



**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**

Departamento de Geología, Minas y Petróleo

**“Evaluación Técnico-Económica del rendimiento de
las brocas empleadas en la perforación de pozos de
desarrollo, en un campo del Oriente Ecuatoriano”**

Tesis de Grado

**Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERO DE PETROLEOS**

PRESENTADA POR:

Alberto Alvarez García



**Guayaquil-Ecuador
1982**

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO**

**"EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DEL RENDIMIENTO DE
LAS BROCAS EMPLEADAS EN LA PERFORACION DE POZOS DE
DESARROLLO, EN UN CAMPO DEL ORIENTE ECUATORIANO".**

**TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:
INGENIERO DE PETROLEOS**

**PRESENTADA POR:
ALBERTO ALVAREZ GARCIA**

GUAYAQUIL, ECUADOR

1982

D E D I C A T O R I A

**A LUISA, MI MADRE QUERIDA,
POR SU ABNEGADA LABOR Y SA
CRIFICIO.**

..

A G R A D E C I M I E N T O

AL ING. DANIEL TAPIA F.,
DIRECTOR DE TESIS, POR SU
AYUDA Y COLABORACION PARA
LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

A LOS INGS. LYO ROSERO,
EDGAR SAENZ Y COMPAÑEROS
DE CEPE QUE COLABORARON
CON LA REALIZACION DEL
PRESENTE TRABAJO.

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

f.)

INDICE

	Pág.
Introducción	1
CAPITULO I	
Generalidades	4
1.1. Revisión Histórica	4
1.2. Función de las brocas, partes constitutivas	8
1.3. Brocas de insertos de carburo de tungsteno y con dientes de acero. Operaciones y desgaste	14
CAPITULO II	
Consideraciones teóricas	46
2.1. Condiciones litológicas del campo	46
2.2. Estudio de 4a zona de perforación	48
2.3. Correlación de pozos en estudio	49
2.4. Definición de topes y bases	49
CAPITULO III	
Perforación de pozos	52
3.1. Clasificación de pozos	52
3.2. Condiciones y parámetros	53
3.3. Hidráulica de perforación	60
3.4. Programa de brocas	65
Brocas utilizadas durante la perforación de un pozo	67
CAPITULO IV	
Estudio económico del rendimiento de las brocas	77
4.1. Fórmulas empleadas	77
4.2. Evaluación económica para los diferentes tipos de formaciones	79
CAPITULO V	
Optimización de la utilización de brocas para la perforación de pozos	90
5.1. Parámetros que inciden en la selección del mejor programa de brocas	50
5.2. Evaluación de un programa óptimo de brocas para las condiciones del campo en estudio	90

CAPITULO VI

<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	103
<i>Diagramas. Profundidad-horas rotando</i>	104
<i>Cuadros comparativos</i>	
<i>Bibliografía</i>	109

INTRODUCCION

La barrena (o mecha, o broca, o trépano) es el elemento cortante que primero ha de mencionarse en la sarta de perforación.

Se puede decir que propiamente la broca es la única herramienta del equipo cuyo servicio avanza el trabajo de perforación a medida que va profundizándose en el pozo.

Los elementos cortantes efectúan una acción combinada de molino, martillo y cincel, rotando a la vez, impulsados por el vástago (o columna de perforación).

La broca se enrosca al extremo inferior de una columna compuesta de barras suspendidas de una sarta de tubería. La barra se cuelga de otra barra cuadrada llamada "el cuadrante" (o Kelly). La torre (o cabria) soporta todo el conjunto mediante una corona, un cable de acero, un bloque (o polea) y un gancho (o suivel).

La mesa rotaria hace que el cuadrante gire, a la vez rotando la columna y la broca. La broca está diseñada de tal forma que permite la circulación del fluido de perforación por su interior, el cual es bombeado para mantener limpio de ripios el fondo del pozo, a través de unos orificios o boquillas y regresando por el espacio anular entre la pared del pozo y la columna de perforación.

La columna ^{→ ¿cual?} suministra eso, fluido de perforación y medios de soporte. La bomba y el fluido remueven los ripios para ayudar el buen trabajo de la broca. La torre, el cable y los bloques hacen posible la bajada y la subida de la broca para reemplazarla cuando está descañada.

Los "dientes" de la broca están colocados en conos independientes que giran libremente en su propio eje.

Las brocas se clasifican según el tipo de formación donde se vayan a usar y su diseño con respecto a los dientes, es función de la dureza de esas formaciones. El largo de los dientes decrece a medida que la dureza de la formación aumenta.

Cuando se dice "peso sobre la broca" se refiere al peso que está aplicado directamente a la formación por la broca. El peso sobre la broca es @1- ción de los lastrabarrenas & Estos deben pesar un 40% más d& peso sobre la broca hecomendada.

La sarta de perforación siempre tiene un peso mayor que el peso recomendado sobre la broca. Por consiguiente parte del peso de la sarta de perforación está sostenido por el gancho, lo que indica que la tubería está en tensión en la parte superior, sección "A" y la otra parte, que representa el peso sobre la broca, estará en compresión. Por lo tanto existirá un punto (N) que no estará ni a tensión ni a compresión. (fig. A)

Este punto se lo llama "punto neutro" y siempre deberá estar en los lastrabarrenas.

Si el punto neutro queda en la tubería de perforación es un punto propio para una falla de la tubería.

El peso de la broca es despreciable, en comparación al peso de la sarta de perforación.

$$PSB = \phi b \times wb \quad (A)$$

PSB = peso máximo sobre la broca (lbs.)

ϕb = diámetro de la broca (pulgs.)

wb = peso sobre la broca (lbs./pulg.)

