

Equipos de Perforación Rotatoria

ÍNDICE

Introducción	3
I. EQUIPOS TERRESTRES	3
Componentes de un equipo de perforación terrestre	3
Mástil	4
Consideraciones para el diseño	4
Cálculo de la capacidad del mástil	4
Sistema de energía	5
Transmisión de energía	6
Sistema de elevación	7
Sistema de aparejo de poleas	7
Combinaciones de aparejos	8
Malacate	9
Factor importante en el funcionamiento de un equipo	9
Potencia de entrada	10
Factores de diseño del cable	11
Frenos de fricción del malacate	18
Dimensiones del carrete	19
Relación de velocidad	20
Embragues	22
Freno auxiliar	24
Block y cable de perforación	26
El equipo rotatorio	26
La flecha y mesa rotatoria	27
Sistema TOP DRIVE	27

Procedimiento para desmantelar, transportar e instalar equipos de perforación convencionales y diesel eléctricos	28
Procedimiento para izamiento de mástil	29
II. UNIDADES MÓVILES DE PERFORACIÓN MARINA	29
Equipos de perforación sumergible (barcaza)	30
Plataforma autoelevable (jack-up)	30
Sumisumergibles	32
Barcos perforadores	34
Plataformas con piernas tensionadas (TLP)	34
Movimiento	36
Riesgos	37
Equipos fijos de perforación	38
Capacidad de carga y dimensiones	39
Plataformas fijas protectoras	39
Traslado y armado de las plataformas fijas	41
Estructuras aligeradas	41
Glosario	42
Preguntas y respuestas	43
Equipo de perforación con sus siete paquetes	45
Anexo - tabla de equipos	46

Equipos de Perforación Rotatoria

INTRODUCCIÓN

En ese contexto, los equipos de perforación han evolucionado al parejo. Pero en tiempos recientes, los requerimientos para explorar y explotar nuevos yacimientos en localizaciones inaccesibles, han dado hincapié para promover el desarrollo tecnológico de los equipos de perforación.

El primer pozo se empezó a perforar en Ebano, SLP, el 1 de abril de 1901 sin que obtuviera producción considerable. El primer pozo con producción significativa (1500 Bls/día a 1650 pies de profundidad), fue localizado por el ingeniero mexicano Ezequiel Ordóñez en el cerro de La Pez. Brotó el 3 de abril de 1904. Se descubre uno de los mejores campos de México y el mundo. Hasta la fecha, se han utilizado equipos de perforación muy diversos como se observará en el desarrollo de este trabajo.

Aquí se describirán los principales componentes de los equipos terrestres y marinos. Brevemente se mencionarán sus principales características como: capacidad mecánica, dimensión del equipo, potencia, carga máxima y facilidad de transporte.

El objetivo es familiarizar al lector con los componentes principales de los equipos de perforación, así como mostrarle los utilizados en el país y en algunas partes del mundo. Estos equipos son terrestres, barcasas, plataformas fijas y autoelevables; barcos, semisumergibles y equipos de reciente tecnología, empleados para la perforación de pozos petroleros costafuera.

En la figura 1 se presenta la clasificación de los equipos que actualmente operan en la industria petrolera.

I. EQUIPOS TERRESTRES

Los equipos terrestres se clasifican en equipos convencionales y autotransportables. La diferencia es

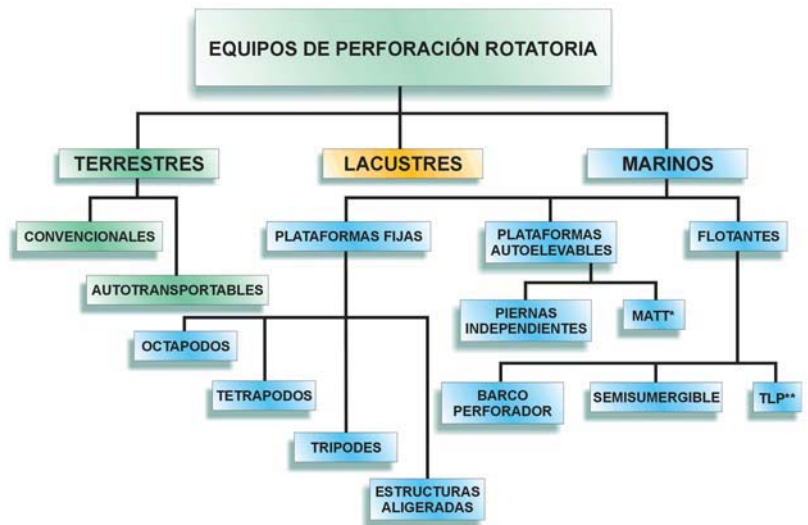


Figura 1

que los primeros tienen mayor capacidad en la profundidad de perforación y los segundos, disponen de un conjunto de malacate-motores C.I. montados sobre un remolque que se autotransporta. Así, cuenta con mayor facilidad de transporte de una localización a otra, pero con menor capacidad en la profundidad de perforación.

Componentes de un equipo de perforación terrestre

Un equipo de perforación terrestre cuenta básicamente con los siguientes componentes: sistemas de elevación y rotación; un mástil que sirve de soporte, una fuente de potencia, y un sistema de circulación.

* MATT- Se le da ese nombre por el arreglo que es parecido a una mantarraya y que es el conjunto de patas y una plancha de la plataforma autoelevable que sirve como base de sustentación y que se posiciona en el fondo para elevar el casco a la altura de trabajo.

**TLP Tension Leg Platforms (plataformas con piernas tensionadas)



Figura 2 equipo de perforación terrestre.

Mástil:

Es una estructura de acero con capacidad para soportar seguramente todas las cargas verticales, las cargas que excedan la capacidad del cable, y el empuje máximo de la velocidad del viento. La plataforma de trabajo tiene que estar a la altura apropiada para sacar la tubería del pozo en secciones de tres juntas de tubo (lingadas) que miden aproximadamente 27m. dependiendo del rango de la tubería. Se erige sobre una subestructura. Ésta sirve para dos propósitos principales, a) soportar el piso de perforación, así como facilitar espacio para el equipo y personal y b) proveer espacio debajo del piso para alojar los preventores de reventones.

La subestructura no sólo soporta el peso de la mesa rotaria, sino el peso completo de la sarta, cuando está suspendida por las cuñas. Los mástiles se clasifican de acuerdo a su capacidad para soportar cargas verticales y a la velocidad del viento que pueda

soportar de lado. El mástil debe soportar el peso de la sarta en todo momento, mientras la sarta está suspendida del block de la corona y cuando descansa en la mesa rotaria.

Las construcciones del mástil son de acero estructural y pueden ser:

- > Portátiles
- > Fijos

Consideraciones para el diseño

- 1) El mástil debe soportar con seguridad todas las cargas (jalón) o soportar cargas que excedan la capacidad del cable.
- 2) Deberá soportar el empuje máximo de la velocidad del viento.
- 3) La plataforma de trabajo tiene que estar a la altura apropiada de las paradas (tramos de tubería a manejar).

Cálculo de la capacidad del mástil (CM)

Para calcular la capacidad del mástil se emplean las fórmulas siguientes:

$$\text{Eficiencia } (\eta) = (\text{carga real} / \text{carga equivalente}) \times 100$$

$$\text{Capacidad mástil} = (\text{Carga suspendida} \times \text{Núm. de cables totales}) / (\eta \times \text{Núm. de cables de la polea viajera}) + \text{peso corona} + \text{peso polea viajera}.$$

Ejemplo

¿Qué porcentaje de la capacidad (η) de diseño del mástil (2 piernas) puede utilizarse si se tienen seis líneas en la polea viajera y ocho líneas en la corona con la línea muerta fija a una pierna derecha del mástil?

Datos

$$T = \text{Tensión en cada cable} = W/6$$

$$\text{Carga total en el mástil} = 8T$$

(T= tensión)

$$\text{Carga centrada absorbida por cada una de las piernas del mástil} = 6T/2 = 3T$$

$$\text{Carga de la línea de la cabría o rápida} = 0.5 T.$$

$$\text{Carga total en una pierna} = \text{carga centrada} + \text{carga}$$

línea muerta + carga línea cabría o rápida
Sustituyendo

Carga total en una pierna = $3T + 1T + 0.5 T = 4.5T$
(η) eficiencia = (carga real / carga equivalente) x
 $100 = (8T/9T) \times 100 = 88.88 \%$

EJEMPLO

¿Cuál será la capacidad del mástil antes señalado si la carga a levantar (carga suspendida) es de 200,000 lb y si se cuenta con un arreglo de poleas de seis líneas?

Capacidad mástil = (Carga suspendida x Núm. de cables totales) / (η x Núm. de cables de la polea viajera) + peso corona + peso polea viajera.

Sustituyendo

C.M. = $(200\,000 \text{ lb} \times 8) / (0.88 \times 6) + 6000 \text{ lb} = 309,030.3 \text{ lb}$

Cap. del mástil con 4 líneas: Es igual 8.75 la tensión del cable (peso al gancho/núm de líneas)

Cap. del mástil con 6 líneas: Es igual 11.25 la tensión del cable (peso al gancho/núm de líneas)

Cap. del mástil con 8 líneas: Es igual 13.75 la tensión del cable (peso al gancho/núm de líneas)

Cap. del mástil con 10 líneas: Es igual 16.25 la tensión del cable (peso al gancho/núm de líneas)

A continuación se presenta una tabla calculada con la tabla de datos prácticos:

Sistema de energía

Para llevar a cabo los trabajos de perforación se cuentan con tres tipos principales de equipos, de acuerdo al sistema generador de potencia:

1.- Sistema diesel mecánico (convencional)

2.- Sistema diesel eléctrico c.d./c.d.

Carga al ancho en toneladas	Num. de línea	Factor	Capacidad del mástil un toneladas
20	4	8.75	109
75	4	8.75	164
100	4	8.75	219
125	4	8.75	273
50	6	11.25	94
75	6	11.25	141
100	6	11.25	188
125	6	11.25	234
50	8	13.75	86
75	8	13.75	129
100	8	13.75	172
125	8	13.75	215
50	10	16.25	81
75	10	16.25	122
100	10	16.25	163
125	10	16.25	203

Tabla 1 datos prácticos para la capacidad del mástil

3.- Sistema diesel eléctrico c.a./c.d

1.- Los equipos de perforación diesel mecánicos (convencional) son aquéllos en que la transmisión de energía - desde la toma de fuerza del motor diesel de combustión interna - hasta la flecha de entrada de la maquinaria de perforación (malacate, rotaria y bombas de lodo), se efectúa a través de convertidores de torsión, flechas, cadenas, transmisiones, cuya eficiencia mecánica varía y generalmente anda por el orden de 60% promedio (figura 3).

