabezal o carrete de TR o debajo de una Preventora de arietes para tubería que se encuentra más abajo en el arreglo.

Para rangos de presión de trabajo de 5000 lb/pg<sup>2</sup> (352 Kg/cm<sup>2</sup>), se instalara la línea de matado (a una distancia considerable) para permitir el uso de una bomba de alta presión, si las bombas del equipo se vuelven inaccesibles o inoperantes.

## **ESPECIFICACIONES**

- Todas las líneas, válvulas, conexiones, válvulas de contrapresión, etc.; deben ser de un rango de presión de trabajo similar al que tiene el conjunto de Preventoras como mínimo.
- El diámetro mínimo recomendado es de 2 pg y se deben evitar componentes con diámetro interior reducido.
- Debe tener doble válvula conectada a la salida lateral del conjunto de Preventoras.
- Todos los componentes de la línea deben protegerse contra el congelamiento o las altas presiones.
- Únicamente se deben utilizar conexiones bridadas, soldadas o de grampa y evitar el uso de las roscables en todos los componentes cuando el rango de presión sea mayor de 3000 lb/pg<sup>2</sup> (211 Kg/cm<sup>2</sup>).

- Todas las partes integrantes de la línea de matado deben cumplir las especificaciones API, especialmente en lo que se refiere a la presión de trabajo, resistencia a la temperatura y corrosión.
- No debe utilizarse como línea de llenado, ya que el uso excesivo provoca desgastes de los componentes que limitarían su empleo en caso de emergencia.
- Deberá estar provista de por lo menos una válvula de contrapresión (Check), con el fin de evitar que el pozo quede desprotegido si al estar bombeando por la línea ocurre una fuga.

### 1.5.8 Línea de choque

Figura 28. Línea de choque



Fuente: PERFOBLOGGER. Control de pozos [en línea]. 2009. Disponible en Internet: <URL:<http://achijj.blogspot.com/2009/06/control-de-pozos.html>>

La línea de choque constituye un sistema de válvulas de alta presión. Estas se utilizan en procedimientos de Control de Pozos para reducir la presión alta de un fluido en pozos cerrados a la presión atmosférica. Básicamente permite la regulación de los caudales de fluidos provenientes del pozo y mantener la presión en el fondo de este, Se ajusta cerrándola o abriéndola para controlar cercanamente las caídas de presión. Están diseñadas para resistir el desgaste mientras que los fluidos a alta velocidad se desplazan por sus restricciones o accesorios de sellado. Este provee de un método de circulación controlada desde la BOP. Brindando varias rutas de flujo en caso que alguna de las válvulas pueda fallar.

## 2. CONSIDERACIONES BÁSICAS EN LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN

En la selección de los elementos de un equipo de perforación es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

- Establecer cuál o cuáles serán el o los sistemas sobresalientes en la selección. Esto se puede averiguar aclarando sobre los factores de mayor importancia.
- Disponer de un perfecto y bien determinado diseño del pozo, el cual incluya datos de perforación de las rocas.
- Manejar factores de diseño que ofrezcan la seguridad necesaria, pero teniendo en cuenta que el sobre diseño exagerado aumenta los costos.
- Las condiciones críticas deben ser las que establezcan las cargas para prever las capacidades y resistencias de los componentes. la capacidad para aguantar con seguridad todas las cargas.
- La funcionalidad o maniobrabilidad y disposición de transporte del equipo de perforación es un factor predominante en la selección.

Si se tiene oportunidad de seleccionar el equipo de perforación más adecuado para realizar el pozo, se debe de tomar en consideración los requerimientos necesarios de:

- Capacidad de la torre (mástil)
- Tipo, capacidad y potencia de bombas
- Capacidad de torsión (rotaria, top drive, etc.)
- Capacidad de los tanques de lodo y tanques de almacenamiento de líquidos
- Conjunto de Preventoras y conexiones superficiales
- Tipo y características de los generadores eléctricos
- Equipo de control de sólidos.

## **SECUENCIA SISTEMÁTICA PARA LA INSTALACIÓN DE EQUIPOS**

1. Verificación del sitio donde se instalara el equipo
2. Inspección a unidades de apoyo logístico
3. Charlas de seguridad operativa con el personal involucrado
4. Realizar el diagrama (layout) para la distribución del equipo
5. Instalación de plataformas
6. Instalación de subestructuras
7. Instalación de malacates
8. Instalación de bombas de lodo
9. Instalación de rampa de material químico
10. Instalación de paquete de maquinas
11. Instalación de paquetes de lodo
12. Instalación de caseta de herramientas y tanques de agua y diésel
13. Armar piso y rotaria.
14. Instalar freno magnético, motor eléctrico, tomas de fuerza
15. Acoplar transmisiones y líneas neumáticas
16. Armar mástil y verificar puntos críticos. Evitar dejar objetos en el mástil
17. Instalar brida de izaje
18. Enhebrar aparejo
19. Instalar el indicador de peso
20. Instalar sistema eléctrico, de agua, de aire y combustible y probar  
Funcionamiento del freno auxiliar
21. Levantar mástil
22. Instalar bombas para operar
23. Armar cobertizo y terminar de instalar red eléctrica
24. Instalar al frente, cargadores, rampas y muelles de tubería
25. Instalar tráiler habitación
26. Nivelación de equipo
27. Instalación de señalización de seguridad

## 2.1 PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN

Las técnicas de clasificación del equipo de perforación están apoyadas en los manuales del Instituto Americano del Petróleo (API), publicación "API BUL D10 - Procedure for Selecting Rotary Drilling Equipment".

Teniendo en cuenta los conceptos del API se establece el siguiente procedimiento:

- Con el esquema mecánico aprobado del hueco (incluidas facilidades de acceso y ubicación, velocidades de viajes de tubería y revestimientos e información geológica), calcular y completar la información solicitada en el formato "Factores máximos de diseño", base para iniciar el diseño de los equipos.
- Calcular la capacidad y resistencia de los componentes, de acuerdo con las características establecidas en el diseño técnico del hueco y los factores de seguridad modelo.
- Escoger entre los equipos disponibles los que cumplan con los cálculos del paso anterior, valorar sus eficiencias y prever las capacidades reales.
- Determinar los factores de seguridad reales y comparar con los modelos para obtener la relación (eficacia) de la selección.

## 2.2 PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE COMPONENTES

Los parámetros para la selección de componentes que hay que tener en cuenta mientras las operaciones de perforación: las cargas que soportan la torre, la mesa rotaria, el cable de perforación. A continuación se definen estas cargas.

- **Carga muerta.** Es la componente del peso de todo el equipo y herramientas soportadas por la estructura.
- **Carga del viento.** Es la resultante del trabajo del viento, sobre todo los elementos del sistema expuestos de la estructura.
- **Carga dinámica.** Es la fuerza que se origina como resultado de la pendiente, de la oscilación y el movimiento ondulatorio en los equipos flotantes.

- **Carga de terremoto.** Es el resultado de una constante numérica (C) por el peso muerto total.

$$F = C * W_d$$

Dónde:

$F$  = Carga de la torre por Terremoto

$C$  = Constante numérica = 0.05 – 0.025

$W_d$  = Peso muerto de la Torre, lb

Para plataformas,  $C = 0.05$

Para equipos en tierra,  $C = 0.025$

(Referencia: Valores de C, obtenidos del ANSI A58.1-1995)

- **Carga estática en el gancho.** Es el peso aguantado por el gancho para una posición determinada del ancla de la línea muerta, en desaparición de carga posterior (setback load) y cargas del viento. El contenido de carga en el gancho contiene el peso del bloque viajero y el gancho.
- **Carga posterior.** Es el mayor peso de tubería que se puede colocar sobre la estructura.
- **Carga en la mesa rotaria.** Es el mayor peso que puede engancharse en los rodamientos de la mesa rotaria y en las vigas del soporte de la subestructura. La combinación de la carga posterior y la carga en la mesa rotaria define un valor operacional superior para cada una de ellas.
- **Carga de instalación.** Es el esfuerzo que se realiza en el sistema de la estructura de la torre durante las operaciones de arme y desarme del equipo.
- **Capacidad de carga del piso.** Es la capacidad de soporte del piso del sistema la estructura de las cargas ocasionada al peso de las herramientas, equipos, materiales y personas.