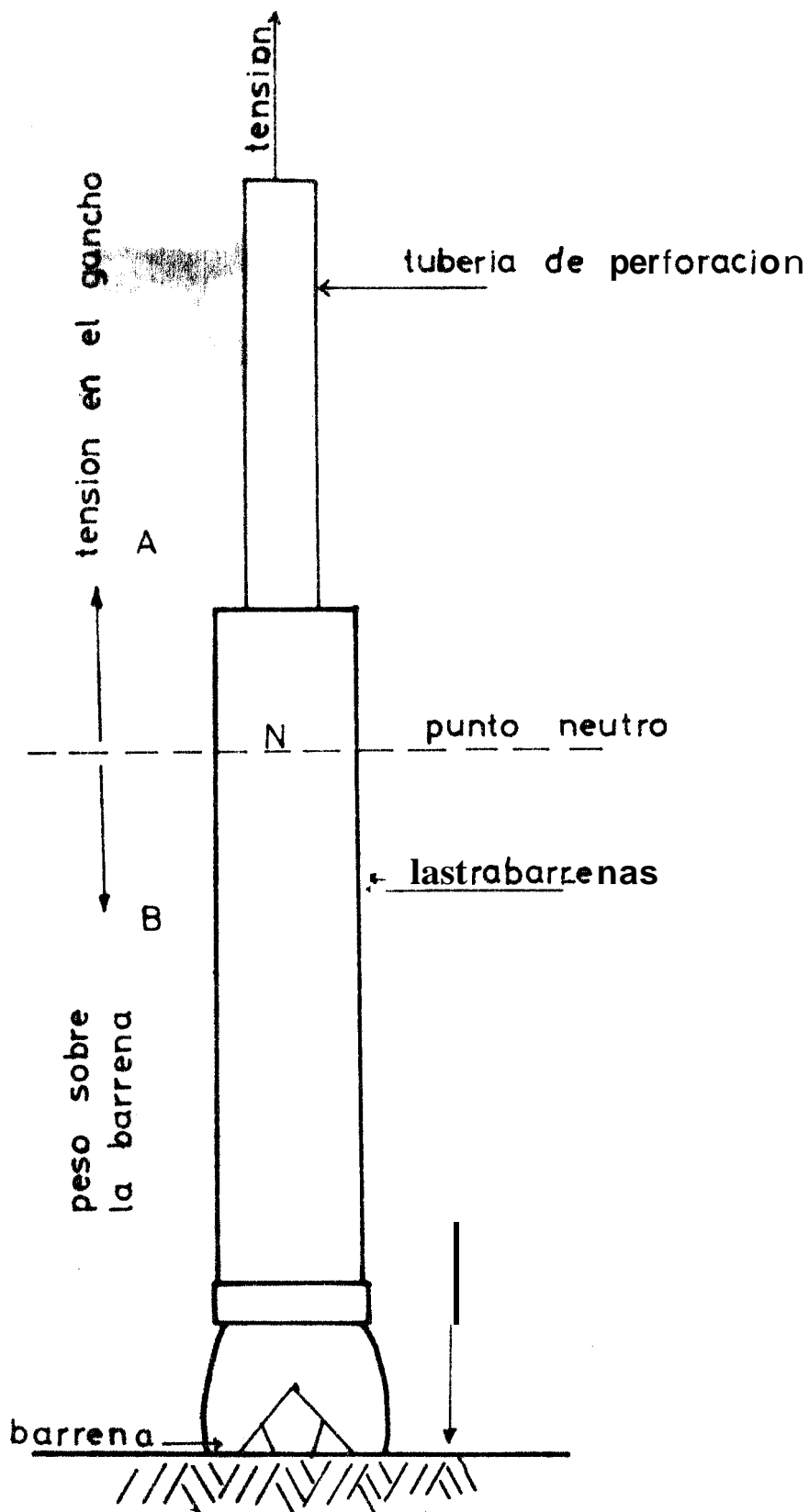
$$Llb = \frac{PBS \times Wlb}{Wu} \quad (B)$$

Llb = longitud de las lastrabarrenas (pies)

Wlb = peso de lastrabarrenas (1.4)

Wu = peso unitario de lastrabarrenas (lbs./pie)

Es decir, que para hallar el peso máximo sobre la broca y la longitud de los lastrabarrenas debemoa aplicar las ecuaciones (A) y (B).



RELACION ENTRE PESO DE LA BARRENA
Y PESO DE LAS LASTRABARRENAS

CAPITULO 7

GENERALIDADES

Un análisis estadístico a través de "BIT RECORD" de pozos perforados en La Cuenca Oriental durante 1980, donde específicamente se perforan las formaciones TTYUYACU, TENA, HOLLIN y PREHOLLIN (los chert).

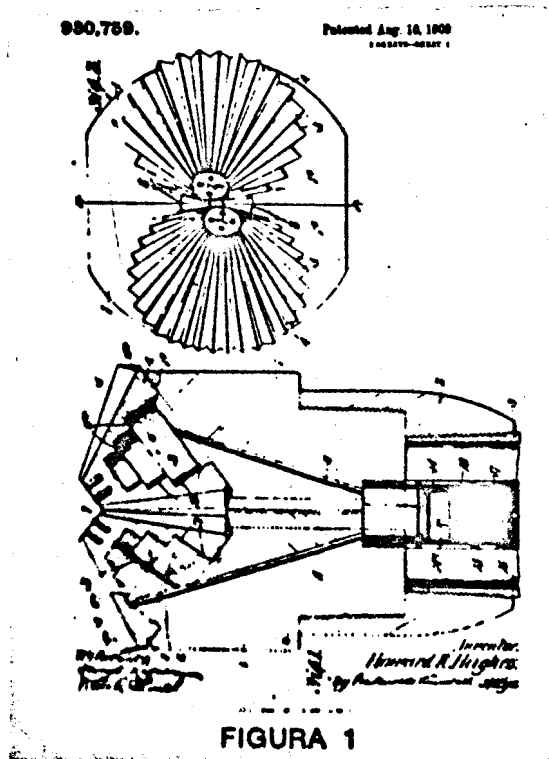
En la columna de perforación, el trépano o broca juega un papel muy importante, ~~esta~~ Tritura la formación en pedazos pequeños que son transportados por el fluido de perforación a través del espacio anular a la superficie.

La selección del tipo de broca que va a utilizarse en una determinada formación, es para el ingeniero de perforación uno de los problemas de mayor interés, porque está íntimamente relacionada con: tipo de litología, fluido de perforación, peso sobre la broca, número de revoluciones de la mesa rotaria, etc., Lo que determina la vida de la broca, incidiendo directamente en los costos de perforación.

- 1.1. REVISION HISTORICA.- Con el descubrimiento del yacimiento de Spindle top cerca del Beaumont, Texas en 1901, se pusieron en evidencia todas las ventajas del proceso de perforación rotaria, el que fue reemplazado a todos los otros métodos de perforación de pozos de petróleo. Las brocas de arrastre, a discos, a rodillos, en cruz y a diamantes, han sido empleados extensamente. Sin embargo, la broca a rodillo se emplea hoy universalmente y casi exclusivamente en la perforación rotaria.