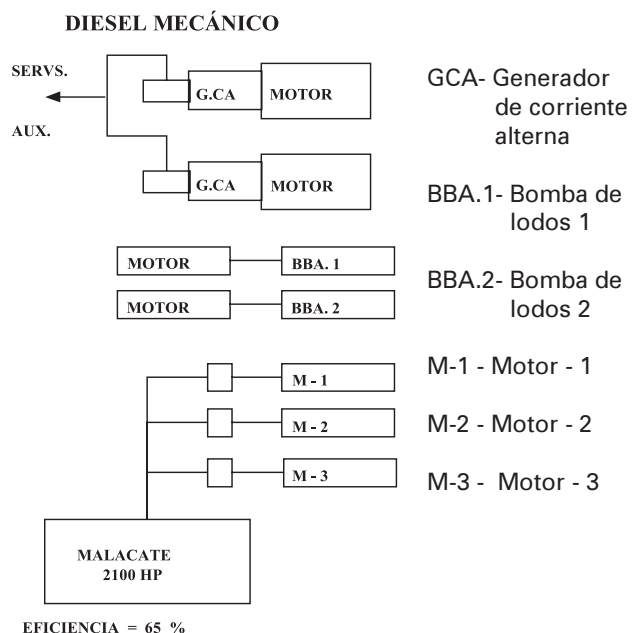


Figura 3

2.- Los equipos de perforación con sistema c.d./c.d. usan generadores y motores de corriente directa que tiene una eficiencia aproximada de un 95%. La eficiencia real en conjunto con la maquinaria de perforación es de 87.5% debido a pérdidas adicionales en los requisitos de fuerza de los generadores por inducción en el campo, soplador de enfriamiento, temperatura en conmutador, escobillas y longitud del cable alimentador. En este sistema, la energía disponible se encuentra limitada por la razón de que sólo un generador c.d. se puede enlazar eléctricamente a un motor c.d. dando por resultado 1600 H.P. disponibles para impulsar el malacate (figura 4).

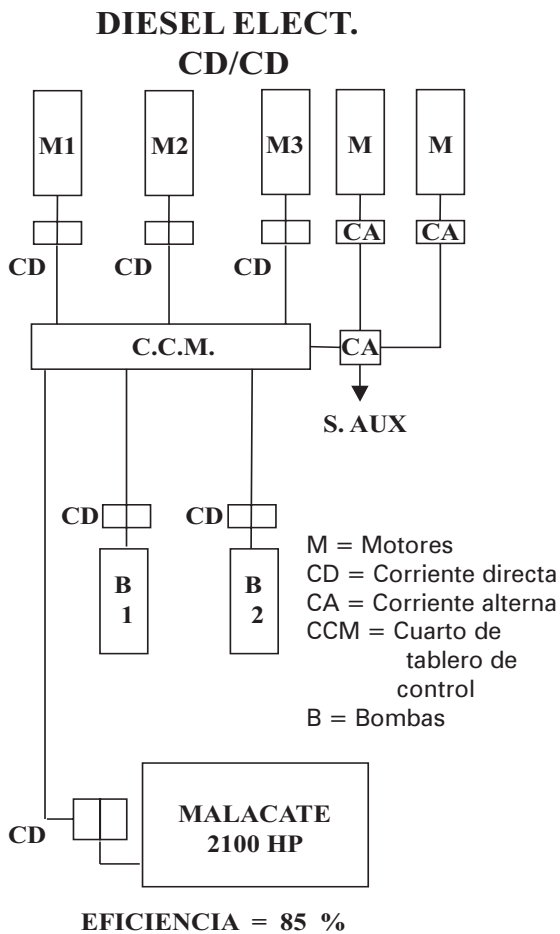


Figura 4

3.- Los equipos de perforación con sistema c.a./c.d. (corriente alterna/ corriente directa) están compuestos por generadores de c.a. y por rectificadores de

corriente (alterna a directa) scr's (silicon controlled rectifier). Obtienen una eficiencia de un 98%; cuya energía disponible se concentra en una barra común (PCR) y puede canalizarse parcial o totalmente a la maquinaria de perforación (rotaria, malacate y bombas) que se requiera.

La ventaja de este sistema es tal que, en un momento dado y de acuerdo a las necesidades, toda la potencia concentrada en las barras podría dirigirse o impulsarse al malacate principal teniendo disponible una potencia de 2000 H.P. (Figura 5).

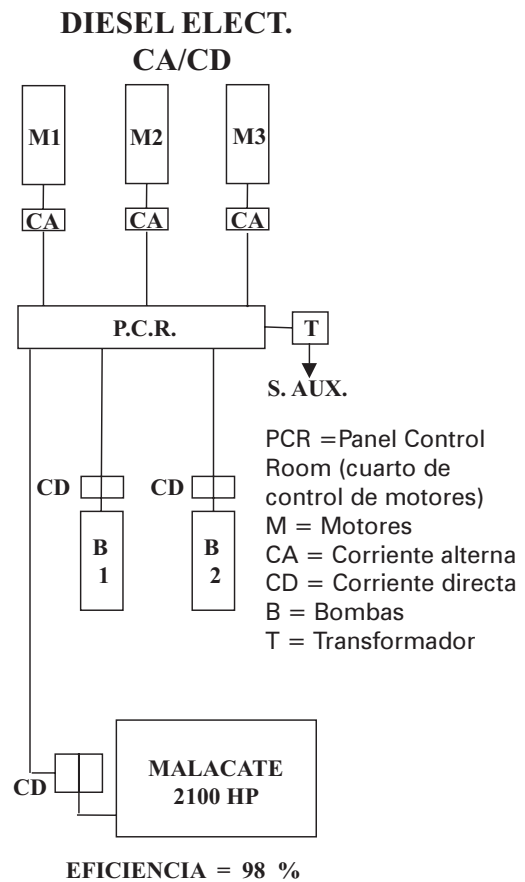


Figura 5

Transmisión de energía

Se tienen dos métodos comunes utilizados para transmitir la potencia hasta los componentes de la instalación: el mecánico y el eléctrico. En una instalación de transmisión mecánica, la energía se transmite desde los motores hasta el malacate, las bombas y otra maquinaria. Se hace a través de un ensamble de distribución que se compone de embragues, uniones, ruedas dentadas, poleas y ejes.

En una instalación diesel eléctrica, los motores suministran energía a grandes generadores que a su vez producen electricidad que se transmite por cables hasta un dispositivo de distribución y de éste a los motores eléctricos que van conectados directamente al equipo: el malacate, las bombas de lodo y la mesa rotaria.

Una de las ventajas principales del sistema diesel - eléctrico sobre el sistema mecánico - es la eliminación de la transmisión de la central de distribución y la transmisión de cadenas, así como la necesidad de alinear la central de distribución con los motores y el malacate. Los motores se colocan lejos del piso de instalación, reduciendo así el ruido de los motores.

Sistema de elevación

El factor más importante para el diseño es la SARTA DE TRABAJO.

Diseño del sistema de elevación

El punto de partida en el diseño de un equipo de elevación debe ser el sistema de aparejo de poleas. La potencia en caballos de fuerza (HP) requeridas para levantar las sargas de trabajo se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{HP} = \text{Fuerza (F)} \times \text{Velocidad (v)}$$

Si F en Kg y v m/seg y 1HP = 75Kg m/seg=4500Kg m/min

$$\text{HP} = \frac{\text{Kg} \times \text{m/seg.}}{75} \quad \text{o} \quad \frac{\text{Kg.} \times \text{m /min.}}{4500}$$

Nota: La fórmula no incluye pérdidas por fricción; cuando éstas se toman en cuenta queda claro que las necesidades de potencia serán mucho mayores.

Sistema de aparejo de poleas

Para reducir la fuerza requerida y sacar la tubería se utiliza el dispositivo mecánico: llamado sistema de aparejo de poleas (figura 6).

Ejemplo: de un aparejo de una polea

El peso (W) de la tubería que está dentro de un pozo es de 136,200 Kg y se eleva a 0.3 m. Por lo tanto se realiza un trabajo que se expresa:

$$\text{TRABAJO} = \text{FUERZA} \times \text{DISTANCIA}$$

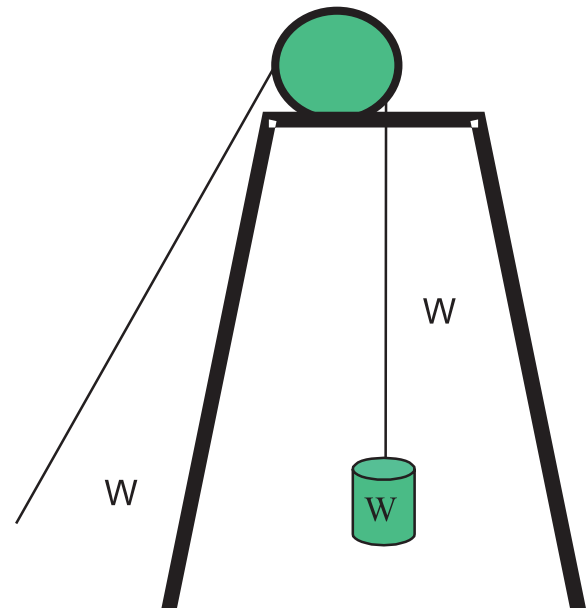


Figura 6

$$\text{TRABAJO} = 136,200 \times 0.3 = 40,860 \text{ kg-m}$$

Si la carga se levanta en un segundo, se tendrá una potencia que se expresa con la fórmula siguiente:

$$\text{POTENCIA} = \text{TRABAJO} / \text{TIEMPO}$$

$$\text{TRABAJO} = 40860 \text{ kg-m}$$

$$\text{POTENCIA} = 40860 \text{ kg-m/s}$$

En el cálculo de los caballos de fuerza (HP) que son necesarios para efectuar el trabajo anterior se desarrolla lo siguiente.

La unidad normal de potencia es el caballo de fuerza (HP) y se expresa en el sistema métrico como :

$$1 \text{ caballo fuerza (HP)} = 75 \text{ kg-m /seg}$$

$$\text{HP} = (\text{kg-m / seg}) / 75$$

$$\text{HP} = (40860) / 75 = 544.8$$

$$\text{HP Requeridos} = 544.8$$

En este ejemplo (figura 6), la distancia del recorrido del cable en el malacate es la misma que recorre la carga, dado que el enrollado del cable es directo.