### 2.2.1 Capacidad de la torre

$$\text{Eficiencia } n : \text{ carga real/carga equivalente } \times 100$$

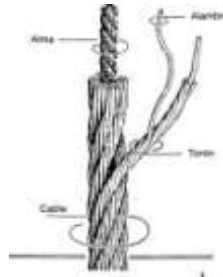
La torre debe soportar con seguridad todas las cargas y además debe soportar cargas que sobrepasen la capacidad del cable. Debe soportar el empuje máximo de la velocidad del viento.

Para calcular la capacidad de la torre (CM) se aplica el siguiente procedimiento:

Capacidad de la torre + (Carga suspendida x Num de cables o líneas totales) / (( $\eta$ ) x Num de líneas de la polea viajera) + peso de la corona + peso de la polea viajera o bloque.

### 2.2.2 Cable de perforación

Figura 29. Cable de perforación



Fuente: SCHLUMBERGER. Manual equipos de perforación. p. 103

Los cables de perforación son parte primordial del sistema de levantamiento. El cable de perforación es un cable de acero con un diámetro entre 7/8" y 1-1/2". El daño del cable se calcula por el peso, la distancia y el movimiento del cable viajando sobre distancias dadas. El daño del cable se expresa en toneladas por milla (Una carga de 1 tonelada trasladada una distancia de 1 milla). Al sobrepasar los límites de uso seguro del cable, se reemplaza o se destina a otros usos.

La sección del cable que emerge del malacate hacia el bloque y la corona es llamada línea viva - viva por que se mueve mientras el bloque asciende o desciende. El extremo del cable que emerge de la corona al tambor alimentador del cable y que se asegura a un ancla o garrapata es llamada línea muerta ya que no se mueve una vez se asegura.

El cable es el sistema de transmisión de la potencia del malacate hasta el gancho. Para un cable que transita a través de poleas, el resultado de curvatura justo sobre ellas y la fricción de sus rodamientos constituye la relación entre la potencia de entrada y salida.

Previendo los efectos producidos por las cargas puntuales de choque, aceleración y desaceleración, se debe tomar un factor de diseño, para realizar el trabajo seguro. Utilizando la siguiente fórmula se puede encontrar el factor de diseño:

$$\text{Factor de Diseño} = \frac{R_c}{F_f}$$

Dónde:

$R_c$  = Resistencia Nominal de Cable (lb)

$F_f$  = Tensión en la Línea Rápida (lb)

El API en su norma RP 9B recomienda tomar los factores de diseño que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 18. Factores de diseño para un cable que pasa a través de varias poleas

Operación	Factor de Diseño
Herramientas operadas con cable	3.0
Línea para achicar el pozo	3.0
Líneas para perforación rotatoria	3.0
Líneas para operaciones de levantamiento	3.0
Líneas para arme y desarme del equipo	2.5
Líneas para bajar revestimiento	2.0
Líneas para trabajar tubería pegada	2.0

Fuente: Norma API RP 9B

### 2.3 ANÁLISIS DEL PLAN DE PERFORACIÓN

La forma API D10-A, Drilling Plan Analysis, incluye fórmulas, gráficas y tablas, para establecer las necesidades de potencia y resistencia de los componentes que realizarán las operaciones de perforación del pozo; las fórmulas más usuales se mencionan a continuación.

Un pozo puede encontrarse a cientos de metros de profundidad. Una tubería de perforación de acero de tanta longitud pesa muchas toneladas. La inmersión de la tubería de perforación en el fluido produce un efecto de flotación, lo que reduce su peso, ejerciendo menor esfuerzo en el mecanismo de perforación.

$$\text{Flotacion } BF = 1 - \frac{\text{Densidad lodo}}{\text{Densidad metal}}$$

Dónde:

Densidad del acero: 65.4 lpg

BF: Flotación

$$\text{Peso en el aire de la tubería } w = 2.67 (D^2 - d^2)$$

Dónde:

W: Peso lineal de la tubería, lb/pie

D: Diámetro externo de la tubería, pulg

d: Diámetro interno de la tubería, pulg

$$\text{Potencia en el gancho } HPg = \frac{30 * Wg}{550 * t}$$

Dónde:

HPg: Potencia en el Gancho, hp

Wg: Peso del Gancho, lb

t: Tiempo, seg

$$\text{Potencia hidraulica } HP_h = \frac{Q * \Delta P}{1.714}$$

Dónde:

HP<sub>h</sub>: Potencia Hidráulica, hp

Q: Rata de flujo, gpm

ΔP: Diferencial de Presión, psi

$$\text{Perdida de presion } \Delta P_c = \frac{\Delta P * MW}{MW}$$

Dónde:

ΔP: Diferencial de Presión, psi

MW: Peso del Lodo, lpg

$$\text{Potencia de rotacion } HP = \frac{2 TN}{33.000} = \frac{TN}{5250}$$

Dónde:

HP: Potencia de rotación, hp

N: Numero de ciclos por unidad de tiempo, rev/min

T: Torque, Ft-lb

## **2.4 CÁLCULO DE POTENCIAS Y EFICIENCIAS DE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN**

La manera usual para el cálculo de las eficiencias de un equipo de perforación, propone analizar cada elemento del equipo básico de modo independiente. La división usualmente usada es la siguiente:

- Motores
- Sistema de frenos auxiliares.
- Sistema de transmisión y malacate.
- Sistema rotatorio.
- Sistema de circulación de fluidos.
- Sistema aparejo- bloque viajero.

A cada unidad de equipo dado se le hará un observación individual teniendo en cuenta que por diseño se muestran algunas diferencias en los cálculos, difiere de la cantidad de motores para el Malacate, el tipo de balinera de las poleas y si el equipo es eléctrico o mecánico. También se debe analizar si cada unidad de equipo, tuberías y herramientas ofrecidas con especificaciones diferentes a las solicitadas cumplen con las especificaciones de diseño determinados por el Operador.

**2.4.1 Motores.** La unidad de medida de referencia tomada para la potencia es el caballo de fuerza, la cual se define como la fuerza que se necesita para levantar 75 kg a un metro de altura, todo esto, en un segundo. Un caballo de fuerza equivale a 550 lb-pie por segundo, o 33000 lb-pie por minuto. El trabajo desarrollado en un pistón de un motor de combustión interna se denomina potencia indicada.

El trabajo entregado por el motor se denomina potencia de salida. La potencia indicada menos la potencia de salida se denomina potencia friccional.

$$\text{Potencia Friccional } IHP - BHP = FPH$$

Dónde:

$IHP$  = Potencia Indicada del Motor, (HP).

$BHP$  = Potencia Entregada, (HP).

$FPH$  = Potencial Friccional, (HP).

Para saber el trabajo desarrollado por un motor de combustión interna, es preciso conocer el trabajo realizado en un ciclo de potencia y multiplicar por el número de ciclos realizados en la unidad de tiempo.

Matemáticamente se expresa:

$$\text{Caballo de fuerza } HP_m = \frac{f * T_f}{33,000}$$

Dónde:

$HP_m$  = Caballos de Fuerza desarrollados por el Motor, (HP).

$f$  = Ciclos por minuto del Motor, (ciclo/min).

$Tf$  = Trabajo por ciclo, (lb. – pie).

El trabajo realizado en un cilindro de potencia o pistón de un motor, puede ser evaluado si la presión interior del cilindro y las dimensiones del cilindro son conocidas.

$$\text{Fuerza por ciclo } F_p = P_m * A$$

Dónde:

$F_p$  = Fuerza Total del Pistón (lb).

$P_m$  = Presión Media del Pistón (psi).

$A$  = Área del Pistón del Motor, (Pulg<sup>2</sup>).

Si la presión media efectiva, está ejerciendo sobre un pistón de área  $A$  y el pistón se desplaza una distancia  $L$ , entonces el trabajo realizado será:

$$\text{Trabajo por Ciclo } T_f = P_m * A * L$$

Dónde:

$T_f$  = Trabajo por Ciclo, (lb. – pie).

$P_m$  = Presión Media del Pistón (psi).

$A$  = Área del Pistón del Motor, (Pulg<sup>2</sup>).

$L$  = Distancia (pulg).

Reemplazando en la ecuación:

$$\text{Caballo de Fuerza } HP_m = \frac{P_m * A * L * f}{33,000}$$

Dónde:

$HP_m$  = Caballos de Fuerza desarrollados por el Motor, (HP).

$P_m$  = Presión Media del Pistón (psi).

$A$  = Área del Pistón del Motor, (Pulg<sup>2</sup>).

$L$  = Distancia (pulg).