La broca de dos conos introducido en 1909 fue ~~el~~ ^{la} primera que utilizó con éxito las estructuras cortadoras que rotan en el fondo del pozo. (fig. 7). La estructura cortadora de la broca con dos conos permitió

que los dientes de acero fueran relativamente largos y fuertes.



brocas de doa conoa

Los dientes fueron maquinados sobre los conos y éstos están montados sobre cojinetes en voladizo. EL lubricante contenido en un depósito en cada una de las patas de la broca, es impulsado o forzado hacia los cojinetes para reducir la potencia necesaria para que la broca hata.

Con la introducción de los conos autolimpiantes en el año 1924, las brocas de doa conos estuvieron en condiciones de perforar efectivamente una variedad de formaciones (fig, 2).

Conos Autolubricados

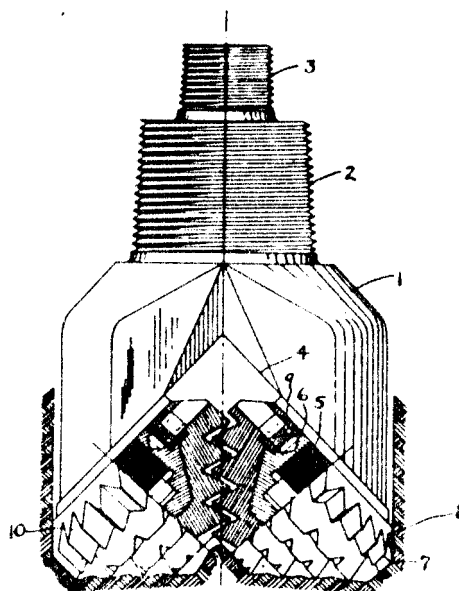


FIGURA 2

Las partículas de terrenos se eliminaban de los espacios entre dientes por acción de los dientes del otro cono en dichos espacios. Además, al entrelazar los conos, se hizo posible obtener más espacio para cojinetes más grandes y mayor profundidad de los dientes..

En 1926, con la introducción del cojinete antifricción a rodillos y bolillas, el cual era lubricado únicamente por el fluido de perforación, se logró una mayor duración del primitivo cojinete.

En los comienzos del año 1929, se alargó más la vida del trépano con la aplicación a soplete de carburo de Tungsteno, para endurecer las caras de los dientes a fin de combatir la abrasividad de los terrenos.

Los tres conos introducidos desde el año 1931 a 1933, fueron básicamente similares a las modernas brocas ilustradas en la (fig. 4).

Fueron empleados cojinetes antifricción y en vez de tener los dientes en línea sobre la longitud, de un cono cada hilera de dientes fue pro-

broca
a
chorro

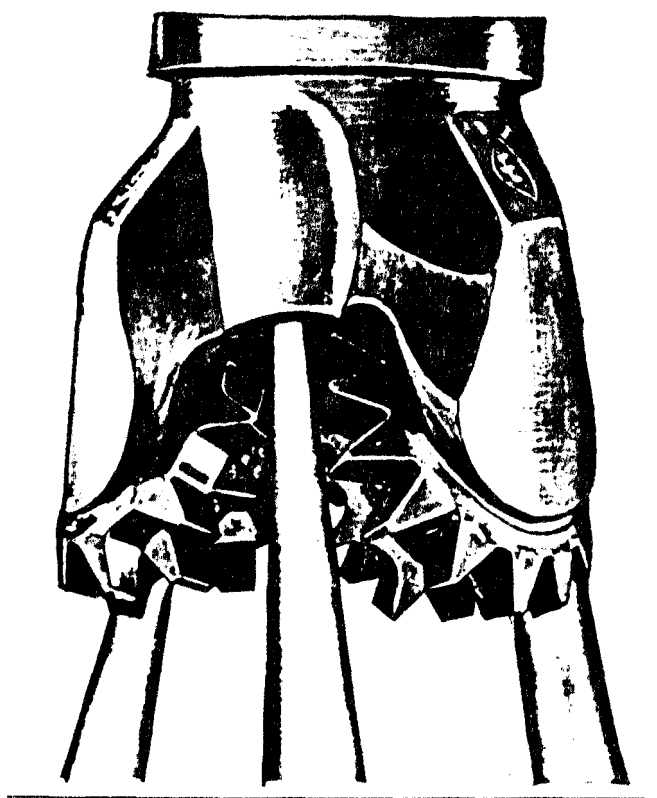


FIGURA 3

ducida separadamente y escalonada con los dientes de las otras hileras.

En la fig. 4B, ilustra sobre el escalamiento de los dientes de acero de la hilera anterior respecto de la exterior. Esta característica esencialmente dobla la velocidad de penetración y los metros (pies) por brocas.

Siguieron muchas mejoras en los cojinetes y en estructura cortadora hasta que un importante adelanto fue llevado a cabo en 1948 con la introducción de las brocas a chorro.

Como está ilustrado en la fig. 3, las boquillas en las brocas de este tipo envían el fluido de perforación a alta velocidad contra el fondo del pozo para remover y levantar las partículas a medida que la broca afloja el terreno.

Una importante modificación fue incorporada a las brocas mediante el empleo de insertos de carburo de tungsteno como elementos cortantes. Dichas brocas aparecidas en 1951, tenían insertos de carburo de tungsteno cilíndrico, redondeados en sus extremos, colocados a presión en agujeros patrones, hechos en los conos para formar la estructura cortadora. El primitivo extremo ovoide del inserto tenía la resistencia y capacidad de trituración necesarias para perforar de tres a diez veces más de las brocas con dientes de acero en la formación más dura, tal como pedernal y ellos generalmente, duraban más que los mejores cojinetes disponibles entonces.

En 1959, la primera aplicación práctica de sellado, compensador de presión y sistema de autocontenido de lubricación, proporcionó a los cojinetes a rodillos la ayuda necesaria para prolongar la vida del trépano (fig. 4B). Pero esto fue todavía inadecuado para las brocas con inserto de carburo de tungsteno.

El más reciente y espectacular progreso llegó con la introducción del cojinete a fricción, en 1969, (fig. 4A). La duración de este cojinete fue pareja con la de los insertos de carburo de tungsteno en la estructura cortadora con lo cual la vida del trépano fue doblada, triplicada y en algunos casos, cuádruplicada.