En la figura 7 el sistema de elevación es diferente. El cable se encuentra enrollado alrededor de 3 poleas en la corona y 2 en la polea viajera (anclado a la piana del mástil). Sin embargo, se requiere hacer el

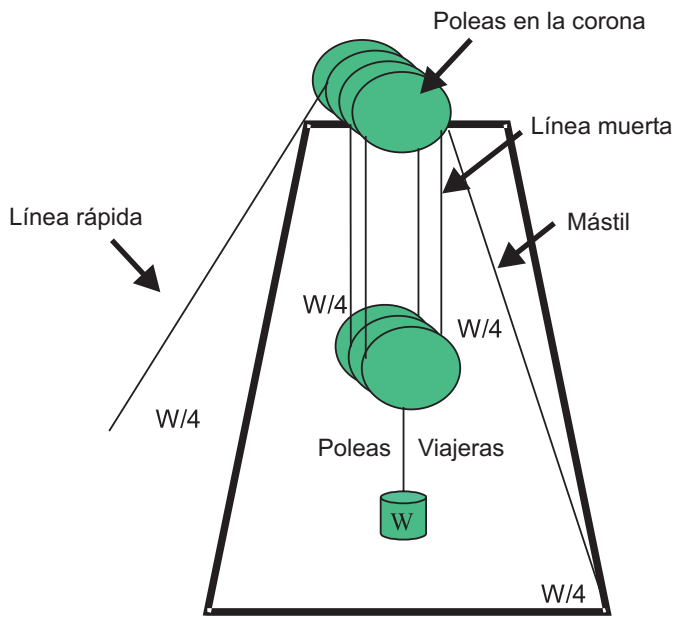


Figura 7

mismo trabajo. Es decir, levantar la tubería a 0.3 m en un segundo y conocer los caballos de fuerza (HP) necesarios para levantar dicho peso aplicando la misma fórmula.

$$HP = \text{Fuerza} \times \text{distancia} / (75 \times \text{tiempo})$$

La distancia que recorre el cable en el malacate para levantar a 0.3 m la carga en este sistema (4 líneas) será:

Distancia recorrida en el malacate = número de líneas x distancia recorrida por la carga.

$$\begin{aligned} \text{Distancia recorrida en el malacate} \\ = 4 \times 0.3 = 1,2 \text{ m.} \end{aligned}$$

Fuerza del malacate = Peso de la carga / núm. de línea del cable aplicando

$$\begin{aligned} \text{Fuerza del malacate} &= 136,200 \text{ kg} / 4 \text{ líneas} = 34,050 \text{ kg.} \\ \text{Trabajo del malacate} &= \text{Fuerza} \times \text{distancia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Trabajo} &= 34,050 \text{ kg} \times 1.2 \text{ m} \\ &= 40,860 \text{ kg-m} \\ \text{Potencia} &= \text{Trabajo} / \text{tiempo} \\ \text{Potencia} &= (40,860 \text{ kg-m}) / 1 \text{ seg.} = 40860 \text{ kg-m/seg.} \\ \text{HP} &= (\text{kg-m/seg.}) / 75 \\ \text{HP} &= (40860) / 75 = 544.8 \\ \text{HP requeridos} &= 544.8 \end{aligned}$$

Combinaciones de aparejos

El número de poleas y el arreglo del cable a través de ellos son importantes. Un fenómeno del sistema de aparejo de poleas es que la carga real en la estructura es mayor que el peso real levantado. Análisis de esfuerzos en el mástil debido a la combinación de aparejos.

Con una polea (figura 8)

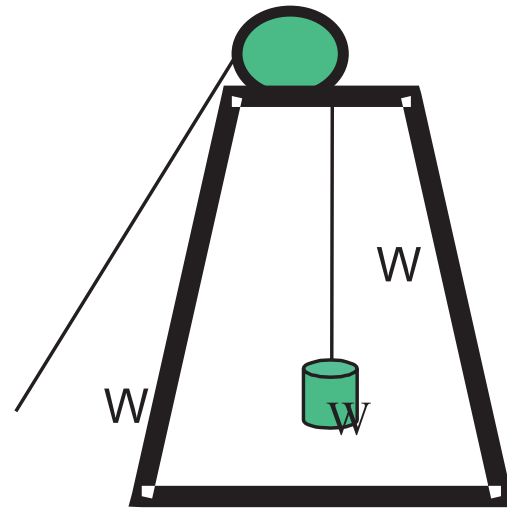


Figura 8

Con aparejo de 3 poleas en la corona y 2 viajeras y ancla en la pierna del mástil (figura 9)

Con el mismo número de poleas, pero con el ancla en la polea viajera (figura 10).

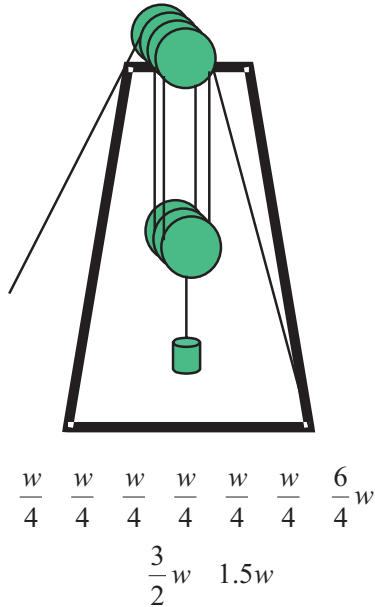


Figura 9

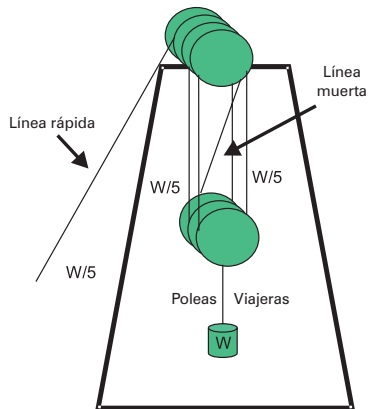


Figura 10

$$\frac{w}{5} \quad \frac{w}{5} \quad \frac{w}{5} \quad \frac{w}{5} \quad \frac{w}{5} \quad \frac{w}{5} \quad \frac{6w}{5} \quad 1.2w$$

Conclusiones :

1. La carga real ejercida sobre el mástil es mayor que la carga por levantar.
2. A medida que aumenta el número de poleas, disminuye la carga real sobre el mástil.
3. Fijar la línea muerta sobre la polea viajera reduce la carga en el mástil.
4. El uso de poleas disminuye la fuerza necesaria entre las líneas para mover una carga dada.

Malacate:

Es la unidad de potencia más importante de un equipo. Por lo tanto, su selección requiere de una mayor cuidado al adquirir los equipos o, en su caso, al utilizarlos en un programa específico.

Los malacates han tenido algunos cambios evolutivos, pero sus funciones son las mismas. Es un sistema de levantamiento en el que se puede aumentar o disminuir la capacidad de carga, a través de un cable enrollado sobre un carrete.



Figura 11 Malacate.

El malacate está instalado en una estructura de acero rígida. Esto permite que pueda transportarse con facilidad de una localización a otra. (Ver figura 11).

Considerando que todos los componentes de un equipo son adecuados, la capacidad del equipo se limita a la carga que el malacate pueda levantar y sostener con seguridad.

Con el propósito de obtener un diseño balanceado del equipo que beneficie en un menor costo y una vida útil mayor de éste, se deberán analizar con cuidado los siguientes factores:

Factores importantes en el funcionamiento de un equipo:

- Potencia de entrada
- Factores de diseño del cable
- Frenos de fricción del malacate
- Dimensiones del carrete
- Relación de velocidad
- Embrague de fricción
- Freno auxiliar (Hidromático)

Potencia de entrada

Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo y causa un desplazamiento se dice que la fuerza realiza un trabajo.

$$T = F \times d.$$

Las unidades usadas para medir el trabajo mecánico cuando la fuerza de una libra actúa a través de una distancia de un pie será:

Lb - pie

La velocidad con que se realiza el trabajo representa la potencia.

$$POT = (F \times d)/t$$

Un caballo de fuerza (HP) es una unidad de potencia. Se dice que se desarrolla un HP cuando se efectúa un trabajo de 33,000 lb-pie en un minuto (o sea 550 lb-pie en 1 segundo)

$$HP = (F \times d)/(t \times 33000)$$

La potencia que se utiliza en el gancho de la polea se representa:

$$Pot. \text{ al gancho} = Wg \times Vg/33000$$

$Wg =$ Peso total levantado en el gancho (lb)

$Vg =$ Velocidad de la tubería en el gancho (pie/min)

33000 = Factor= 550 lbs-pie/seg x 60 seg.

Pérdidas de potencia en el malacate.

Se pierde por fricción en: transmisión + en cadenas de rodillo + en los rodamientos.

Sistemas de poleas + Rozamiento con el cable.

Pot. a manejar = pot. al gancho/eficiencia

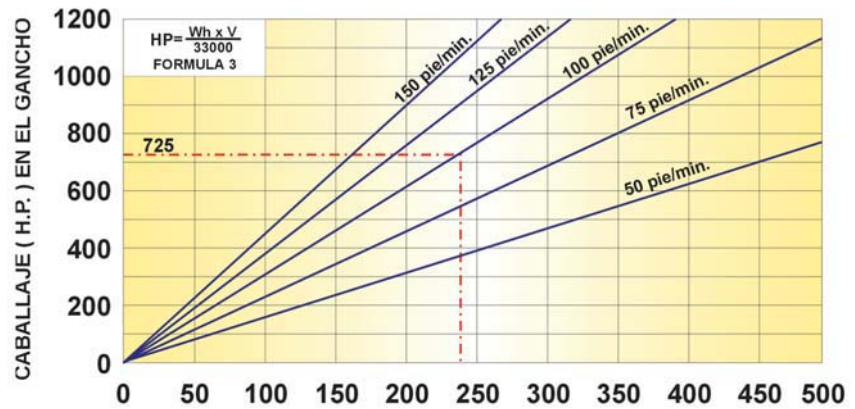
La eficiencia a manejar se puede establecer de E= 75 a 80%

La potencia nominal de los malacates se establece para velocidades al gancho con 8 líneas en la polea viajera:

$$Vg = 90 \text{ a } 120 \text{ pie/min.}$$

Originado por los cambios tecnológicos en la perforación, cada vez es menor el número de viajes requeridos para perforar un pozo. Por lo tanto, la importancia de la velocidad económica del gancho ha disminuido; en consecuencia, podemos aceptar operar con velocidades menores en periodos cortos.

En la gráfica 1 se observa como varía el cabalaje requerido en función de la velocidad de extracción.