$f$  = Ciclos por minuto del Motor, (ciclo/min).

No es habitual establecer directamente la potencia friccional de un motor, si no hallar experimentalmente la potencia de salida, la cual es verdaderamente útil. Una vez conseguidos estos datos, se puede evaluar la eficiencia mecánica del motor.

$$\text{Eficiencia mecánica } E_m = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia indicada}} * 100$$

$E_M$  = EFICIENCIA MECÁNICA DEL MOTOR

**2.4.2 Cálculo de eficiencia de motores ( $E_m$ ).** La potencia transmitida al gancho debe ser calculada durante un viaje de tubería, reconociendo la lectura en el indicador de peso y calculando el tiempo que gasta en elevar una longitud de treinta (30) pies. La lectura en el indicador de peso contiene el peso del bloque viajero, el gancho y el arrastre de la tubería.

Por precaución de que el motor eleve progresivamente la velocidad de control debido a la forma como el generador de paso de combustible influye en su desempeño, la evaluación de la potencia transmitida, se debe hacer en el segundo engranaje (Esto no es aplicable para sistemas con convertidor de torque, generadores eléctricos y de vapor. Sólo se emplea a motores de combustión interna con sistema de transmisión mecánica).

Una vez ya establecida la potencia en el gancho, se suman los valores de pérdida de potencia de todos los elementos que hacen parte en la transmisión de energía hasta llegar al motor.

**2.4.3 Sistema de transmisión y malacate.** Para la perforación de pozos se manejan sargas de tubería y botellas de perforación de grandes tamaños, cuyo peso combinado puede ser calculado en muchas libras. Tales pesos necesitan una gran capacidad de levantamiento y de frenos. El malacate moderno se fundamenta en un tambor giratorio, entorno del cual se enrolla el cable de perforación y sobre el cual están ajustados los rotores y una serie de ejes, embragues y varias transmisiones para realizar los cambios de velocidad y

retroceder. El malacate es la unidad de potencia más importante de un equipo. Por lo tanto su selección requiere de mayor cuidado al adquirir los equipos o en su caso, al utilizarlos en un programa específico. El malacate es un sistema de levantamiento en el que se puede ampliar o disminuir la capacidad de carga, a través del cable enrollado en el tambor o carrete.

En la selección del malacate se debe evaluar los siguientes criterios:

- Potencia de entrada
- Factores de diseño del cable
- Freno de fricción del malacate
- Dimensiones del tambor o carrete
- Relación de velocidad
- Embrague de fricción

La eficiencia es inversamente proporcional a la cantidad de elementos que ejecutan el trabajo.

### **Equipo con transmisión mecánica**

*Potencia al cable de perforación:* Si la potencia para cada motor es " $HP_m$ ", tenemos:

$$Potencia\ a\ la\ línea = HP_m 1 (E_f)^A + HP_m 2 (E_f)^B + HP_m 3 (E_f)^C$$

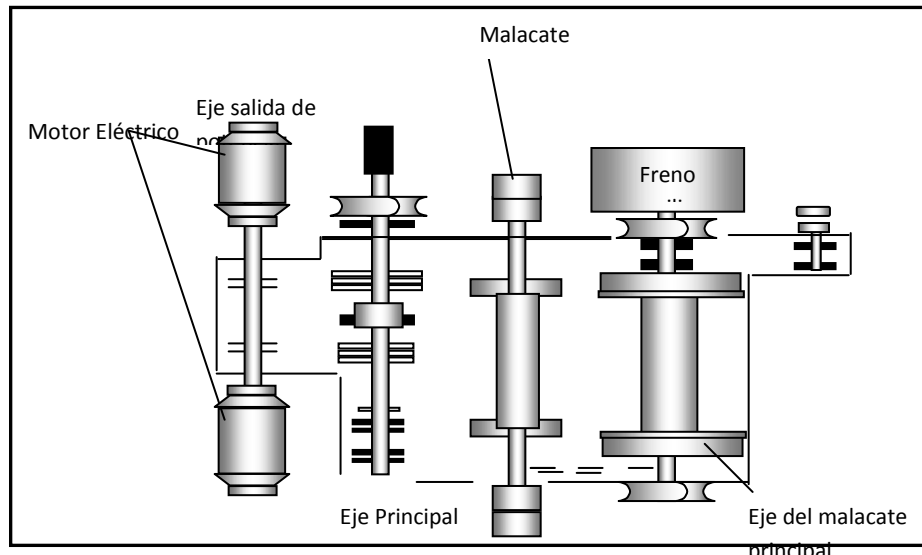
Dónde:

$HP_m$  = Caballos de Fuerza desarrollados por el Motor, (HP)

$E_f$  = Eficiencia Friccional

A, B, C: Número de elementos móviles para cada motor

Figura 30. Equipo de Perforación Eléctrico



Fuente: Manual equipos de perforación schlumberger

Potencia al cable de perforación: Si la potencia para cada motor es  $HP_m$ , tenemos:

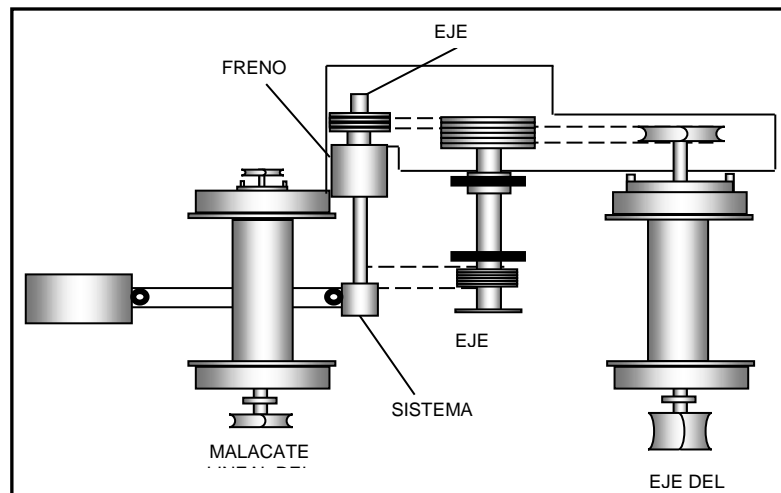
$$Potencia\ a\ la\ línea = HP_m 1 (\epsilon_f)^A + HP_m 2 (\epsilon_f)^B$$

Dónde:

A, B: Número de elementos móviles para cada motor

Considerando  $HP_{m1} = HP_{m2} = HP$

Figura 31. Equipo de perforación mecánico



Fuente: Manual equipos de perforación schlumberger

Potencia al cable de perforación: Si la potencia del motor es  $HP_m$ .

$$Potencia\ a\ la\ línea = HP_m I (\epsilon_f)^A$$

Dónde:

A: Número de elementos móviles para cada motor

$\epsilon_f$ : Eficiencia friccional

**2.4.4 Sistema de frenos.** El método de frenos de fricción del malacate es elemental para la correcta operación del equipo. Los requerimientos básicos son:

- La seguridad
- Efectividad
- Facilidad de mantenimiento

La seguridad y confiabilidad se logra con diseños aplicados y construcciones fuertes de todos los dispositivos sometidos a cargas en el método de frenado. La capacidad de los frenos auxiliares puede ser calculada durante un viaje de tubería, analizando la lectura en el indicador de peso y calculando el tiempo que tarda en bajar una junta, mientras la carga es soportada exclusivamente por el freno auxiliar.

La efectividad del método de freno es apoyada para la característica propia del tipo de frenado auto-energizante, cumpliendo dos características:

- Disminuye la fuerza que debe ser aplicada para poder manipular el freno.
- Se libera así mismo conforme al carrete inicia a girar en la dirección del levantamiento.

El diseño correcto de la fuerza de frenado multiplicado por el sistema de articulación, aporta una ventaja mecánica tan alta como 80:1, esta relación alta de fuerzas, proporciona el frenado para las cargas altas con una fuerza manual razonable, aplicada sobre la palanca de operación del freno. Usualmente, la carga de la polea viajera debe sostenerse solo con el peso de la palanca.

La fórmula para determinar la capacidad de torsión de la banda del freno es:

$$Q = T_1 r (2.718^{(0.0175 a f)} - 1)$$

Q = Torsión de la banda de frenado (lb-pie).