7.2. FUNCION DE LAS BRÓCAS, PARTES CONSTITUTIVAS

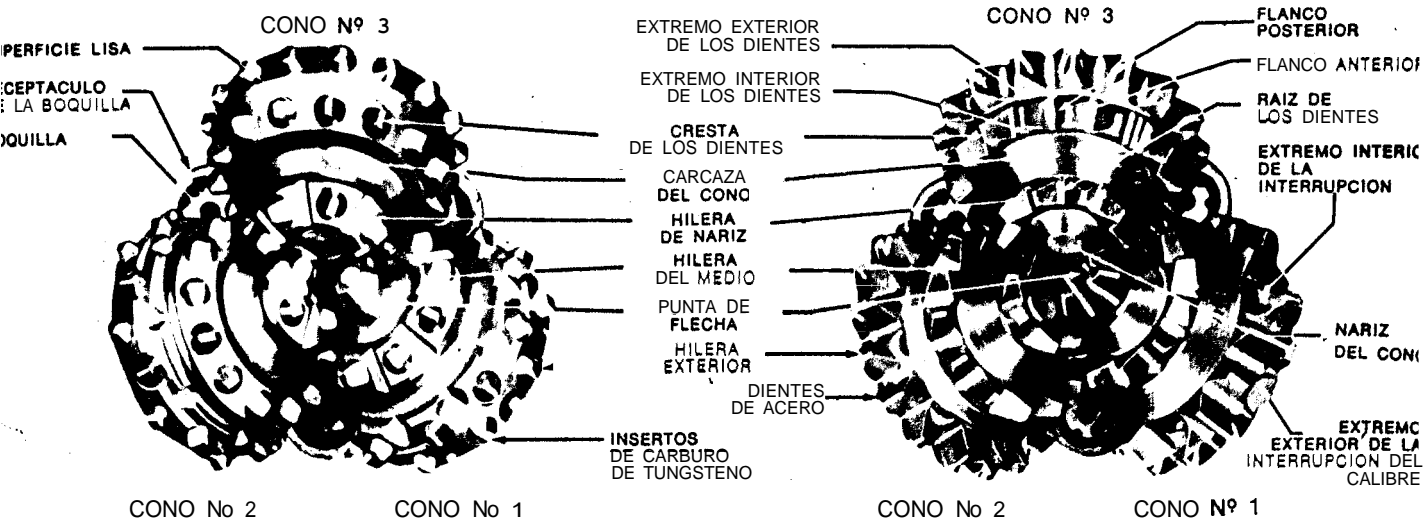
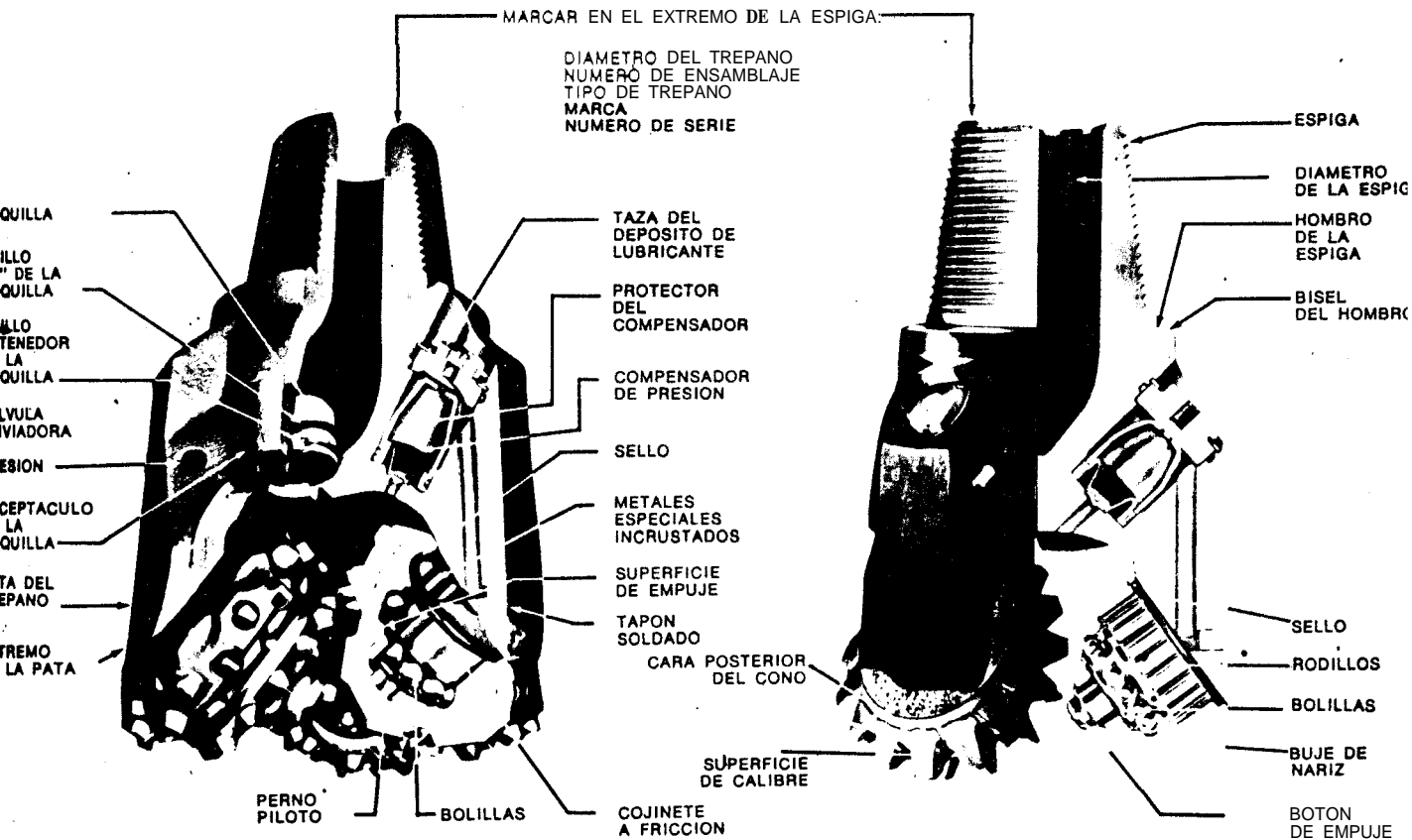
Estructuras cortadoras, los cojinetes; y el cuerpo de la broca.- Compuesto por: a) Una conexión roscada que lo une a la columna de perforación; b) Tres ejes de cojinetes donde van montados los conos; c) Los depósitos que contienen el lubricante para los cojinetes; y, d) Los orificios a través de los cuales el fluido de perforación fluye para limpiar del fondo los detritos.