Gráfica 1

En la gráfica 2 se observa que al aumentar el peso, aumenta el tiempo de izaje (disminuye la velocidad)

Ejemplo 1:

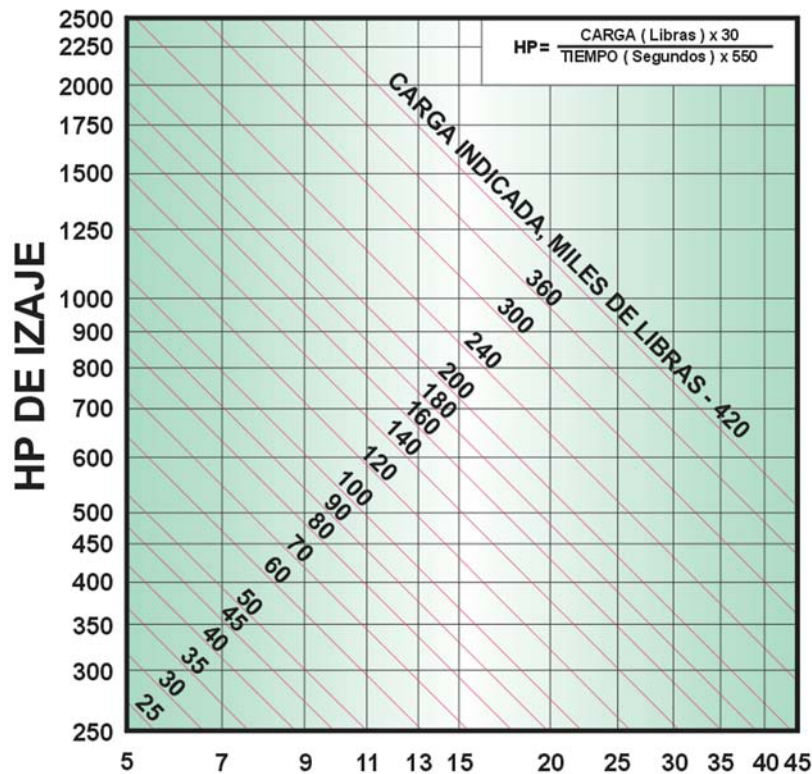
Calcular la potencia en HP de un malacate que levantará un peso de 200,000 lb a una altura de 90 pies en un tiempo de 1 min. , sin considerar pérdidas.

$$HP = F \times d/(t \times 33000)$$

$$HP = (200,000 \times 90)/(1 \times 33,000)$$

$$= (18,000,000/33,000) = 545.45$$

Ejemplo 2:



Gráfica 2

Calcular la capacidad de un malacate que levantará una carga (Wg) de 200,000 lb a una velocidad de extracción (Vg) de 90 pies/min. si su eficiencia de transmisión (E) es del 80%

$$\begin{aligned} \text{HP teórica} &= Wg \times Vg / (33,000) \\ \text{HP teórica} &= (200,000 \times 90) / 33,000 \\ &= 545.45 \end{aligned}$$

Como se tiene una eficiencia de 80% la potencia requerida será :

$$\text{HP requerida} = 546 / 0.80 = 682.5$$

La capacidad del malacate es 683 HP

Nota: Para una potencia determinada, la carga levantada es inversamente proporcional a la velocidad de levantamiento.

$$V1 / V2 = W2 / W1$$

Esto significa que:
A velocidad menor - mayor carga
A velocidad mayor - menor carga

(1) Boletín API RP PB Prácticas recomendadas en la aplicación, cuidado y uso del cable de acero para servicio petrolero 1957 (traducción al español y al sistema métrico decimal por Cables Mexicanos, S.A. con autorización del American Petroleum Institute).

Factores de diseño del cable⁽¹⁾

El cable es un elemento de transmisión entre: el sistema de potencia y el trabajo de levantamiento del aparejo. Este cable se enrolla y desenrolla sobre el carrete del malacate para operar el sistema de poleas. En esta operación el cable se somete a condiciones muy severas, más que cualquier elemento del sistema de potencia.

El cable es doblado y desdoblado cuando corre sobre las poleas y se enrolla y desenrolla en el carrete sometándose a: rozamiento, escoriado, vibrado, torcido, compresión y estirado. Estos factores se dan en su ambiente abrasivo y de pobre lubricación. Por ello, se le debe de aplicar un FACTOR DE SEGURIDAD DE DISEÑO.

La resistencia de un cable depende de su: construcción, resistencia del material y diámetro. El cable que normalmente se usa tiene una construcción clasificada como 6 X 19 Seale con centro de cable independiente.

El número 6, se refiere al número de madejas que rodean el núcleo de cable de acero independiente. El número 19, indica que cada madeja tiene 19 alambres: un alambre central rodeado por nueve alambres delgados y éstos a su vez por nueve alambres más gruesos.

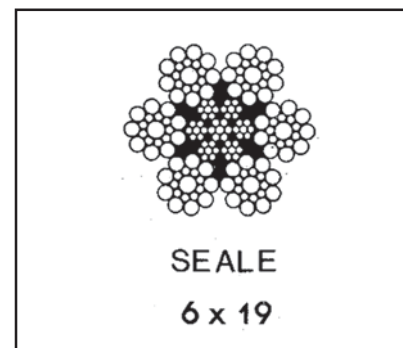


Figura 12

En el diseño Seale el número de alambres internos de cada madeja es el mismo que el número de alambres externos. El material puede ser de alambre de alta resistencia conocido como ACERO MEJORADO o un acero de alta resistencia conocido como ACERO EXTRAMEJORADO (IWRC).

La resistencia del cable (nuevo) es aproximadamente proporcional entre el cuadrado del diámetro nominal del cable. Para el cable de alambre extramejorado (IWRC), la resistencia al rompimiento nominal puede ser aproximadamente igual al multiplicar el cuadrado del diámetro del cable por 100,000 lb.

Ejemplo:

$$\begin{aligned} \text{Diámetro del IWRC} &= 1 \frac{1}{8} \text{ pulg} \\ &= 1.125'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Resistencia al rompimiento nominal } D^2 &= (1.125)^2 \\ &= 1.265625 \end{aligned}$$

$$\text{Resistencia} = 1.265625 \times 100,000 \text{ lb}$$

$$= 126,562.5 \text{ lb} / 2.2046 \text{ (Factor para convertir lb a kg)} = 57408.3 \text{ kg}$$

Los cables tipo cóndor (utilizados en perforación) son cables torcidos hacia la izquierda de 6 torones de 19 alambres cada uno sobre un alma de acero. Los cables tipo halcón son cables torcidos hacia la izquierda de 6 torones de 19 alambres cada uno sobre un alma de fibra.

ESPECIFICACIONES DEL CABLE TIPO CONDOR 6X19 (ALMA DE ACERO)	
DIÁMETRO (pulg)	RESISTENCIA A LA ROPTURACION ACERO EXTRAMEJORADO 6X19 EFECTIVA
0.75	26.7
0.875	36.1
1.00	46.9
1.125	59
1.25	72.5
1.375	87.1
1.5	103
1.625	120
1.75	139
1.875	158
2	180

Tabla 2

Cómo medir el diámetro del cable

El diámetro que se debe medir en un cable de acero, es el del círculo que circunscribe a los alambres más alejados del centro. De las medidas que se pueden tomar con un calibrador es la mayor. Si consideramos un eje transversal de la sección a medir que pase por el centro del cable y simultáneamente por los centros de dos torones opuestos, la distancia entre las tangentes nos da el diámetro correcto del cable.

Siempre existe el peligro de que se forme una coca en un cable, si éste se desenrolla en forma incorrecta.

Un carrete debe ser montado sobre gatos o sobre una tornamesa, de forma que gire mientras se remueve el cable, se debe aplicar suficiente tensión al cable mediante una tabla que actúe como freno sobre el borde del carrete; de esta forma se impide que se afloje el cable en el carrete (figura 14)

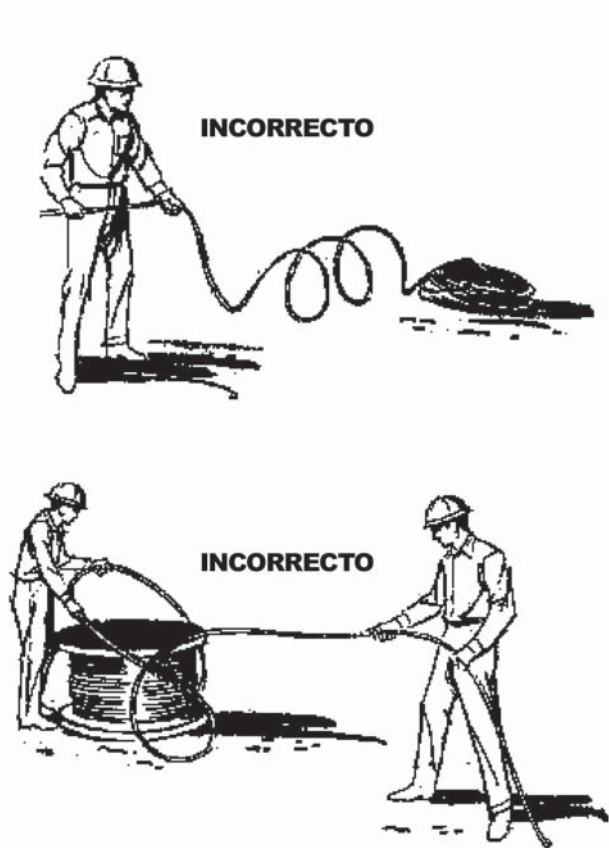



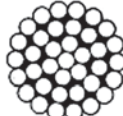











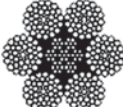






Figura 14

 1 x 7	 1 x 12	 1 x 19	 1 x 37
 3 x 19	 6 x 7	 SEALE 6 x 19	 SEALE 6 x 19
 FILLER 6 x 21	 FILLER 6 x 25	 FILLER 6 x 25	 6 x 26
 WARRINGTON SEALE 6 x 36	 WARRINGTON SEALE 6 x 37	 6 x 41	 6 x 43
 6 x 49	 7 x 7	 8 x 19	 18 x 7

Cortes seleccionados de las construcciones más comunes de los cables de acero

Figura 13



CORRECTO



CORRECTO

ESPECIFICACIONES DEL CABLE TIPO HALCÓN 6 x 19 (ALMA DE FIBRA)	
DIÁMETRO (pulq)	RESISTENCIA A LA RUPTURA (ton) ACERO EXTRAMEJORADO 6x19 EFECTIVA
0.75	23.8
0.875	32.1
1.00	41.7
1.125	52.4
1.25	64.5
1.375	77.6
1.5	91.6
1.625	107
1.75	124
1.875	142
2	160

Tabla 3

Las bobinas se deben desenrollar rodándolas sobre el suelo en línea recta, alejándose de la persona que sujeta el extremo libre del cable. Una bobina también puede colocarse sobre el plato giratorio o tornamesa, como en el caso de los carretes.

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

o corriendo T.R. (tubería de revestimiento)

Nota: Si el cable se usa por debajo de un factor de diseño se dañará permanentemente.