T<sub>1</sub> = Tensión de la banda en el extremo activo.

r = Radio de freno (pie)

a = Angulo de contacto de la banda (grados).

f = Coeficiente de fricción. **CACbex10**

El coeficiente de fricción de las baletas sobre el aro de acero del freno, no varía mucho de un freno a otro, por lo tanto se pueden hacer las siguientes aproximaciones:

0.52 Revestimiento nuevo

0.30 General

Tabla 19. Factor fricción sobre torsión de frenado

<b>FACTOR</b>	<b>TORSION DE FRENADO NOMINAL</b>
0.30	135 % DE INCREMENTO
0.35	182 % DE INCREMENTO
0.40	238 % DE INCREMENTO
0.45	314 % DE INCREMENTO

Fuente: Manual para la selección del equipo de ECOPETROL

El frenado de un malacate requiere de una capacidad de torsión, igual a la tensión en la línea rápida, multiplicada por el radio de trabajo del carrete. En la siguiente tabla presenta una relación entre la potencia del malacate, el área efectiva de frenado recomendada, tipo de sistema de enfriamiento, sistema de frenado auxiliar y capacidad del equipo con tubería de 2 7/8".

Tabla 20. Requerimientos

<b>Rango de Potencia HP</b>	<b>Área de Frenado pulg<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Sistema Enfriamiento</b>	<b>Tamaño Freno Auxiliar (a)</b>	<b>Rango de Profundidad con Tubería de 2 7/8", pie</b>
100-150	1200	Aire	-	4,000
150-200	1600	Aire	-	5,000
		Spray	-	7,000

200-250	2000	Aire	-	6,000
250-400	2400	Spray	-	8,000
	+}	spray	15-in. SR	10,000
400-600	2800	Aire	-	7,000
		spray	-	9,000
		spray	15-in. SR	11,000
		spray	15-in. DR	13,000
		Aire	-	8,000
		spray	-	10,000
		spray	15-in. DR	15,000
		spray	22-in. SR	18,000

Fuente: Manual para la selección del equipo de ECOPEPETROL

Capacidad de Frenado a 1300 RPM:

- 15-inch Single Rotor - 260 hp
- 15-inch Double Rotor - 525 hp
- 22-inch Single Rotor - 2500 hp

**2.4.5 Sistema Rotatorio.** Las descripciones para la clasificación de la mesa rotaria, considera tres variables básicas: diámetro, capacidad de carga muerta y velocidad de rotación máxima.

La evaluación de la potencia ( $HP_{RT}$ ) que se debe proporcionar el sistema rotatorio se calcula por la siguiente fórmula:

$$HP_{RT} = \frac{N * T}{5250 * Et}$$

Dónde:

$HP_{RT}$  = Potencia Suministrada al Sistema Rotario, HP.

$N$  = Número de Revoluciones de la Rotaria (rev/min).

$T$  = Torque de la Rotaria, lbs – pie.

$Et$  = Eficiencia Transmisión de Rodamientos de la Rotaria.

Por experiencia operacional:

Para pozos que se perforen a profundidades menores a 8000'.

$$HP_{RT} = N * 1.0$$

Para pozos que se perforen a profundidades entre 8000'y 12000':

$$HP_{RT} = N * 1.5$$

Para pozos que se perforen a profundidades mayores a 12000':

$$HP_{RT} = N * 2$$

La eficiencia de la mesa rotaria se debe calcular empíricamente mediante la manipulación, teniendo en cuenta la potencia que le proporciona el motor y la situación de carga, torque y revoluciones de manejo.

**2.4.6 Sistema Circulatorio.** Adicionando las pérdidas de potencia en el sistema de transmisión hacia las bombas, a su eficiencia volumétrica, conseguimos la eficiencia total del sistema, con la cual se calculara la potencia en los motores de las bombas, lo correspondiente al caballaje hidráulico teórico de salida.

Operacionalmente, se puede emplear un método directo para evaluar la eficiencia real de las bombas. El procedimiento a continuar en condiciones operacionales normales es el siguiente:

- Posicionar la broca dentro del revestimiento con el fin de obtener una geometría conocida.
- Registrar el diámetro de las camisas que tiene instaladas en cada bomba.
- Confirmar con el manual de bombas, la longitud de la carrera del pistón y el diámetro de la varilla.
- Determinar el arreglo y dimensiones del conjunto de circulación en superficie.
- Calcular el diámetro interno promedio y la longitud de tubería y botellas de perforación.
- Registrar el diámetro y número de boquillas en la broca.
- Bombear a tres diferentes tasas (SPM) y leer la presión estabilizada para cada una de ellas.
- Llenar para cada tasa de bombeo (SPM) y para cada una de las bombas
- Evaluar para cada caso la eficiencia volumétrica de la bomba y el caballaje hidráulico de salida.
- Calcular la eficiencia del sistema de circulación, con el dato del caballaje nominal de los motores conectados a las bombas.

Las fórmulas utilizadas en este procedimiento son:

$$\text{Caudal bombas dúplex } Q_D = \frac{\pi}{4}(2) * L_s (2d_i^2 - d_r^2)$$

Dónde:

$Q_D$  = Caudal Bomba Dúplex (gpm).

$L_s$  = Longitud del Golpe, (pulg).

di = Diámetro Interno de la Camisa (pulg).

dr = Diámetro Externo de la Varilla del Pistón, (pulg).

$$\text{Caudal bombas tríplex } Q_T = 3 \frac{\pi}{4} L_s d_i^2$$

Dónde:

$Q_T$  = Caudal Bomba Triples (gpm).

$L_s$  = Longitud del Golpe, (pulg).

$d_i$  = Diámetro Interno de la Camisa (pulg).

$$\text{Caballaje hidráulico } P_H = \frac{\Delta p q}{1714}$$

Dónde:

$P_H$ : Caballaje Hidráulico, (hp).

$\Delta p$ : Presión, (psi).

$q$ : Rata de Flujo, (Gal / min).

**2.4.7 Sistema de levantamiento aparejo - bloque viajero.** La ventaja mecánica  $M$  de un sistema de levantamiento, es la relación que existe entre la carga soportada por el bloque viajero,  $W_g$ , y la carga ejercida sobre el malacate,  $F_f$ , dada por:

$$\text{Ventaja Mecánica en la Polea } M = \frac{W_g}{F_f}$$

Dónde:

$M$  = Ventaja Mecánica en la Polea.

$W_g$  = Carga en el Gancho, (lb).

$F_f$  = Tensión en la Línea Rápida (lb).

La carga ejecutada sobre el malacate es la tensión en la línea rápida. Para evaluar la ventaja mecánica ideal mediante un balance de fuerzas, se asume que no hay fricción en el bloque viajero ni en el aparejo de corona.

$$nF_f = W$$

Dónde:

$n$  = número de líneas.

$F_f$  = Tensión en la Línea Rápida (lb).

$W$  = Peso Tubería (lb).

Resolviendo y sustituyendo

$$\text{Ventaja Mecánica Ideal } M_i = \frac{W}{W/n} = n$$

Dónde:

$M_i$  = Ventaja Mecánica Ideal.

$W$  = Peso Tubería, (lb).

$n$  = número de líneas.

La potencia de entrada al bloque viajero,  $HP_{ig}$ , es igual al producto de la carga en el malacate,  $F_f$ , por la velocidad de la línea rápida,  $V_f$ :

$$\text{Potencia Entregada al Gancho } HP_{ig} = F_f * V_f$$

Dónde:

$HP_{ig}$  = Potencia Entregada al Gancho o al Bloque Viajero, (HP).

$F_f$  = Tensión en la Línea Rápida (lb).

$V_f$  = Velocidad Lineal Rápida, (pie/min).

La potencia de salida en el gancho,  $HP_g$ , es igual al producto de la carga en el gancho  $W_g$ , por la velocidad del bloque viajero,  $V_b = V_g$ :

$$\text{Potencia en el Gancho } HP_g = W_g V_b$$

Dónde:

$HP_g$  = Potencia en el Gancho, (HP).

$W_g$  = Carga en el Gancho (lb).

$V_b$  = Velocidad Bloque Viajero, (pie/min).

Puesto que el movimiento por unidad de longitud de la línea rápida, tiende a reducir  $(1/n)$  veces la longitud de cada una de las líneas, entonces la velocidad en el bloque viajero será:

$$V_b = V_f / n$$

Dónde:

$V_b$  = Velocidad Bloque Viajero, (pie/min).

$V_f$  = Velocidad Lineal Rápida, (pie/min).

$n$  = Número Líneas.