Principios de diseño de la broca.- Las estructuras cortadoras están montadas sobre cojinetes, los cuales corren sobre pernos constituyendo una parte integral del cuerpo de la broca (fig. 4).

TERMINOLOGIA DE LOS ELEMENTOS DEL TREPANO

4(a)

4(b)



(a) ESTRUCTURA CORTADORA CON INSERTOS DE CARBURO DE TUNGSTENO

(b) ESTRUCTURA CORTADORA CON DIENTES DE ACERO

Las cargas radiales son absorbidas primero por el mayor elemento exterior de los cojinetes, ya sea a rodillos o journal, cerca de la punta del cono de la base del mismo. Los cojinetes a bolillas sirven para retener los conos y en algunos casos, para absorber ambas cargas, radiales y de hincamiento.

La capacidad adicional del empuje hacia afuera del cojinete, proporciona nada por superficies planas en el extremo inferior del perno que sostiene el cojinete y entre el hombro de la pista de los rodillos y el cojinete de nariz.

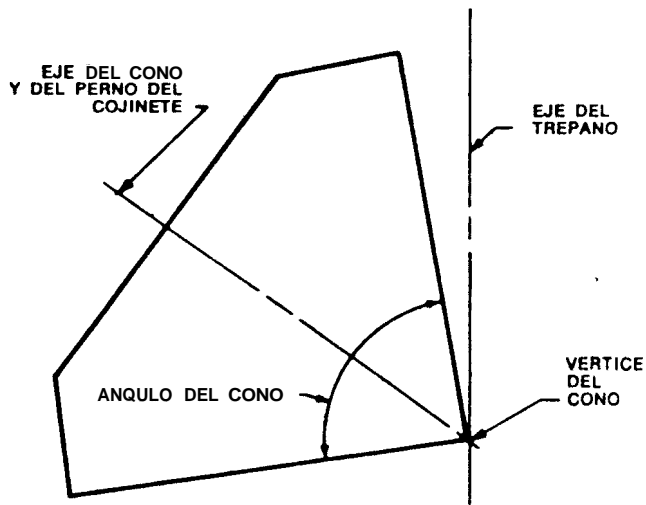
Los elementos del corte de la broca a conos son hélices circunferenciales de dientes extendidos sobre cada cono y entrelazados entre las hélices de dientes de los conos adyacentes.

Dos tipos distintos de elementos de corte y dos tipos de cojinetes están siendo empleados corrientemente en las brocas. Los elementos cortadores son: o dientes de acero, los cuales son maquinados desde un material básico de material, o insertos de carburo de tungsteno, los cuales son colocados a presión en agujeros perforados en la superficie de los conos.

Los cojinetes son a BOLILLAS o RODILLOS, o A BOLILLAS y JOURNAL, aunque hay mucha diferencia en las brocas, y se emplean varias combinaciones de las anteriores. Las consideraciones sobre diseño básico son similares para todos. El espacio permitido a los varios componentes dependen del tipo de formación que perforará la broca. Ej.: las brocas para formaciones blandas que requieren poco peso, tienen los cojinetes más pequeños, menor espesor de conos y la sección de las patas más delgadas que las brocas para formaciones duras.

Este permite más espacio para dientes largos. Las brocas para formaciones duras y que deben perforar bajo grandes pesos tienen elementos de corte más robustos, cojinetes más grandes y cuerpos más vigorosos.

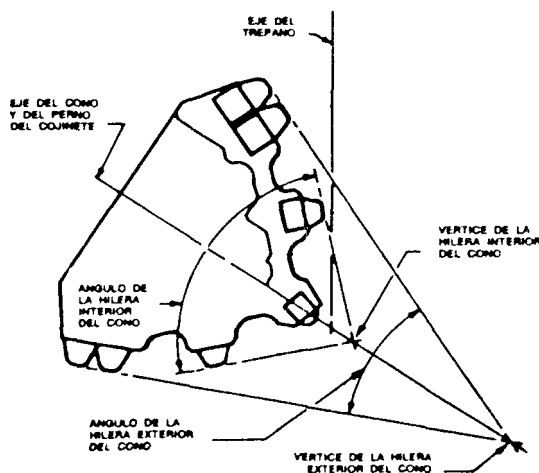
Cortadores.- Para entender como la geometría del cono puede afectar la formación en que los dientes cortan el terreno, se muestra un cono esquemáticamente en la fig. 5.



DISEÑO DE UN CONO DE ROLIDO EFECTIVO

FIGURA 5

Dado que el cono tiene una superficie cónica única con su eje en el centro de rotación con la broca, el mismo rotará en el fondo del pozo sin ninguna acción de deslizamiento o arrastre. Los conos de las brocas para formaciones blandas (fig. 6), se apartan substancialmente de un verdadero rodamiento debido a que tienen dos ángulos de conos básicos, ninguno de los cuales tiene su centro en el centro de rotación de la broca. La superficie exterior cónica tiende a rotar aproximadamente alrededor de su eje teórico y las hileras interiores cerca de un centro de su eje.



DISEÑO DEL CONO PARA FORMACIONES BLANDAS

FIGURA 6

~~Dado~~
 Dado que los conos están forzados a rotar alrededor del centro de la broca, los mismos resbalan a medida que rotan y producen el escarado y el paleo, que es la mejor manera de perforar en forma efectiva los terrenos blandos. Una acción más efectiva para incrementar la penetración en formaciones blandas se obtiene con la excentricidad de los ejes de los conos como se muestra en la (fig. 7).
 Que se entiende por excentricidad de los ejes de los conos.
 Los conos para formación dura tienen muy poca o ninguna excentricidad, por que ella rompe el terreno por resquebrajado. (fig. 8).

Cojinetes.- Hay tres diseños principales de cojinetes en uso en los trépanos actuales:

- a) Cojinete standard con rodillos y bolillas.
- b) Cojinete autolubricado con rodillo y bolillas.
- c) Cojinetes a fricción autolubricados.

Su uso depende de la economía de su aplicación donde deberán ser empleados. Los cojinetes standard aparecieron para reemplazar a los primeros cojinetes journal a fricción.