Formula para la eficiencia de la polea =

$$EFP = K^{NL} - 1 / (K^{NP} \times NL (K - 1))$$

Donde:

- EFP= Eficiencia del sistema de poleas (decimales)
- K = Factor de poleas
- NL = Número de líneas hacia arriba
- NP = Número de poleas

El factor de diseño se determina por la siguiente ecuación:

$$F.D. = (RC \times NL \times EFP) / Wg$$

Donde :

- FD = Factor de diseño
- RC = Resistencia a la ruptura (Kg)
- NL = Número de línea hacia arriba de la polea viajera
- Wg = Peso de la carga suspendida (Kg)
- EFP = Eficiencia del sistema de poleas

La capacidad de uso de un malacate quedará limitada por la aplicación segura del cable.

Ejemplo:

¿Qué seguridad de operación se tendrá al utilizar un equipo que funciona con un cable 1 1/8" IWRC 6 x 19, y una carga de 100 toneladas?

Datos: EFP= 0.842 y NL=8

DIÁMETRO DEL CABLE = 1 1/8" - RC = 57,372 kg.

FÓRMULA

$$FD = (RC \times NL \times EFP) / Wg$$

SUSTITUYENDO

$$FD = (57372 \times 8 \times 0.842) / 100,000 = 3.9$$

El resultado (FD = 3.9) indica que el equipo está siendo operado con un margen de seguridad mayor a la que indica la norma API. Importante: en caso de que el FD fuera menor que 2, se tendrá que cambiar el cable por otro de mayor diámetro, o aumentar el número de líneas.

MALACATE HP	CABLE (EIPS-IWRC) DIÁMETRO (pulg)	CARGA MÁXIMA POR 1000 EN LIBRAS AL GANCHO CON 8 LÍNEAS	
		2.0 FACTOR	3.0 FACTOR
750	1 1/8"	439	293
1000	1 1/4"	540	360
1500	1 3/8"	650	433
2000	1 3/8"	650	433
2000	1 1/2"	770	514
3000	1 1/2"	770	514
3000	1 5/8"	892	595
3000	1 3/4"	1034	689

Tabla 4

Recuerde que: la perfecta instalación y buen manejo de los cables, no sólo evita que éstos fallen, además les brinda una larga vida de buen servicio.

De acuerdo a las normas API las eficiencias del sistema de poleas y los factores de la línea rápida se muestran en la tabla 5.

Las siguientes recomendaciones se ofrecen como guía a los diseñadores y usuarios de cable para la selección adecuada del tamaño de la polea.

Aplicando la fórmula: $S = d \times F$.

Donde:

S = Diámetro en el fondo de la ranura en milímetros.

d = Diámetro nominal del cable en milímetros.

F = Factor del diámetro de polea, seleccionado de la Tabla 6.

Num. LÍNEAS	EFICIENCIA POLEA		FACTOR LÍNEA RÁPIDA	
	K=1.09 BUJE	K=1.04 RODILLOS	K=1.09	K =1.04
4	0.810	0.908	0.309	0.275
5	0.778	0.890	0.257	0.225
6	0.748	0.874	0.223	0.191
7	0.719	0.857	0.199	0.167
8	0.692	0.842	0.181	0.148
9	0.666	0.826	0.167	0.135

Tabla 5

Formula para determinar el factor de la línea rápida $FLR = 1 / (NL * EFP)$

Diámetro de las poleas

Variantes para Diferentes Servicios. Debido a la gran diversidad de equipo que usa cable de acero, este tema deberá considerarse en términos de uso final del cable. La vida del cable de acero usado por las diferentes industrias está limitado por una vasta combinación de condiciones de operación.

Entre éstas se encuentran: la flexión del cable sobre las poleas, flexión y aplastamiento en el tambor, condiciones de carga, velocidad del cable, abrasión, corrosión, etc. Cuando las condiciones de flexión sobre las poleas predominan en el control de la vida del cable, las poleas deberán ser del mayor tamaño posible, después de considerar condiciones de economía de manejo, diseño, etcétera.

Clasificación del cable	FACTOR	
	Condición A	Condición B
6 x 7	72	72
6 x 7 Seale	56	37
6 x 19 Seale	51	34
6 x 21 Filler	45	30
6 x 25 Filler	41	27
6 x 31	38	25
6 x 37	27	18
8 x 19 Seale	36	24
8 x 19 Warrington	31	21
189 x 7	51	36

Tabla 6

Instalación de perros o grapas

1.- Tipo y resistencia

El método para instalar perros en los cables es ampliamente usado. Se recomiendan perros forjados del tipo "U" o de doble quijada. Cuando éstos están correctamente instalados se puede obtener, usando este sistema, el 80% de la resistencia del cable.

2.- Doble

Cuando se instalen perros, la longitud del cable que se debe doblar para formar un ojillo, depende del tamaño del cable y la carga que se va a manejar.

Las longitudes y medidas recomendados desde la base de la rozadera se dan en la tabla 7.

3.- Rozadera

La rozadera o guarda-cabo deberá amarrarse inicialmente al cable en el punto que se desee, y entonces se doblará al cable alrededor de la rozadera y se asegurará temporalmente amarrando la punta al cable con alambre.

4.- Instalación del primer perro

El primer perro o grapa deberá colocarse y apretarse aproximadamente a 10 centímetros de la punta corta del cable. La quijada del perro debe descansar sobre la punta larga o cable principal y la "U" sobre la punta corta. Todos los perros deben instalarse en la misma posición (Véase figura 16 a y b)

5.- Posición de la punta corta del cable

La punta corta del cable debe descansar perfectamente sobre la punta larga

6.- Número e instalación de los perros subsecuentes

El segundo perro debe instalarse lo más cerca posible a la rozadera, las tuercas de este perro no deben apretarse totalmente cuando se instala inicialmente.

El número de perros y el espacio que debe exis-

tir entre ellos se da en la tabla 7. Perros adicionales se instalarán a espacios equidistantes, antes de apretar completamente el segundo y los otros perros, se le deberá dar cierta tensión al cable para estirarlo e igualar la tensión en las dos puntas del cable.

7.- Instalación correcta e incorrecta

Cuando los perros se instalan correctamente, la quijada del perro debe estar en contacto con la punta larga del cable y la "U" en contacto con la punta corta como se muestra en la Figura 16 a.

La manera incorrecta de instalarlos se muestra en la misma Figura 16 b.

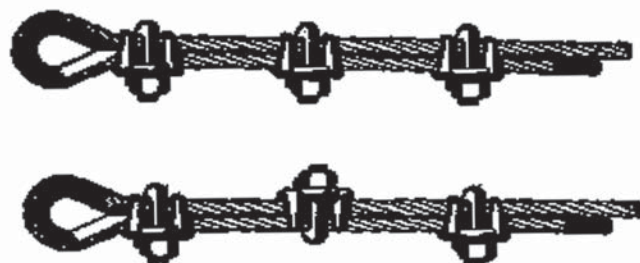
8. - Apretado de las tuercas durante la instalación

Las tuercas del segundo y otros perros adicionales deben apretarse uniformemente alternando unas cuantas vueltas a la tuerca de un lado y luego a la del otro. Se encontrará que aplicando un poco de aceite a las cuerdas del tornillo, pueden apretarse más fácilmente.



FORMA CORRECTA DE INSTALAR PERROS EN UN CABLE DE ACERO

Figura 16 a



FORMA INCORRECTA DE INSTALAR PERROS EN UN CABLE DE ACERO

Figura 16 b

1 Diámetro del cable en pulgadas	2 numero de perros y grapas	3 espacio entre perros en mm	4 longitud de cable doblado excluyendo al ojo en mm
3/8	2	57	127
1/2	3	76	228
5/8	3	95	279
3/4	4	114	457
7/8	4	133	533
1	4	152	609
1 1/8	5	177	889
1 1/4	5	203	1016
1 3/8	6	228	1371
1 1/2	6	254	1524

Tabla 7

9.- *Apretando los tuercas después de usar el cable.* Después de que el cable ha estado en uso por corto tiempo, las tuercas en todos los perros se deben volver a apretar, ya que la tensión tiende a alargar el cable y por consecuencia se obtiene una reducción en su diámetro.

Los sistemas de amarres con perros o grapas deben inspeccionarse con regularidad y asegurarse de que las tuercas estén debidamente apretadas.

10.- *Uso de Nudos*

El uso de nudos con o sin perros no es recomendable ya que deforma y debilita el cable.

Frenos de fricción del malcate

El sistema de frenos de fricción del carrete del malacate es importante para la correcta operación de un equipo. Sus requerimientos generales son:

- . seguridad y confiabilidad
- . efectividad
- . facilidad de mantenimiento

La seguridad y la confiabilidad, se obtiene con diseños cuidadosos y construcciones fuertes de todos los elementos sometidos a cargas en el sistema de frenado.

En gran medida, la efectividad de operación es auxiliada por las características propias del tipo de frenado autoenergizante. Éste cumple con dos características:

1.- Reduce la fuerza que debe ser aplicada para operar el freno.

2.- Se releva asimismo conforme el carrete empieza a girar en la dirección de levantamiento.

El diseño propio de la fuerza de frenado multiplicado por el sistema de articulación, proporciona una ventaja mecánica tan alta como 80:1.

Esta relación alta de fuerzas, permite 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 sólo con el peso de la palanca.

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

$$Q = T1 r (2.718^{(0.0175 af)} - 1)$$

Q = torsión de la banda de frenado (lb-pie)

T1= tensión de la banda en el extremo activo

r = radio de freno (pies)

a = ángulo de contacto de la banda (grados)

f = coeficiente de fricción

Las variables T1, r y a son establecidas por el diseñador.

El coeficiente de fricción de las balatas sobre el aro de acero del freno, no variará mucho de un freno a otro. Por lo tanto, se pueden hacer las siguientes aproximaciones:

0.52 Revestimiento nuevo

0.30 General

El factor 0.30 se utiliza con más frecuencia para :

- Compensar las variaciones en las propiedades del revestimiento.
- Las condiciones de operaciones desfavorables son altas temperaturas por el contacto y contaminación por partículas desgastadas, agua, lodo y aceite.

FACTOR	TORSIÓN DE FRENADO NOMINAL
0.30	135% de incremento
0.35	182% de incremento
0.40	238% de incremento
0.45	314% de incremento

Tabla 8

Para ilustrar el efecto del factor de fricción sobre la torsión de frenado se tiene (tabla 8):

El freno 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.

Ejemplo: Si la tensión en la línea rápida es de 30,000 libras y el radio de trabajo sobre la segunda cama del carrete con un cable de 1 ¼" de diámetro

es de 1.2 pies ¿Cuál será la torsión requerida para mantener el freno?

$$Q_R = TLR \times r_t$$

Q_R = capacidad de torsión requerida

TLR= tensión en la línea rápida

R_t= radio de trabajo

SUSTITUYENDO

$$Q_R = 30,000 \times 1.2 = 36,000$$

Torsión de frenado = 36,000 lb-pie

Dimensiones del carrete principal del malacate

Como la clasificación del malacate y el diámetro del cable están relacionados, el diámetro del carrete debe aumentar con la capacidad del equipo.