Por lo tanto, en un sistema ideal (sin fricción), la eficiencia entre la potencia de salida y la potencia de entrada será:

$$E = \frac{HP}{HP_i} = \frac{\eta F_f \left( \frac{V_f}{n} \right)}{F_f V_f} = 1$$

Dónde:

E = Eficiencia del Aparejo.

HP = Potencia.

n = Número Líneas.

$V_f$  = Velocidad Lineal Rápida, (pie/min).

$F_f$  = Tensión en la Línea Rápida (lb).

Para la operación real, es decir con pérdida de potencia debido a la fricción en las poleas, la norma RP9B del API, recomienda la utilización de unas tabulaciones las cuales contienen los cálculos de eficiencia del cable de perforación, pasando a través de poleas múltiples.

Conocida la eficiencia en el sistema aparejo - bloque viajero, se procede a evaluar la tensión en la línea rápida para una carga dada.

De la definición de eficiencia:

$$\text{Eficiencia en el aparejo } E = \frac{HP}{P_i} = \frac{WV_b}{F_f V_f}$$

Dónde:

E = Eficiencia del Aparejo.

HP = Potencia.

$V_f$  = Velocidad Lineal Rápida, (pie/min).

$F_f$  = Tensión en la Línea Rápida (lb).

$V_b$  = Velocidad Bloque Viajero, (pie/min).

$W$  = Peso Tubería, (lb).

Despejando, la tensión en la línea rápida será:

$$\text{Tensión en la línea rápida } F_f = \frac{WV_f/n}{EV_f}$$

Dónde:

$F_f$  = Tensión en la Línea Rápida (lb).

$E$  = Eficiencia del Aparejo.

$V_f$  = Velocidad Lineal Rápida, (pie/min).

$W$  = Peso Tubería, (lb).

$n$  = Número Líneas.

Por lo tanto:

$$\text{Tensión en la Línea Rápida } F_f = \frac{W}{En}$$

Dónde:

$F_f$  = Tensión en la Línea Rápida (lb).

$W$  = Peso Tubería, (lb).

$E$  = Eficiencia del Aparejo.

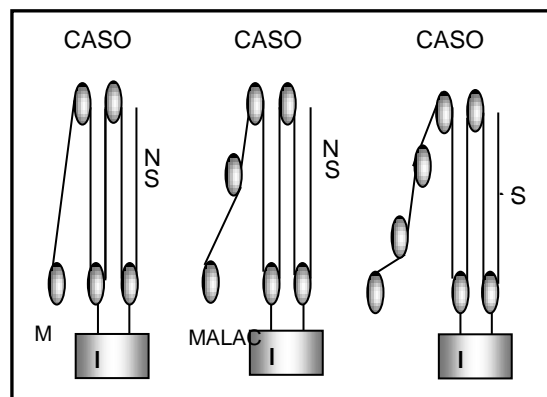
$n$  = Número Líneas.

Con el valor de " $F_f$ " perturbado por el factor de diseño para prevenir el desgaste de la línea y las condiciones de las cargas de choque, se evalúa la resistencia final

del cable. Con este valor se selecciona el tamaño del cable de perforación con las especificaciones más cercanas por encima.

La carga en el bloque viajero,  $W_g$ , incluye el peso de la sarta, el peso del bloque viajero, el arrastre y la sobretensión que para efectos prácticos será el 10% de la capacidad nominal de la torre.

Figura 32. Sistema de múltiples poleas (casos A, B, C)



Fuente: Manual equipos de perforación schlumberger

N = Número de partes de carga

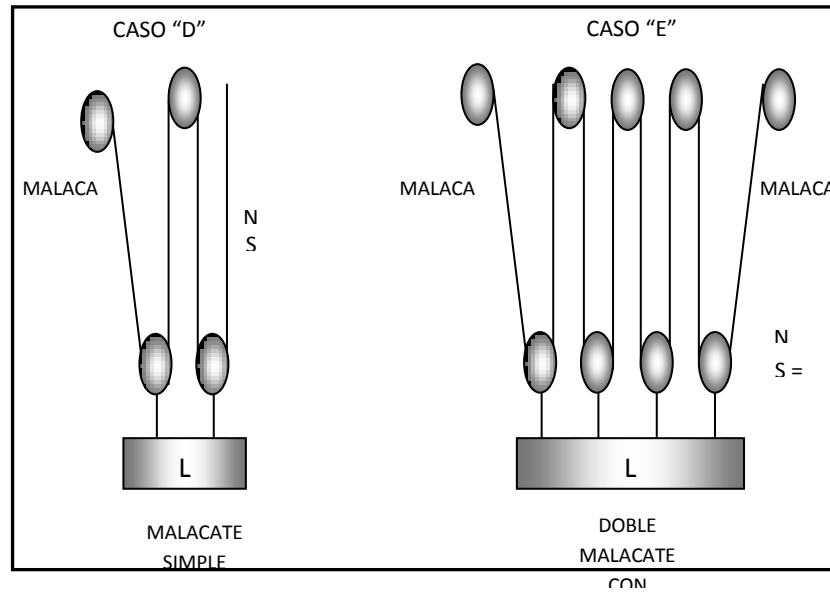
S = Número de cuchillas

Tabla 21. Eficiencia del cable para un bloque de múltiples poleas

N	Rod. Cilíndrico K=1.09*						Rod. Esférico K=1.04*					
	Eficiencia = E			Factor rápida=f <sub>r</sub>			Eficiencia = E			Factor rápida=f <sub>r</sub>		
	Caso A	Caso B	Caso C	Caso A	Caso B	Caso C	Caso A	Caso B	Caso C	Caso A	Caso B	Caso C
2	.880	.807	.740	.568	.620	.675	.943	.907	.872	.530	.551	.574
3	.844	.774	.710	.395	.431	.469	.925	.889	.855	.360	.375	.390
4	.810	.743	.682	.309	.336	.367	.908	.873	.839	.275	.286	.298
5	.778	.714	.655	.257	.280	.305	.890	.856	.823	.225	.234	.213
6	.748	.686	.629	.223	.243	.265	.874	.810	.808	.191	.198	.206
7	.719	.660	.605	.199	.216	.236	.857	.821	.793	.167	.173	.180
8	.692	.635	.582	.181	.197	.215	.842	.809	.778	.148	.154	.161
9	.666	.611	.561	.167	.182	.198	.826	.791	.761	.135	.140	.145
10	.642	.589	.549	.156	.170	.185	.811	.780	.750	.123	.128	.133
11	.619	.568	.521	.147	.160	.175	.796	.766	.736	.111	.119	.124
12	.597	.547	.502	.140	.152	.166	.782	.752	.723	.106	.111	.115
13	.576	.528	.485	.133	.145	.159	.768	.739	.710	.100	.104	.108
14	.556	.510	.468	.128	.140	.153	.755	.725	.698	.095	.099	.102
15	.537	.493	.452	.124	.135	.147	.741	.713	.685	.090	.091	.097

Fuente: Manual equipos de perforación Ecopetrol

Figura 33. Sistema de multiplex poleas caso D, E



Fuente: Manual equipos de perforación schlumberger

N = Número de partes de carga

S = Número de cuchillas

Tabla 22. Eficiencia del cable para un bloque de múltiples poleas (casos D y E)

N	Rod. Cilíndrico K=1.09*				Rod. Esféricos K=1.04*			
	Eficiencia = E		Factor Línea Rápida=f <sub>r</sub>		Eficiencia = E		Factor Línea Rápida=f <sub>r</sub>	
	Caso D	Caso E	Caso D	Caso E	Caso D	Caso E	Caso D	Caso E
2	.959	.807	.522	.500	.981	.1.000	.510	.500
3	.920	.774	.362	.	.962	.	.346	.
4	.883	1.000	.283	.261	.944	.981	.265	.255
5	.848	.	.236	.	.926	.	.216	.
6	.815	.959	.204	.181	.909	.962	.183	.173
7	.784	.	.182	.	.892	.	.160	.
8	.754	.920	.166	.141	.875	.944	.143	.132
9	.726	.	.153	.	.859	.	.130	.
10	.700	.848	.143	.118	.844	.926	.119	.108
11	.674	.	.135	.	.828	.	.110	.
12	.650	.815	.128	.102	.813	.909	.101	.091
13	.628	.	.122	.	.799	.	.096	.
14	.606	.784	.118	.091	.785	.892	.091	.080
15	.586	.	.114	.	.771	.	.086	.