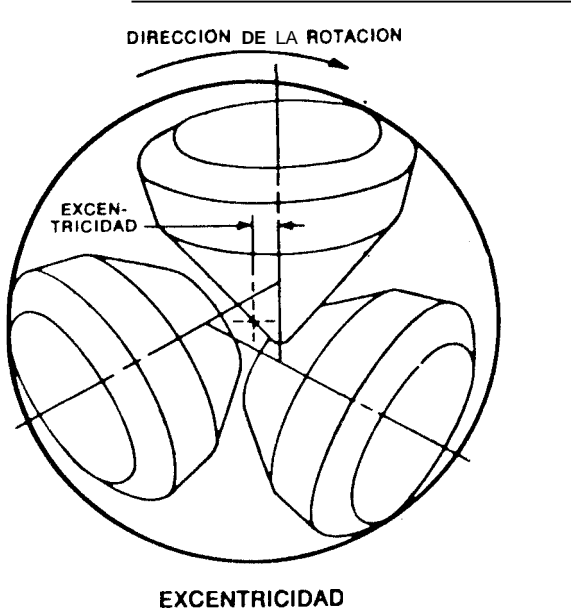
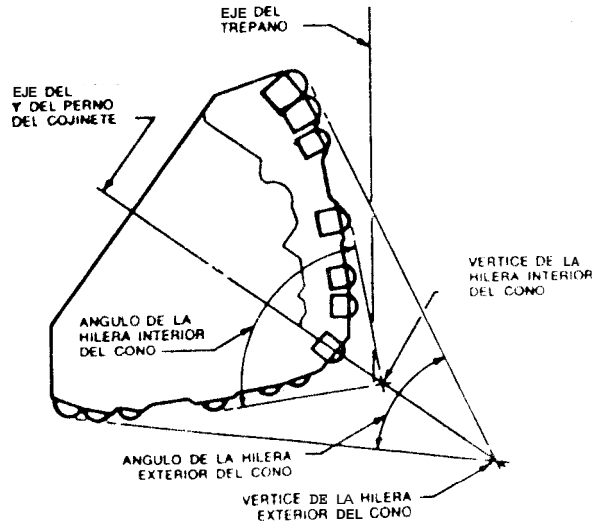


FIGURA 7

broca con cojinete standard



DISEÑO DEL CONO PARA FORMACIONES DURAS

FIGURA 8

broca para la mineria



FIGURA 9

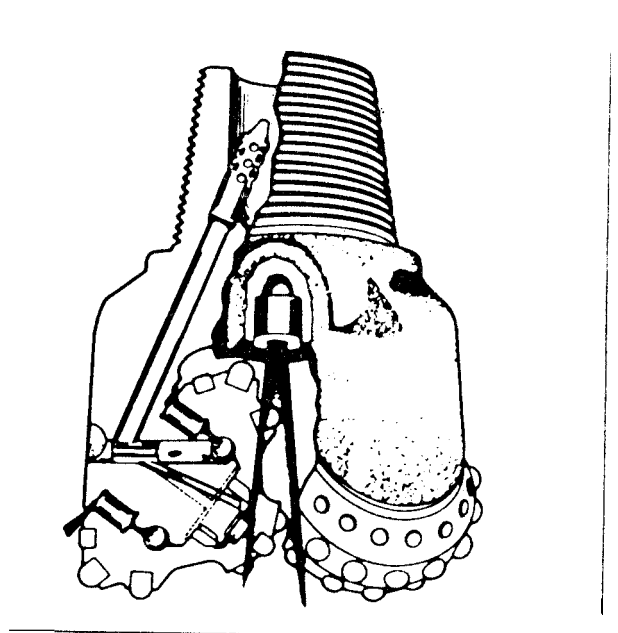


FIGURA 10

Ellos fueron lanzados al mercado en un momento en que solamente se podía conseguir brocas de dientes de acero. Estos cojinetes operaban en contacto con el fluido de perforación y en muchos casos, duraban tanto o más que la estructura cortadora. En algunas zonas y con algunos tipos de brocas, estos cojinetes eran inadecuados, en distintos grados.

En las brocas actuales los cojinetes standard se emplean en la ^{perforación de la} parte superior de los pozos, donde el tiempo de maniobra no es excesivo y además en algunos casos, donde la velocidad de rotación es alta (fig. 9).

Una variación de este tipo de cojinete se usa en la perforación de pozos para exploraciones en las industrias mineras. Como en ~~la~~ (fig. 10) un gran porcentaje de aire es derivado a través del cojinete para enfriar y limpiar los componentes del mismo. Esta combinación de cojinetes es empleada tanto en la broca con dientes de acero, como de insertos para minería. Aunque los cojinetes siempre han sido un problema y la investigación ha continuado a fin de solucionarlos, la introducción de los insertos de carburo de tungsteno como dientes han incrementado mucho el problema de los cojinetes. ^{Porg'7.}

El cojinete sellado que se muestra en la (fig. 4B), fue incorporado en las brocas con insertos de carburo de tungsteno. Sin embargo, es ahora empleado principalmente en brocas con dientes de acero, porque su vida es tan larga como la de la estructura cortadora.

Cuerpo de La broca.- Uno de los propósitos del cuerpo de La broca es dirigir el fluido de perforación ^{hacia} donde hará la más efectiva limpieza del fondo ^{del} pozo. Anteriormente estos orificios estaban ubicados para dirigir el fluido de perforación de forma tal que limpiaba los conos de la broca. En La actualidad, la mayoría de las brocas son del tipo de chorro el cual aparta el fluido hasta el fondo del pozo, como se ve en la (fig. 3).

Las bombas modernas tienen suficiente potencia como para limpiar el fondo del pozo y los cortadores. En algunas formaciones blandas, los cho-

ros del fluido de perforación remueven el material por su propia fuerza.

La erosión del fluido sobre el cuerpo de la broca, provenientes de altas velocidades, se reduce a un mínimo con el empleo de las boquillas de carburo de tungsteno mostradas en la fig. 4.

Características de los diseños para las distintas formaciones.- Para obtener las mayores cantidades de pies perforados y el mejor promedio de penetración, a fin de disminuir los costos de perforación, debe emplearse el tipo de broca más conveniente para cada terreno. Para ilustrar los distintos principios involucrados en los diferentes tipos de brocas, debe examinarse una amplia gama de formaciones y los tipos de brocas convenientes para cada una de ellas.