El uso de un carrete pequeño y de menor capacidad de la que requiere el equipo causaría esfuerzos máximos en el cable, dañándolo y acortando su vida útil.

Notas:

- El diámetro mínimo del carrete para un malacate debe ser de 20 a 24 veces mayor que el diámetro del cable.
- Con este valor, la resistencia al rompimiento del cable enrollado sobre el carrete, será del 92 al 85% de su resistencia total.

Longitudes mínimas de trabajo de los carretes

La longitud del carrete correcta deberá estar en función a una parada de la tubería de trabajo (doble o triple), de tal manera que se maneje sin que la línea enrollada en el carrete, sea mayor de tres camas.

Precaución

Si existen más de tres camas del cable enrolladas en el carrete, ocurrirá una abrasión sobre el cable y los laterales del carrete.

Para calcular la longitud de los carretes se emplean las fórmulas siguientes:

Diámetro del carrete (dc); Radio del carrete (Rc)
Diámetro del cable (DC)

Long. carrete = (núm. de vueltas x DC/3 + (6 ó 9) = pulg.

$$L_{\text{carrete}} = \frac{L_{\text{parada o lingada}} \times \text{núm. líneas} \times D_c}{2\pi R_c \times 3} + 6 \text{ ó } 9 = \text{pulg}$$

Rc = Radio del carrete

¿Cuál deberá ser la longitud del carrete para un equipo que opera con 6 líneas, y donde la longitud por parada (Lp) es de 59 pies y el diámetro del cable es de 1 1/8" (1.125 pulg).

Datos:

L parada (lingada) = 59 pies = 59 x 12 = 708 pulg

NL = 6

dc = diámetro del carrete mínimo = DC x 20

DC=D. cable = 1.125 pulg

$\pi = 3.1416 = 3.14$

$$\text{Long Carrete} = \frac{L_p \times NL \times D_c}{2 \times R_c \times 3} + 9$$

Calcular el diámetro del carrete mínimo

dc = Dc x 20

sustituyendo:

dc = 1.125 x 20 = 22.5 pulg

Calcular el radio del carrete

Rc = (dc/2) = (22.5/2) = 11.25 pulg

Sustituyendo en la fórmula :

$$L_c = \left[\frac{(708 \times 6 \times 1.125)}{(2 \times 3.14 \times 11.25) \times 3} \right] + 9$$

$$= \left[\frac{(4779)}{(70.65) \times 3} \right] + 9$$

$$= \left[\frac{(4779)}{(211.95)} \right] + 9 = 22.54 + 9 = 31.54$$

Longitud del carrete = 31.54 pulg

Relaciones de velocidad

Antes de calcular las velocidades y cargas de levantamiento del malacate, debe conocerse la relación de reducción de la velocidad entre el impulsor y el carrete del malacate.

Para la obtención de las relaciones de velocidad y revoluciones de la flecha de mando del malacate se hace lo siguiente:

1°. Se divide el número de dientes de la catarina

de entrada del malacate entre el número de dientes de la catarina del motor. El resultado de esta división es la relación de velocidad. Ejemplo: (72/28 = 2.57).

2°. Para la obtención de las revoluciones de la flecha de mando se dividen las rpm del motor entre la relación de velocidad obtenida anteriormente. Ejemplo: (1100/2.57 = 428 rpm)

TRANSMISIÓN	LÍMITE	
	BAJA	ALTA
BAJA	23.158	6.429
SEGUNDA	13.398	3.179
ALTA	8.818	2.448

Tabla 9

Si se opera el malacate con 1100 rpm a la entrada, las seis velocidades del carrete se determinan dividiendo las 1100 rpm entre cada una de las relaciones de la transmisión.

La velocidad de la línea rápida, se toma como la longitud de una vuelta sobre la segunda cama enrollada, multiplicada por las rpm del carrete.

Velocidad línea rápida pies/min =

$$\frac{2 \pi r}{12} \times \text{rpm del carrete}$$

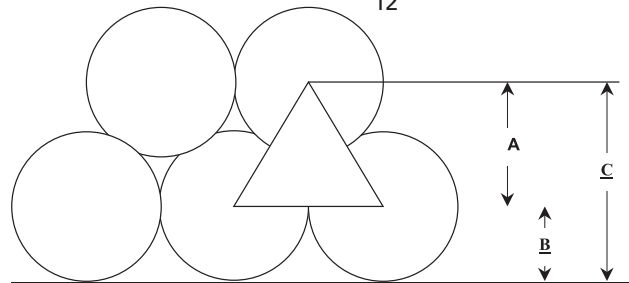


Figura 17

La figura 17 nos permite visualizar la manera en que se calcula la (r) a utilizar, ya que la distancia (C), se deberá sumar al radio del carrete, para obtener dicha (r). A continuación se presenta el valor de (C), de acuerdo al cable utilizado.

Diámetro nominal del cable	A Seno de 60° por el diámetro nominal	B Radio del cable	C = A + B
1"	0.866 * 1 = 0.866	0.5"	1.366
1.125"	0.866 * 1.125 = 0.974	0.5625"	1.5365
1.25"	0.866 * 1.25 = 1.0825	0.625"	1.7075
1.375"	0.866 * 1.375 = 1.190	0.6875"	1.8775

Tabla 10 para calcular el factor de ajuste en el r.

Ejemplo: Para un malacate de 1000 HP con sus relaciones de transmisión igual a la tabla anterior, con un carrete de 25" de diámetro y línea de 1 ¼", y cuya velocidad de entrada al malacate es de 1100 rpm se tiene:

Velocidad en la línea rápida

En el diagrama de relaciones de velocidad se obtiene:

La relación de velocidad del carrete.
Las rpm del carrete.

VELOCIDAD DEL MALACATE						
Embrague del carrete Impulso/carrete	B a j a			A l t a		
	baja	2da	alta	baja	2da	alta
Transmisión	23.15	13.39	8.818	6.429	3.719	2.448
Rev flecha de mando rpm	8	8				
carrete Vel.	47.5	82.1	124.7	171.1	295.8	449.3
Línea rápida	353.4	610.8	927.8	1273	2201	3335
Velocidad del gancho	6 L	59	102	155	212	367
	8 L	44	76	116	159	275
	10 L	35	61	93	127	220

Tabla 11

La (r) utilizada para el cálculo es de 14.21 y se obtiene: Sumando el valor de (c) de la tabla 10 para calcular el factor de ajuste en el r, al radio nominal del carrete que para el cable de 1 ¼" es de 1.7075 al radio del carrete 12.5 obtenemos 14.2075 = 14.21

Es importante determinar las cargas potenciales al gancho que el malacate pueda levantar para cada una de las velocidades con que se cuenta.

Usando las siguientes eficiencias. Tabla 12.

No. de Líneas	Eficiencias de las Poleas (K= 0.9615)
4	0.908
6	0.874
8	0.842
10	0.811
12	0.782

Tabla 12

Considerando el 98% de eficiencia para cadenas y flechas bajo cargas desde la cadena impulsora hasta el carrete, se obtiene la eficiencia total al gancho.

Para calcular la eficiencia del carrete se consideraron 6 cadenas y flechas.

No. Líneas	Eficiencia del malacate	Eficiencia de las poleas	Eficiencia total
6	0.886	0.874	0.774
8	0.886	0.842	0.746
10	0.886	0.811	0.719

Tabla 13

Utilizando las fórmulas:

$$HP = (Wg \times d) / (33000 \times t)$$

$$Pot. Gancho = (Wg \times Vg) / (33000)$$

Donde:

d= espacio a levantar la carga, en pies
Wg= peso a levantar con el gancho en lbs
Vg= velocidad del gancho en pies/min
t= tiempo en minutos

Se pueden determinar las cargas del malacate a diferentes velocidades, como en la tabla 14:

CARGAS MÁXIMAS RECOMENDADAS CON UNA POTENCIA DE 1000 HP y 1100 RPM							
Embrague del carrete		B a j a			A l t a		
Transmisión		baja	2da	alta	baja	2da	alta
Carga total en 1000 lb.	Núm. de líneas 6	(433) 335	250	165	120	70	45
	8 L	(560) 430	325	212	155	90	60
	10 L	(678) 525	390	255	185	110	70
Tensión potencial en la línea rápida = 82,675 lb. Tensión en la línea rápida limitada por el embrague = 63700 lb.							

Tabla 14

Para calcular la tensión y velocidad en la línea rápida se emplean las siguientes fórmulas:

$$TLR = (HP \times 33,000 \times Ef) / (VLR)$$

$$VLR = (2\pi r / 12) \times rpm \quad o$$

$$VLR = Vg \times NL$$

Donde: TLR-en lbs
 HP en caballos de potencia
 Ef-en %
 VLR-en pie/min
 Vg- en lbs
 NL N° de líneas

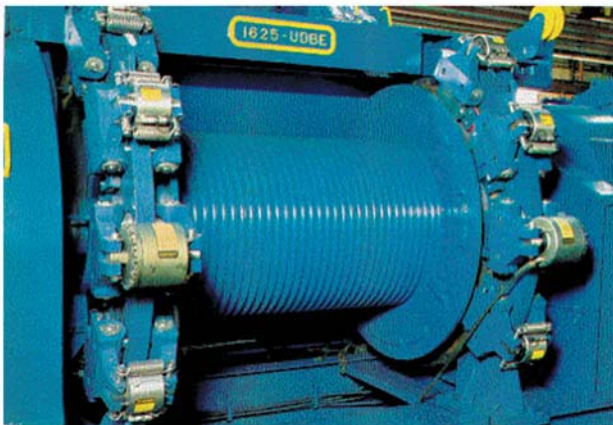


Figura 18. Embrague en el malacate.

Embragues

Los embragues son dispositivos de fricción utilizados para conectar ejes (acelerando los cuerpos conducidos hasta que alcancen la misma velocidad angular que el impulsor).(Figura 18)

Los embragues se pueden clasificar en los tipos siguientes :

- Zapata externa sobre tambor
- Zapata interna sobre tambor
- Disco sobre disco.

Los factores de diseño que son considerados :

- Potencia que debe ser absorbida
- Temperatura a disipar
- Velocidad (rpm)

NOTA: El embrague debe de ser proyectado para que se deslice antes de que ocurra una sobrecarga peligrosa.

Embrague de fricción utilizado en el carrete del malacate

IMPORTANTE: Una regla general para seleccionar un embrague, es ver que la capacidad del embrague de baja sea suficiente para levantar una carga igual a la resistencia normal de rompimiento (factor de diseño = 2).