Fuente: Manual equipos de perforación Ecopetrol

## 2.5 EVALUACIÓN DE CARGAS EN LA TORRE

La disposición del cable de perforación en el sistema aparejo - bloque viajero, permite que la carga colocada sobre la torre, sea mayor que la carga en el gancho. La carga empleada a la torre,  $F_d$ , es la suma de la carga en el gancho,  $w_g$ , la tensión en la línea muerta,  $F_s$ , y la tensión en la línea rápida,  $F_f$ :

$$F_d = W_g + F_f + F_s$$

Dónde:

$F_d$  = Carga Aplicada a la Torre, (lb).

$W_g$  = Carga en el Gancho (lb).

$F_f$  = Tensión en la Línea Rápida (lb).

$F_s$  = Tensión en la línea Muerta (lb).

Si la carga,  $W_g$ , está siendo alzada por efecto de la tensión transferida a la línea rápida, la fricción en las poleas tiende a interrumpir el movimiento en esta línea. Por lo tanto, la tensión en el cable de perforación incrementa de  $W_g/n$  en la primera polea (línea muerta), hasta  $W_g / (E * n)$  en la última polea (línea rápida).

**Carga aplicada a la torre**

$$F_d = W_g + \frac{W_g}{E * n} + \frac{W_g}{n}$$

Dónde:

$F_d$  = Carga Aplicada a la Torre, lb.

$W_g$  = Carga en el Gancho (lb).

$E$  = Eficiencia del Aparejo.

$n$  = Número Líneas.

### Carga aplicada a la torre

$$F_d = \left( \frac{1 + E + En}{En} \right) W_g$$

Dónde:

$F_d$  = Carga Aplicada a la Torre, (lb).

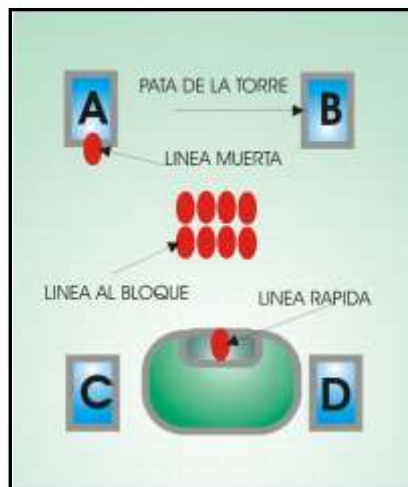
$W_g$  = Carga en el Gancho (lb).

$E$  = Eficiencia del Aparejo.

$n$  = Número Líneas.

El diagrama de la siguiente figura muestra una vista del plano de la mesa de trabajo de una torre de perforación.

Figura 34. Plano de distribución en la mesa rotatoria



Fuente: Manual equipos de perforación Ecopetrol

De acuerdo con la ubicación del malacate a un lado de la estructura, la tensión de la línea rápida se distribuye sobre las dos patas de ese lado (C y D), mientras que la de la línea muerta se transferirá a la pata donde está anclada, A.

Por lo tanto:

Si  $E = 0.5$ , la carga en la pata A sería igual a la carga en las patas C o D.

- Si  $E < 0.5$ , la carga en la pata A sería mayor que la carga en las otras tres patas.
- Si  $E > 0.5$ , la carga en las patas A y B sería menor que la carga en las patas C y D.

Figura 35. Análisis de las cargas en las patas de una torre

Procedencia	Carga Total	Pata A	Pata B	Pata C	Pata D
Carga en el gancho	W	W/4	W/4	W/4	W/4
Línea corrida	$W/(E \cdot n)$			$W/(2 E n)$	$W/(2 E n)$
Línea muerta	w/n	W/n			

Total	$W(n+1)/n + W(n+4)/(4n)$	W/4	$W(E \cdot n + 2)/(4E \cdot n)$	$W(E \cdot n + 2)/(4 \cdot E n)$
	W/En		)	

Fuente. Manual equipos de perforación Ecopetrol

La capacidad de la torre la define la pata que soporta más carga, por lo tanto, para calcular la "Máxima carga equivalente sobre la torre",  $F_{de}$ , es necesario determinar la carga soportada por dicha pata y multiplicarla por cuatro.

Para la disposición de carga del arreglo de la Figura anterior se tiene:

$$F_{de} = 4(F_A) \text{ por lo tanto } F_{de} = \left( \frac{n+4}{n} \right) W_g$$

Dónde:

$F_{de}$  = Máxima Carga Equivalente sobre la Torre, (lb).

$F_A$  = Carga sobre la Pata A (máxima), (lb).

$W_g$  = Carga en el Gancho (lb).

$$Ed = \frac{Fd}{Fde} = \frac{\left(\frac{1+E+En}{En}\right)W_g}{\left(\frac{n+4}{n}\right)W_g}$$

Dónde:

$E_d$  = Eficiencia de la Torre.

$F_d$  = Carga Aplicada a la Torre, (lb).

$F_{de}$  = Máxima Carga Equivalente sobre la Torre, (lb).

$E$  = Eficiencia del Aparejo.

$n$  = Número Líneas.

$W_g$  = Carga en el Gancho (lb).

$$Ed = \frac{E(n+1)+1}{E(n+4)}$$

Dónde:

$E_d$  = Eficiencia de la Torre.

$E$  = Eficiencia del Aparejo.

$n$  = Número Líneas.

Una variable generalmente utilizada para evaluar los diferentes arreglos del aparejo de perforación es el factor de eficiencia de la torre, definido como la relación entre la carga actual Total en la torre,  $F_d$ , y la máxima carga equivalente sobre la torre,  $F_{de}$ .

Es importante aclarar que el valor de  $F_{de}$  es la resistencia mínima que debe cumplir la torre para soportar la carga  $W_g$ .

Para hallar el factor de seguridad real, se debe relacionar la capacidad nominal de la torre elegida, con la carga aplicada a la torre,  $F_d$ .

Por lo tanto:

$$F.S.R. = \frac{R_T}{F_d}$$

Dónde:

$F.S.R$  = Factor de Seguridad Real.

$F_d$  = Carga Aplicada a la Torre, lb.

$R_T$  = Capacidad Nominal de la Torre (lb).

Para la realización de las operaciones de perforación se encarga tomar un factor de seguridad real de **1.5** para la clasificación de los equipos de perforación.

## **2.6 EVALUACIÓN DE EQUIPOS PORTÁTILES**

La capacidad de carga de un equipo portátil, generalmente la define la longitud máxima de tubería de trabajo a usar. Los factores que afectan esta selección son:

- Capacidad de la torre.
- Potencia transmitida al gancho.
- Capacidad de frenado.

### **CAPACIDAD DE LA TORRE**

La capacidad de las torres de acero se especifica por el conjunto de carga vertical que pueden soportar, aparte de la fuerza de viento horizontal que logren resistir. Una torre de perforación actual puede ser capaz de soportar hasta 1.5 millones de libras y resistir vientos de hasta 130 millas por hora cuando sus tarimas estén ocupadas de tuberías.

La función principal del mástil es suministrar la longitud vertical requerida para elevar la sección de tubería o bajarla dentro del hueco, la altura del mástil además puede ser una guía de la profundidad hasta la cual fue diseñado para perforar. La tubería de perforación es proporcionada en tramos con una longitud de 30 pies. Por lo tanto, los taladros diseñados para la perforación profunda pueden manejar tramos variados. Un taladro pequeño podría estar preparado para manejar un doble que consiste en dos tramos. Se considera un taladro más grande como un triple, logrando manejar tres tramos de tubería, y existe aún un taladro más grande un cuádruple. Esta capacidad para dividir la sarta en tramos de 60, 90 o 120 pies en lugar de simplemente en secciones de 30 pies ahorra cantidades de tiempo y dinero.

Las torres de los equipos se dividen en dos tipos:

- **Torre tipo asta convencional.** Existen dos versiones de este tipo:
  - *Torre sencilla:* la tubería y las varillas deben ser situadas en un lado de la torre.
  - *Torre doble:* permite que se pueda instalar un soporte en la parte alta de la torre para conseguir espacio posterior donde ubicar la tubería o varillas.
- **Torre tipo auto-propulsada estructuralmente.** En esta clasificación de la torre, los vientos de soporte de carga se encuentran relacionados directamente al vehículo de transporte, sin embargo, los fabricantes encargan utilizar vientos de soporte externos.