Dos tipos básicos de brocas se emplean para las distintas formaciones: - el de inserto de carburo de tungsteno y el de dientes de acero.

1.3. CLASIFICACION CON INSERTO DE CARBURO DE TUNGSTENO Y CON DIENTES DE ACERO, OPERACION Y RESGASTES.

Brocas "HUGHESSET" con insertos de carburo de tungsteno.- Inicialmente las brocas con insertos de carburo de tungsteno fueron desarrolladas para perforar formaciones extremadamente duras, pedernales abrasivos y --- cuarcitas que habían sido muy costosas de perforar debido a la corta duración de las brocas de dientes de acero. En las brocas "Hugheset" el carburo de tungsteno sintetizado y la aleación de acero de forja, se combinan para producir una estructura cortadora de gran resistencia al desgaste abrasivo y una alta resistencia a las cargas de compresión.

Insertos de carburo de tungsteno de formas distintas son presionados en orificios maquinados con toda precisión, en una cubierta de conos de aleación dura de acero para formar el diente. Los cojinetes sellados y autolubricados están diseñados para balancear la larga vida de los insertos de carburo de tungsteno de las brocas de Hugheset.

Formaciones blandas a medianas. (C.T.). Las formaciones más blandas comprenden: esquistos blandos, arcillas, areniscas rojizas, sal, calcáreos blandos y arenas. Estas formaciones son perforadas con las brocas J-22.

Las formaciones un poco más duras tales como calcáreo, yeso, esquistos, anhidrita y otras firmes, pero relativamente débiles, que a veces contienen intercalaciones abrasivas más duras, son perforadas con la broca J-33.

Los insertos tienen la forma de un cincel agudo y una proyección lo más largo posible, para permitir el máximo de incada en la formación - removiendo partículas grandes.

Desde que las brocas de este tipo se emplean cargando pesos moderados, lo que reduce el impacto sobre los conos y cojinetes, se usan dientes más largos y espaciados, reduciendo el espesor del cono y en parte la del cojinete.

A fin de obtener la acción de escariado-escopleado en el fondo, los conos están diseñados con una excentricidad de sus ejes en el sentido de la rotación y con un entrelazado más profundo con los conos adyacentes.

Dado que muy frecuentemente se encuentra arena en formaciones blandas, la resistencia de los insertos al desgaste por abrasión provee una estructura cortadora ideal para estos casos. La cubierta de la carcasa del cono es profundamente endurecida para retardar el desgaste por abrasión.

Una cantidad máxima de insertos chatos se ubican o colocan en la superficie de calibre para retardar el desgaste.

La diferencia entre una J-33 y una J-22, es que provee mayor acción de escariado-escopleado muy conveniente para las formaciones más blandas.

La J-33 tiene una estructura cortadora de mayor duración para formaciones menos blandas.

Formaciones medianamente duras (C.T.).- Estas formaciones comprenden - calcáreos duros, arenas, dolomitas y esquistos arenosos duros. Estas son demasiado duras y abrasivas para ser perforadas con los diseños ya mencionados, pero pueden ser perforados con las J-44, J-55 ó la J-55R.

Los insertos no penetrarán tanto, en las formaciones medianamente duras como en las formaciones anteriores, Sin embargo, estas formaciones se astillarán y resquebrajaran bajo la acción de una torsión moderada. Por lo tanto, en el diseño de brocas para estas formaciones se mantiene la acción de escareado y escopleado pero en pequeño grado.

Los insertos con cincel romo son empleados en la broca J-44, mientras -- que en la J-55 se emplean los cónicos para mayor duración en terreno algo más duros. En la J-55R, los insertos son en cincel 90°, para mayor resistencia a la rotura. La proyección de los insertos y el entrelazado son menores y los dientes más espaciados, comparados con las brocas para formaciones blandas.

Formaciones duras (C.T.).- Son semiabrasivas y abrasivas, y comprenden el pedernal, La dolomita, q los calcáreos. Se las pueden perforar con la J-77.

En las formaciones duras, cualquier acción de escareado gastará los dientes de las brocas severamente, En este tipo de formación, la perforación se obtiene aplicando peso al terreno hasta exceder la resistencia a la compresión de los mismos y requebrajar el material. Esta acción es repetida por cada inserto al pasar a través del fondo del pozo.

La proyección de los insertos sobre el cono es corta. El espacio adicional ganado es aprovechado para aumentar la resistencia del cono a fin de aumentar la resistencia del cojinete y así resistir las mayores cargas - necesarias para romper el terreno. Las hileras interiores en las bro -

cas J-77 llevan insertos en forma de bala. Las hileras exteriores de los insertos son de forma semiesféricas con una proyección mínima para disminuir su rotura.

Tanto los insertos de la hilera interior como los de la hilera exterior están distribuidos en forma de cubrir la máxima superficie del fondo del pozo. Una cantidad máxima de insertos chatos están ubicados en la superficie de calibre para retardar su desgaste.

Formaciones extremadamente duras (C.T.).- Las formaciones extremadamente duras y abrasivas comprenden: la cuarcita, las arenas cuarcíticas duras, el basalto y el pedernal. Se las puede perforar con J-99. Los insertos de la estructura de corte del trépano, diseñado para perforar estas formaciones, tienen extremos romos, pocos espaciados en la hilera interior del cono y bien reforzado, mientras que en la hilera exterior ~~ellos~~ son semiesféricos. Las hileras de los insertos están preparados para cubrir al máximo el fondo del pozo.

Las brocas para formaciones extremadamente duras están diseñadas con excentricidad, con un mínimo de proyección de los insertos y un máximo entrelazado entre ellos, de manera que los cortadores se aproximen mucho a un verdadero rolido de fondo, obteniéndose así un astillado y requiebrajado máximo. El espesor del cono está aumentado para hacerlo más resistente, de manera que pueda ser aplicado un peso suficiente sobre la broca para superar la resistencia a la compresión de las formaciones extremadamente duras.

Brocas con dientes de acero.- Se emplean en formaciones blandas de la parte superior de los pozos, donde el espesor de las mismas no hacen económico del empleo de La broca con **de carburo de tungsteno.**

Formaciones blandas (A).- Tienen baja resistencia a la compresión y son de alta perforabilidad, tales como los esquistos blandos o firmes, arenas no consolidadas, arcillas, areniscas rojizas, sal, calcáreo blando y areniscas.