Fórmula para obtener la capacidad de torsión del embrague

cap. torsión mínima = (resistencia del cable x radio de trabajo del carrete)/ 2.

El radio de trabajo del carrete del cable se obtiene midiendo desde el eje principal del carrete del cable, hasta el centro del cable de la segunda cama.

La longitud de una vuelta de cable de la cama del carrete de un malacate es:

$$Lv = 2 \pi r / 12$$

El r de trabajo que se considera es sobre la segunda cama del carrete, ya que dependiendo del diámetro del cable que se utilice, se obtendrán diferentes torsiones y consecuentemente diversas capacidades de embrague, como se muestran en la tabla15:

Capacidad del embrague

Para verificar la capacidad del embrague se requiere conocer: La potencia que llega al embrague (se con-

Diámetro del cable en pulgadas	Diámetro del carrete en pulgadas	Capacidad de torsión mínima en lbs-pie	Reutilizada en pulg	resistencia del cable en libras
1	20	48,873	11.368	103,180
1 1/8	22.5	69,167	12.789	129,800
1 1/4	25	94,437	14.21	159,500
1 3/8	28	126,797	15.881	191,620

Tabla 15

sidera al 0.9039 de lo especificado). Velocidad de baja en RPM, Velocidad de alta RPM.

Torsión en el embrague de alta y baja (lb-pie)
 Torsión= HP x 5252 / RPM = Lb-pie

NOTA: Con la capacidad del embrague se podrá verificar el factor de diseño de la línea rápida (tensión de la línea, torsión del embrague).

Tipos de embragues neumáticos

Embragues tipo CB (de mayor uso en bombas de lodos y motores del malacate)

Características :

Embrague tipo CB. figura 20

· Se utilizan para altas velocidades

- Tienen un amplio rango de torsión
- Ajuste automático
- Compensan desalineamientos
- Absorben impactos
- No necesitan lubricación

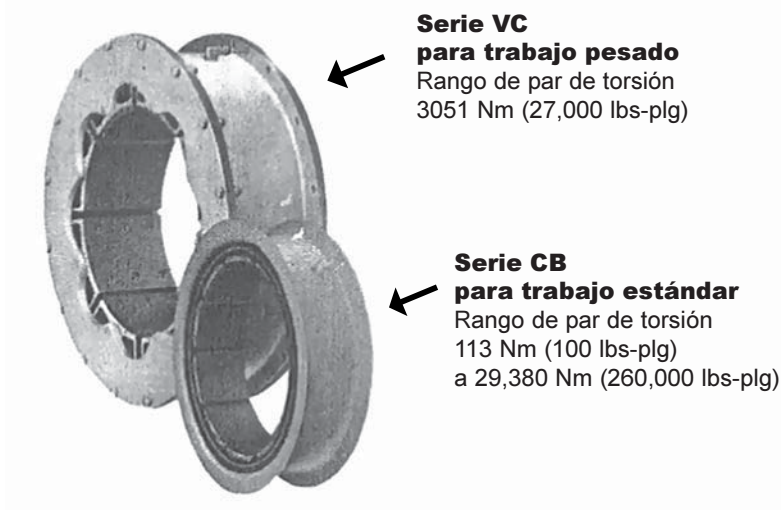


Figura 19

*Nm = Newton - m

$$\text{lbs - pulg} = \frac{N}{9.81} \times 2.2 \times 39.37 = N \times 8.829$$

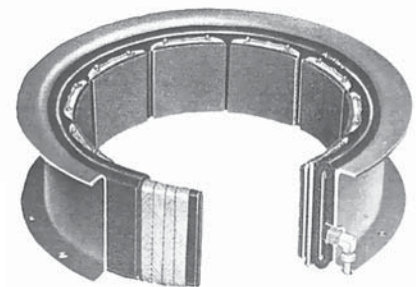


Figura 20

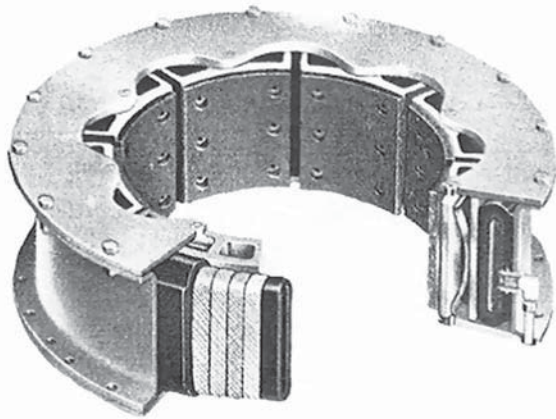


Figura 21

Embragues tipo VC (de mayor uso dentro de los malacates) Figura 21

Características

- Se utilizan en servicio pesado
- Son usados para altas cargas al inicio
- Compensan desalineamientos
- Mayor ventilación
- Bajos costos de mantenimiento

Nota.- también se construyen en ensambles de montajes dobles.

Freno hidromático auxiliar

Importante: el freno hidromático puede reducir la velocidad de entrada de la tubería pero no detenerla, así que se deben prever otros medios para poder hacerlo. La instalación del freno hidromático puede ser directa o indirecta.

Directa

- A través de un cople flexible
- A través de un embrague

La flecha del hidromático está sujeta a una torsión de carga.

Indirecta

- A través de cadenas
- A través de engranes

La flecha del hidromático está sujeta a 2 esfuerzos, de torsión y de flexión.

NOTA: En todas las aplicaciones de montaje indirecto, la velocidad incrementada por la relación del arreglo deberá ser la permitida para la operación del freno, en un 40% arriba de la velocidad recomendada.

Observaciones

La temperatura máxima de salida del hidromático debe ser de 180 °F

La velocidad máxima de descenso será de 300 pies/min.

Cálculos del flujo requerido para el hidromático a través de fórmulas

La cantidad de agua requerida se puede calcular conforme a los siguientes casos:

- a) Cálculo del flujo mínimo requerido a través del freno hidromático (gpm).
- b) Cálculo de la cantidad de agua requerida para la carga inicial del gancho (gal).
- c) Cálculo de la cantidad de agua requerida para las secciones de tubo (gal).

Cálculos de flujo mínimo requerido a través del freno hidromático (Q).

$$Q = \frac{W_3 V}{778.3 (8.34) (T_2)}$$

- Q = flujo mínimo para el freno hidromático (gpm)
- W3 = peso total del gancho (lb)
- V = velocidad de descenso del tubo (pies/min.)
- T2 = aumento de temperatura a través del freno (° F)
- W1 = carga inicial del gancho (lb)
- W2 = peso de cada grupo de secciones de tubo (lb)
- N = número de secciones de tubo (pies)
- T1 = aumento de temperatura en depósito de suministro (° F)

Ejemplo

V = velocidad de descenso del tubo (pies/min.)
= 150 pies/min.

W1 = carga inicial del gancho (lb)
= 5000 lbs

W₂ = peso de cada grupo de secciones de tubo
(lb) = 1108 libras

N = número de secciones de tubo (pies) = 133 secciones

T₁ = aumento de temperatura en depósito de suministro (° F) = 50° F

T inicial = 100 °F

Calcular el peso total del gancho (W₃)

Fórmula

$$W_3 = W_1 + NW_2$$

$$W_3 = 5000 + 133 (1108) = 152,364 \text{ Lb.}$$

Calcular el aumento de temperatura del fluido del freno (T₂)

Fórmula

$$T_2 = 180 \text{ F} - (T \text{ inicial} + T_1)$$

$$T_2 = 180 \text{ ° F} - (100\text{°F} + 50\text{°F}) = 30\text{°F}$$

sustituyendo en la fórmula inicial

$$Q = \frac{W_3 V}{778.3 (8.34) (30)}$$

$$Q = \frac{152364 (150)}{778.3 (8.34) (30)}$$

$$Q = 117.36 \text{ gpm}$$

Un aumento en W₃ o en V aumentará el flujo requerido (Q), que es necesario para mantener una temperatura de salida por debajo de los 180 ° F.

Cálculo de la cantidad de agua requerida para la carga inicial del gancho.

$$G_1 = \frac{W_1 D}{778.3 (8.34) (T_1)}$$

G₁ = cantidad de agua requerida para la carga inicial del gancho (W₁) (gal)

W₁ = peso inicial del gancho (lbs)

D = profundidad del pozo (pies)

T₁ = aumento de temperatura en depósito de suministro (°F)

Ejemplo:

Si D = 12000 pies

W₁ = 5000 libras

D = 12000 pies

T₁ = 50 °F

Sustituyendo

$$G_1 = \frac{5000 (12000)}{778.3 (8.34) (50)}$$

$$G_1 = 185 \text{ gal}$$

Cálculo de la cantidad de agua requerida para las secciones de tubo (descenso) G₂

$$G_2 = \frac{SW_2 L}{778.3(8.34) (T_1)}$$

G₂ = cantidad de agua requerida, secciones de tubos (gal)

S = suma de tubos de descenso

W₂ = peso de un grupo individual de secciones de tubo

L = longitud de un grupo (pies)

T₁ = aumento de temperatura en depósito de suministro (oF)

D = profundidad del pozo (pies)

N = número de secciones de tubo

Ejemplo:

W₂ = 1108 libras

L = 90 PIES

D = 12000 pies

Calcular el numero de secciones del tubo

$$N = D/L = 12000/90 = 133$$

Calcular la suma de descensos

$$S = (N_2 + N)/2$$

$$S = (133^2 + 133)/2 = 8911$$

Sustituyendo valores en la formula

$$G_2 = \frac{SW_2 L}{778.3(8.34) (T_1)}$$

$$G_2 = 2738 \text{ galones}$$

G₃ = cantidad total del agua requerida

$$G_3 = G_1 + G_2 = 185 + 2738 = 2923 \text{ galones}$$

Advertencia: nunca debe dejar descender la carga en caída libre y retardarla mediante el suministro de fluido al freno hidromático.

sujetan a la sarta de perforación para permitir al perforador bajar o subir la sarta en el agujero. Los elevadores se aseguran al gancho, por medio de eslabones o asas.

Frenos hidromáticos y/o magnéticos velocidades , torques y presiones máximas

MODELO	PRESIÓN MÁXIMA P.S.L.	VELOCIDAD MAXIMA RPM	TORSIÓN
15 D.R.	25	2300	6,500
V 80	25	1550	55,000
341	15	600	95,000
342	15	600	185,000
46 R.C	15	500	155,000
60 R.C.	15	375	190,000
BAYLOR 7838	Req. 150 gal/min/enfriamiento		117,000
BAYLOR 6032	Req. 75 gal/min/enfriamiento		55,000

Tabla 16

Block y cable de perforación

El block viajero, (Figura 22) el de la corona y el cable de perforación constituyen un conjunto cuya función es soportar la carga que está en la torre o mástil, mientras éste se mete o se saca del agujero.