El API recomienda las cargas y espaciamientos para el anclaje de los vientos en los diferentes tipos de torres de equipos portátiles. Las secciones A15 y A16 (Pág. C-6) del API SPEC 4E (Specification for Drilling and Well Servicing Structures), presentan las recomendaciones para diseño y prueba de las líneas de anclaje en los equipos de perforación y servicio de pozos.

- Transmisión:

Relación de baja	6.5 : 1.0
Relación de alta:	1.0 : 1.0
Pérdida de potencia en la transmisión:	5%

- Malacate:

Pérdida de potencia en cada piñón o cadena	5%
Relación Transmisión - Eje:	19 : 45
Relación Eje principal- Piñón de alta:	35 : 39
Relación Eje principal - Piñón de baja:	15 : 54
Diámetro del Malacate:	1.2 pies

La potencia efectiva en el gancho se calcula de la siguiente forma:

<b>Máxima tensión por línea</b> $MTL = \frac{T_m \times E_{FT} \times RBT \times R_{tg} \times RBP}{\sigma}$
--

Dónde:

$T_m$  = Torque de Salida del Eje del motor.

$E_{FT}$  = Eficiencia Total = 1 – Fracción de Pérdida de Potencia.

RBT = Relación de Baja Transmisión.

$R_{tg}$  = Relación de Transmisión General.

RBP = Relación de Baja Principal.

Tabla 23. Cargas y espaciamentos recomendados por el api para el anclaje de los vientos

1	2	3	4	5	6	7
Mínimo Espaciamento X o Y sobre la <b>Fig. 3.16</b> (Condiciones generales del patrón de soporte por vientos recomendado por el API), pies	Torre Doble		Torre Sencilla		Pluma	
	Carga de Prueba en el Ancla, ton	Ángulo de Prueba en el Ancla Formado por la Horizontal y la Línea Central	Carga de Prueba en el Ancla, ton	Ángulo de Prueba en el Ancla Formado por la Horizontal y la Línea Central	Carga de Prueba en el Ancla, ton	Ángulo de Prueba en el Ancla Formado por la Horizontal y la Línea Central
20	N.A.	N.A.	3.7	70°	7.0	67°
25	15.6	71°	-	-	-	-
30	13.7	67°	3.1	60°	-	-
40	11.0	60°	2.8	53°	4.0	49°

1	2	3	4	5	6	7
50	9.3	54°	2.7	45°	-	-
60	8.4	49°	2.7	45°	3.5	45°
70	7.8	45°	2.7	45°	-	-
80	7.4	45°	2.7	45°	3.0	45°
90	7.0	45°	2.7	45°	-	-

Velocidad en la línea rápida con la carga máxima:

$$\text{Velocidad Línea Rápida } V_f = (Nm * \frac{1}{RBT} * \frac{1}{R_{tg}} * \frac{1}{RBP} * \pi * D_m)$$

Dónde:

Vf = Velocidad Línea Rápida, pie/min.

Nm = Revoluciones por Minuto del Motor para el Máximo Torque.

RBT = Relación de Baja Transmisión.

Rtg = Relación de Transmisión General.

RBP = Relación de Baja Principal.

Dm = Diámetro del malacate (pie).

Entonces:

$$\text{Velocidad Línea Rápida } V_f = 1600 \frac{\text{Rev}}{\text{min}} * \frac{1}{6.5} * \frac{19}{45} * \frac{15}{54} * \frac{\pi * 1.2 \text{ ft}}{\text{Rev}}$$

Dónde:

V.L. = 109 (pie/min).

Vf = Velocidad Línea Rápida, (pie/min).

$$\text{Velocidad del bloque } V_b = \frac{V_f}{N_m}$$

Dónde:

Vb = Velocidad Bloque Viajero (pie/min).

Vf = Velocidad Línea Rápida, (pie/min).

$$\text{Velocidad Bloque Viajero } V_b = \frac{109 \text{ ft/min}}{4} = 27 \text{ ft/min}$$

Nm = Revoluciones por Minuto del Motor para el Máximo Torque

Máxima velocidad del bloque (sin carga):

$$\text{Máxima velocidad del bloque } V_{bmax} = Nmax * RAT * \frac{1}{Rtg} * RA1 * \pi * Dm$$

Dónde:

Nmáx = Número Máximo de Revoluciones de la Rotaria.

RAT = Relación de Alta.

Rtg = Relación de Transmisión General.

RA1 = ¿??

Dm = Diámetro del Malacate (pie).

## 2.7 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN LA INSTALACIÓN DE EQUIPO

1. El personal involucrado en las tareas de perforación y mantenimiento de Pozos deben portar el equipo de protección personal completo específico para cada trabajo que la empresa les proporciona.
2. Antes de iniciar cualquier tipo de trabajo se deben dar pláticas de seguridad o de la operación a realizar para concientizar al personal de los riesgos que puede provocar una tarea mal hecha.

3. El Técnico y el perforador deben vigilar que todos los trabajadores porten correctamente el equipo que la empresa les proporciona.
4. No deben de estar más de una persona haciendo señales durante las maniobras, la persona seleccionada debe tener experiencia.
5. Los cables de acero que se utilizaran para la maniobras, deben inspeccionarse antes de ser utilizados y tener una resistencia mínima de 5 veces mayor al peso de la carga a levantar.
6. Todo cable en malas condiciones no debe ser utilizado y si, desecharse inmediatamente para no volver a ser utilizado por equivocación.
7. El personal no debe viajar junto con las cargas, ni caminar o pararse debajo de estas cuando se encuentran suspendidas para no colocar en riesgo su integridad física.
8. El personal que trabaje en altura mayor de 1.80 m. Debe usar sin excusa el equipo de seguridad apropiado para estos tipos de trabajos y evitar actos inseguros que puedan provocar un accidente.
9. Cuando se esté levantando el mástil, el personal debe retirarse del área y trayectoria del mismo por cualquier objeto que pudiera caerse en el izaje y causarle un accidente.
10. En el mismo izaje del mástil, no se deben hacer maniobras con unidades motrices debajo de este, o dentro del radio de acción del mismo para evitar accidentes por caídas de objetos o posible caída drástica del mástil.
11. Todo acto o condición insegura debe ser corregido de inmediato ya que esto es sinónimo de accidentes.
12. No debe permitirse que las grúas trabajen:
  - a. Si se observan en malas condiciones.
  - b. Si los operadores carecen de experiencia, sus cables o estrobos se encuentren dañados o no sean de suficiente capacidad.
  - c. Si está mal nivelada o el operador no respeta las reglas de seguridad.

13. Las grúas como unidades de apoyo en los trabajos de instalación de equipo deben contar con un equipo sonoro para prevenir al personal, cuando estas se encuentran en movimiento.
14. Verificar antes de suspender cualquier carga las condiciones del freno y las condiciones en general de las grúas, resistencia de sus cables y sus ganchos de acero.
15. Antes de levantar las cargas con la grúa esta debe anclarse y nivelarse correctamente y tener el ángulo correcto de acuerdo a la tabla instalada en la misma grúa por el fabricante.
16. Verificar el correcto amarre y nivelación de las cargas, (los cables utilizados en la carga deben tener el mismo diámetro y largo)
17. Delimitar el área de acción de la grúas con cinta barricada para prevenir a la persona de los posibles riegos cuando estas están en operación o realizan maniobras.
18. Cuando se tenga cargas en suspenso, deben ser guiadas directamente con las manos, para hacer esto se recomienda guiarlas amarrándoles retenidas con elásticas para trabajar alejando de la pieza en movimiento.
19. El operador de la grúa debe coordinar con un elemento diestro de maniobra para recibir únicamente de este, las indicaciones pertinentes y evitar provocar errores costosos por malas indicaciones.
20. La visibilidad para mandar y captar las señales al realizar las maniobras deben ser claras y precisas, si por motivos que no pueda ser así, debe poner a otra persona con experiencia que sirva de intermediario para realizar con seguridad este evento,
21. El área en donde se realizan las maniobras debe encontrarse, limpia, ordenada, y libre de obstáculos.
22. En trabajos de altura y en donde sea posible instalar andamio, este debe instalarse para una mayor seguridad del personal, sin olvidar ponerse el equipo para trabajos de altura.