El bloque de corona es un arreglo de poleas montadas en vigas, en el tope de las torres de perforación. Durante la perforación, la carga consiste del gancho, la unión giratoria, la flecha, la tubería de perforación, la porta barrena y la barrena.

El cable de perforación generalmente está construido de cable de acero de 1 1/8 y 1 1/2 pulgadas (2.86 a 3.81 cm). El desgaste del cable se determina por el peso, distancia y movimiento de un cable viajando sobre un punto dado. La operación de guarnir casi siempre se lleva a cabo antes de elevar el mástil. La parte del cable que sale del malacate hacia el bloque de corona, se llama línea viva - viva por que se mueve mientras se sube o se baja el bloque de aparejo en la instalación. El extremo del cable que corre del bloque de corona al tambor alimentador también se asegura. Esta parte del cable se conoce como línea muerta - muerta porque no se mueve una vez que se ha asegurado.

El gancho del bloque de aparejo se conecta a una barra cilíndrica de acero llamada asa, que soporta la unión giratoria o cabezal de inyección.

Los elevadores son un juego de abrazaderas que

El equipo rotatorio

El equipo rotatorio consiste de la unión giratoria, la flecha, la mesa rotatoria, la barra maestra y la barrena.

El término "sarta de perforación" se refiere sencillamente a la tubería de perforación y el portabarreras. Sin embargo, en

la jerga petrolera, "sarta de perforación" a menudo se utiliza refiriéndose a todo el ensamble.

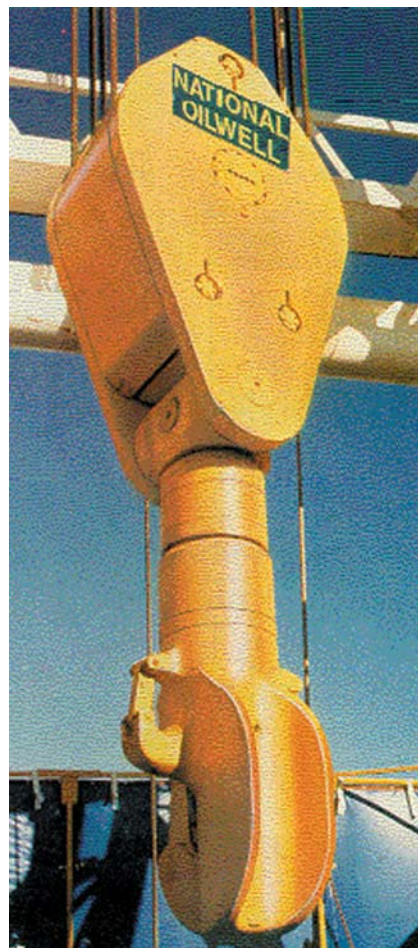


Figura 22. Block viajero.



Figura 23. Mesa rotaría.

La unión giratoria o cabeza de inyección, va conectada al bloque de aparejo por una enorme asa. La unión giratoria tiene tres funciones básicas: soportar el peso de la barra maestra, permitir que la barra maestra gire y proveer un sello hermético y un pasadizo para que el lodo de perforación se bombee por la parte interior de la barra maestra.

La flecha y mesa rotatoria

La flecha es una pieza de tubo cuadrado o hexagonal aproximadamente de 40 pies (12 m) y que forma el extremo superior de la barra maestra. Además, transmite la rotación a la sarta y a la barrena. La válvula de seguridad del cuadrante es una válvula especial que aparece como un bulto en la parte superior del cuadrante. Puede cerrar para aislar la presión que sale por la sarta de perforación.

El extremo superior del cuadrante o flecha se conecta a la unión giratoria y su extremo inferior va conectado a la tubería de perforación.

La unión sustituta del cuadrante o unión sustituta es un cople corto que va enroscado a la parte inferior del cuadrante.

Sistema TOP DRIVE

El "Top-Drive" se compone de una unión giratoria, motor eléctrico DC (el motor de AC está en desarrollo), frenos de disco para cualquier orientación direccional y un freno de inercia; de un sistema para controlar el torque, sistemas de control remoto para controlar el gancho, sistema de contrabalanceo para duplicar las funciones del amortigua-

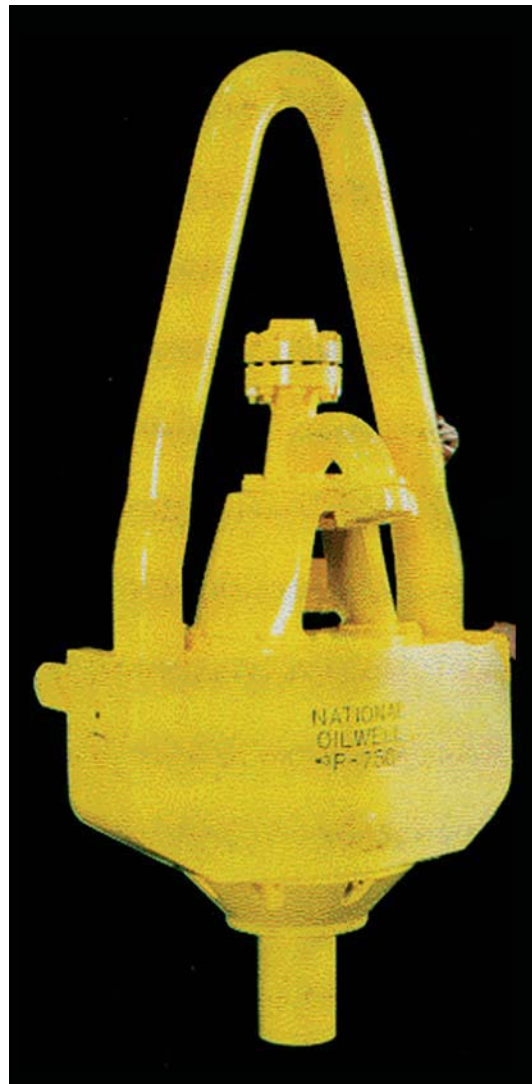


Figura 24. Unión giratoria (Swivel).

miento del gancho convencional, válvula de control inferior, elevador bi direccional para enganchar lingadas y elevadores de potencia. Éstos últimos son opcionales. Figura 25

Aplicaciones:

Para perforar pozos desviados, horizontales multilaterales y bajobalance.

Beneficios:

- Elimina dos tercios de las conexiones al perforar con lingadas triples.
- Mantiene la orientación direccional en intervalos de 90 pies, y reduce el tiempo de supervisión (survey time) mejorando el control direccional.

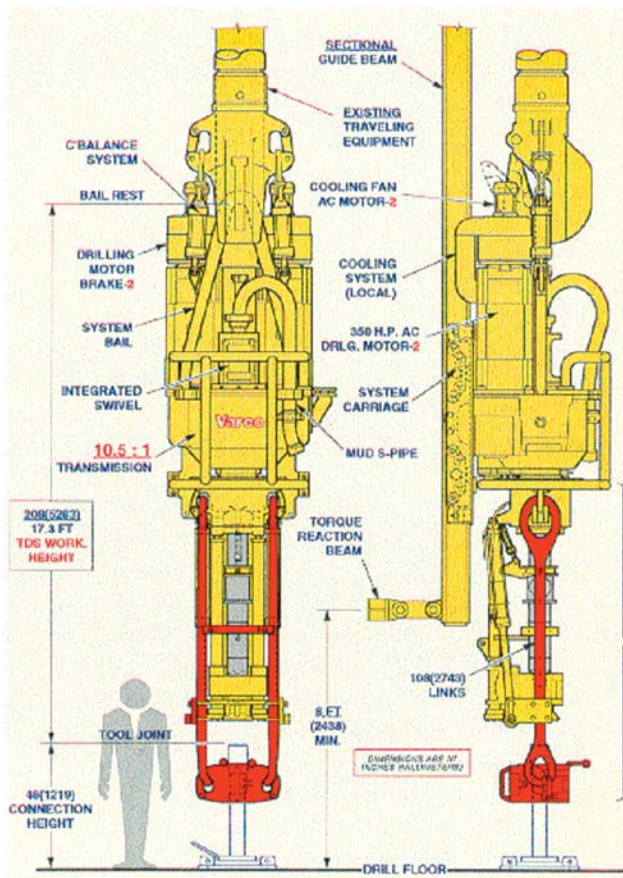


Figura 25. Top Drive TDS-9S.

Especificaciones:

Motor eléctrico

Guía de torsión CANRIG que cancela la contra torsión de perforación

Existen equipos portátiles o fijos

Procedimiento para desmantelar, transportar e instalar equipos de perforación convencionales y diesel eléctricos

- 1.- Sacar auxiliares.
- 2.- Bajar rotaria, swivel (unión giratoria) y flecha.
- 3.- Desmantelar bombas presas y tanques de lodo.
- 4.- Despejar frente.
- 5.- Bajar mástil siguiendo instrucciones de acuerdo del mástil que se trate.
- 6.- Desguarnir cable.
- 7.- Desarmar mástil.
- 8.- Desencadenar transmisiones y líneas neumáticas y de combustible. En el caso de equipos diesel eléctrico se debe desconectar el sistema eléctrico.
- 9.- Bajar maquina y malacate. Para equipos diesel eléctricos bajar motores eléctricos, freno magnético, toma de fuerza y caseta del perforador
10. Desarmar subestructuras liberando las pizarras.
- 11.-Levantar pizarras.
- 12.-Transportar presas y tanques de lodo colocándose en su lugar.
- 13.-Transportar bombas e instalarlas.
- 14.-Transportar y colocar las pizarras en su lugar.
- 15.- Transportar y armar subestructura.
- 16.- Transportar y subir malacate según instrucciones.
- 17.- Transportar y subir máquinas.
- 18.- Encadenar transmisiones.
- 19.- Transportar y colocar plantas de luz tanques de agua y diesel en su lugar.
- 20.- Transportar y colocar bomba payner, bomba de agua y caseta de herramientas en su lugar.
- 21.- Transportar e instalar rampas de material químico.
- 22.- Transportar y armar mástil.
- 23.- Transportar carrete de cable y guarnir.
- 24.- Levantar mástil siguiendo instrucciones.
- 25.- Armar frente (transportar conductor, auxiliar, rotaría, swivel, flecha, herramienta y tubería de perforación.

- Toma núcleos en intervalos de 90 pies sin tener que hacer conexiones.
- Se tiene perforación horizontal en tramos de 90 pies.
- Mejora la eficiencia en perforación bajo balance

Se puede escarear y circular durante los viajes.

- Se puede circular y rotar mientras se viaja en pozos horizontales.
- Mejora la seguridad en el manejo de la tubería.

Se tiene para perforación en tierra o costafuera.

Sistemas compactos para acoplarse a la mayoría de los equipos de perforación.