23. El técnico y el perforador tienen la obligación de vigilar que el personal a su cargo y los de compañías auxiliares, den cumplimiento a las normas de seguridad y estos últimos de acatarlas.
24. Toda maquinaria en movimiento para cargas y maniobras deben ser operadas por personal con experiencia, que no deje lugar a dudas su habilidad y experiencia.
25. Los equipos deben instalarse en contra de los vientos dominantes para que estos, en caso de una manifestación del pozo no lleven los gases o el fuego hacia la dirección de la vía de escape del personal o hacia la unidad de control de los Preventoras.
26. Debe instruirse al personal sobre contingencias y señalizarse las rutas de evacuación
27. La operación de inspección de un equipo ayuda de manera determinante a prevenir accidentes, pero es un esfuerzo compartido de todo el personal dentro de la instalación.
28. La inspección se considera desde la revisión de un simple tornillo, hasta una auditoría completa a un equipo de perforación y mantenimiento de pozos.
29. Inspeccionar la instalación correcta y segura de los pisos, barandales y escaleras.
30. Inspección de los accesorios usuales de operación tales como: las cuñas para tuberías, elevadores, llaves de torques, poleas, malacates neumáticos, cables de acero, ancla de la línea muerta.
31. Verificar que los agujeros en el piso cuando no estén en uso se mantengan tapados
32. Herramientas de trabajo suficientes, apropiadas y en buenas condiciones
33. El sistema de iluminación debe ser suficiente para los trabajos nocturnos.
34. Debe inspeccionarse el equipo de seguridad personal como son los cinturones, arneses, cables de vida, guantes, lentes protectores, botas y ropa antes de iniciar los trabajos de armado de equipo.

35. Por ningún motivo, razón o causa debe pasarse por alto la verificación general y detallada de las condiciones de seguridad y operación del equipo, las herramientas, y los accesorios, antes de iniciar las operaciones de perforación y mantenimiento de pozos, y posteriormente durante las operaciones a intervalos establecidos bajo programas o antes si se detectan operaciones riesgosas y con mayor razón aquellas de alto riesgo.

Es de suma importancia que prevalezca: **LA SEGURIDAD, EL ORDEN, Y LA LIMPEZA** en el área de trabajo y en general de toda localización para evita condiciones inseguras que provoquen accidentes.

## **CONCLUSIONES**

Un Equipo de Perforación está compuesto de muchos equipos individuales que combinados forman una unidad capaz de construir pozos. Sin esta unidad no se podrían perforar o revestir los pozos.

El objetivo de optimizar un diseño, es el de seleccionar el equipo requerido para perforar eligiendo los menos costosos que garantizan la integridad del pozo durante la perforación y la terminación del mismo.

Es conveniente tener presente algunas normas de seguridad que se emplean en los equipos de perforación, permitiéndole con esto un adecuado manejo de los mismos y un mayor rendimiento en su área de trabajo.

No hay ningún equipo ideal de perforación de uso múltiple, ni ningún sistema ideal de perforación.

## DEFINICIÓN DE PARÁMETROS

- Fp: Fuerza total del pistón, (lb).
- Em: Eficiencia mecánica del motor
- Ef: Eficiencia friccional
- HPm1: Potencia de un motor (motor 1), (HP)
- HPRT: Potencia suministrada al sistema rotario, (HP)
- Et: Eficiencia transmisión de rodamientos de la rotaria
- QD: Caudal bomba duplex (gpm)
- Ls: Longitud del golpe, (pulg).
- di: Diámetro interno de la camisa, (pulg).
- dr: Diámetro externo de la varilla del pistón, (pulg).
- QT: Caudal bomba triples (gpm)
- DP: Pérdida de presión (psi)
- dc: Diámetro camisa, (pulg).
- dv: Diámetro varilla, (pulg).
- M: Ventaja mecánica polea
- n: Número líneas
- Mi: Ventaja mecánica ideal
- F: Carga de la torre por terremoto (lb)
- C: Constante numérica = 0.5 - 0.025
- Wd: Peso muerto de la torre, (lbs)
- Rc: Resistencia nominal del cable, (lbs)
- Ff: Tensión en la línea rápida, (lbs)
- BF: Flotación
- W: Peso tubería, (lb)
- D: Diámetro exterior tubería o botellas, (pulg).
- d: Diámetro interior de la tubería o botellas, (pulg).
- HPg: Potencia en el gancho, (HP)

- Wg: Carga en el gancho, (lb).
- Vg: Velocidad de la carga en el gancho, (pie/min)
- HPn: Potencia hidráulica, (HP)
- Q: Caudal, (gpm)
- DP: Diferencial de presión, (psi)
- DPc: Pérdida de presión corregida (psi)
- DP\*: Pérdida de presión con un peso de lodo determinado\* (psi)
- MW: Densidad del lodo actual, (lpg)
- MW\*: Densidad del lodo en el punto\* (lpg)
- N: Número de revoluciones de la rotaria (rev/min)
- T: Torque de la rotaria, (lb.-pie)
- IHP: Potencia indicada del motor, (HP)
- BHP: Potencia entregada, (HP)
- FPH: Potencial friccional, (HP)
- HPM: Caballos de fuerza desarrollados por el motor, (HP)
- f: Ciclos por minuto del motor, (ciclo/min)
- Tf: Trabajo por ciclo, (lb.-pie)
- A: Área del pistón del motor, (pulg<sup>2</sup>)
- Pm: Presión media del pistón, (psi)
- Vf: Velocidad línea rápida, (pie/min)
- HPig: Potencia entrada al gancho o al bloque viajero, (HP)
- Vg=Vb: Velocidad bloque viajero, (pie/min)
- E: Eficiencia del aparejo
- Fd: Carga aplicada a la torre, (lb).
- Fs: Tensión en la línea muerta, (lb).
- Fde: Máxima carga equivalente sobre la torre, (lb).
- FA: Carga sobre la pata A (máxima), (lb).
- Ed: Eficiencia de la torre
- FSR: Factor de seguridad de la torre

- RT: Capacidad nominal de la torre, (lb).
- Tm: Torque de salida del eje del motor (lb – ft)
- EfT: Eficiencia total = 1- fracción de pérdida de potencia
- RBT: Relación de baja de transmisión
- Rtg: Relación de transmisión general
- s: Radio del tambor del malacate (pulg)
- Nm: Revoluciones por minuto del motor para el máximo torque (rev/min)
- Dm: Diámetro del tambor malacate, (pulg).
- Nmáx: Revoluciones máximas del motor (rev/min)
- RAT: Relación de alta
- RA1: Relación de alta No.1

## BIBLIOGRAFÍA

API RECOMMENDED PRACTICE 9B (RP9B), NINTH EDITION, MAY 30, 1986. "Recommended Practice on Application, Care, and Use of Wire Rope for Oilfield Services", American Petroleum Institute, Washington D.C.

API SPECIFICATION 4E (SPEC 4E), Third Edition, June 1, 1988. "Specification for Drilling and Well Servicing Structures", American Petroleum Institute, Washington D.C.

API BUL DIO, Second Edition, August 1973. "Procedure for Selecting Rotary Drilling Equipment", American Petroleum Institute, Washington D.C.

API SPEC 9A, Twenty-Third Edition, May 28, 1984 "Specification for Wire Rope", American Petroleum Institute, Washington D.C.

API SPECIFICATION 7B-11C (SPEC 7B- 11C) Eighth Edition, March 1981, Reaffirmed October 14/88, "Specification for Internal-Combustion Reciprocating Engines", American Petroleum Institute, Washington D.C

DRILLING MANUAL. Saudi Aranco. Version 2002-2003

CATERPILLAR, Mechanical Drill Rig, Engine Performance, October, 1983.

CUMMINS API, Selección de Equipos Para un Taladro, Noviembre 2/83.

Mc CRAY, A.; COLE, F.; "Oil Well Drilling Technology", University of Oklahoma Press, Publishing Division of the University, 1976.

BOURGONE, A.; MILLHEIM, K.; CHENEVERT, M.; YOUNG, F.S, "Applied Drilling Engineering", First printing, Society Petroleum Engineers, Richardson TX, 1986.

GIAS GROUP. Guía [en línea]. S.f. Disponible en Internet: <URL:<http://www.giasgroup.com/guia/PDF/>>

HUERTA, Fernando; NAVA, Edineys; NORIEGA, María; PIÑA, Nelcidex; RODRÍGUEZ, Ricardo y SUÁREZ, Orosman. Sistema de circulación [en línea]. Universidad de Zulia, Programa de Ingeniería. República Bolivariana de Venezuela, Cabimas, 2011. Disponible en Internet: <URL:<http://seminario luzpetroleo.files.wordpress.com/2012/11/sistema-de-circulacic3b3n.pdf>>