Los típicos esquistos blandos y arena se perforan con las brocas OSC-3AJ, OSC-3J, y J-2. Las brocas OSC-1GJ y J-3, se emplean para perforar arenas más compactadas.

Las brocas para perforar formaciones blandas están diseñadas con dientes muy espaciados, delgados y fuertes para conseguir mayor hincado y como consecuencia, remover partículas grandes de terreno. Las brocas de este tipo se emplean con pesos moderados lo que reduce en parte, las cargas de choque en los conos y en los cojinetes; reduciendo así el espesor del cono y al diámetro del cojinete. Esto permite diseñar dientes más espaciado y más largos.

Con el objeto de obtener el mejor efecto de escareado y acción de palco en el fondo, los conos están diseñados con sus ejes muy excéntricos en la dirección de la rotación de la broca y con el máximo de entrelazado posible de dientes.

Debido a que muy frecuentemente se encuentra arena en las formaciones --- blandas, los dientes están revestidos con una cantidad apreciable de carburo de tungsteno para resistir al desgaste por abrasión. La superficie de calibre de estas brocas también está revestida de carburo de tungsteno para retardar su desgaste.

Las brocas OSC-1G y J-3, tienen crestas en forma de "T" en los dientes de calibre y aplicaciones de carburo de tungsteno (Hughes X) en la superficie de calibre, obteniéndose así, una resistencia adicional al desgaste por abrasión.

Formaciones medianas a medianamente duras (A).- Tienen mayor resistencia a la compresión que las blandas. Son los esquistos duros, los esquistos arenosos, las dolimitas y los calcáreos duros. Se emplean las brocas Hugheset para formaciones medianas. Una acción menor de escareado y escopleado es necesaria para perforar estos terrenos.

Estas brocas están diseñadas con dientes menos espaciados debido a que la broca no puede remover pedazos grandes de terrenos duros. Los dientes tienen ángulo un poco más grandes para resistir las cargas necesarias como para superar la resistencia a la compresión de los terrenos y producir detritos.

En las brocas para formaciones medianamente duras, como la dolómata y los calcáreos duros, la ventilación o interrupción de los dientes de la hilera exterior ya no es necesario debido a que las partículas perforadas son más pequeñas que en los terrenos blandos y de mediana dureza.

Eliminando las interrupciones, se tiene mayor superficie de calibre para revestimiento de metal duro, obteniéndose así mayor resistencia al desgaste.

Formaciones duras (A).- Los tipos de brocas para formaciones más duras, abrasivas y semiabrasivas tales como perdernal, cuarcita, pirita, granito y arenas muy duras son: W7-J, W7-C, J-7, W7R-2J, J-8 y J-D8.

Las brocas de dientes para formaciones duras tienen mayor capacidad de cojinetes que los tipos para formaciones blandas y medianas. Tienen los dientes menos espaciados y mayor ángulo para permitir el empleo de pesos mayores requeridos para formaciones duras. Estos trépanos producen la máxima acción de requiebrazado y triturado con una acción de escareado.

La hilera exterior de cada cono es la hilera conductora, esto es, que la hilera genera una huella en el fondo en forma de engranaje, la que en el caso de estos terrenos muy duros no es fácilmente rota o partida desde la pared misma del nozo. Es esencial que la cantidad de dientes que forman la hilera exterior de cada cono no cause o provoque "andariveles", es decir, que no siga exactamente la huella del cono precedente que pueda formar así un diente de terreno profundo y anormal en el fondo. Esta condición pararía o conduciría la penetración. La superficie de calibre en las brocas a dientes para formaciones duras están reforzadas en la

cresta a fin de romper esos dientes de terreno. La serie W7-J y J7, tienen cresta en forma de "T" en los dientes de calibre.

La broca J-8, está diseñada para formaciones duras y abrasivas, tales como pedernal, cuarcita y arenisca dura. Estas brocas tienen la hilera de dientes interiores circunferenciales para aumentar la duración de la estructura y minimizar la vida del cojinete. Las hileras interiores de dientes circunferenciales están proyectadas para producir el máximo de resquebrajado y triturado y al mismo tiempo, asegurar una carrera suave, mayor vida de los dientes y mantener la velocidad de penetración.

Operación de las brocas.- Dado que se puede contar con una amplia variedad de diseños de brocas triconos, parece muy simple conocer las formaciones y seleccionar los tipos de brocas adecuadas para la más eficiente perforación de las mismas. El problema no es tan simple, variaciones en las prácticas de operación debido al equipo, o a las condiciones del pozo y a la falta de uniformidad de las formaciones, exigen que el problema sea considerado en forma aproximada y experimental.

A pesar de que no se necesita una gran cantidad de tipos de brocas para la perforación de los pozos de petróleo, en la mayoría de los casos, los mejores resultados se obtienen empleando más de un tipo.

En las zonas de perforación, donde la selección del tipo de broca se ha vuelto más o menos rutinaria, pueden aparecer aún condiciones fuera de lo común que requieran otros tipos que los usuales. Donde las condiciones de perforación obligan a una considerable disminución en el peso sobre la broca (tales cuando se intenta enderezar un pozo desviado), podría ser aconsejable hacer carreras de ensayo con tipo de brocas que tuvieran dientes en el fondo.

En el caso de un pozo exploratorio considerablemente alejado de los pozos conocidos, los operadores deben pensar que están haciendo lo mejor que pueden. Aunque ellos puedan tener una descripción de los terrenos -

esperados y saber su edad geológica, esto no necesariamente quiere decir que las condiciones de perforabilidad serán las mismas que las experimentadas en otras localidades.

En estos casos el jefe de equipo debe saber ~~en~~ Lo que es La lectura del desgaste de una broca; pues, esta lectura debe ser una guía fundamental para seleccionar La broca siguiente. Por supuesto, tal selección está basada, ya sea por ~~que~~ un conocimiento general de la zona o en La presunción de que La formación no cambiará apreciablemente durante La carrera de La próxima broca. En la ausencia de más información específica, esta aproximación es todavía mejor que una suposición burda. Si La lectura del desgaste de la broca muestra considerable desgaste de calibre por el uso, con el resto de La estructura poco gastada, una broca con más superficie de calibre puede ser La selección apropiada.

^{El rendimiento}
Si ~~la performance~~ no es satisfactoria y el desgaste de La broca no muestra aparente debilitamiento de La estructura de corte o cojinete, puede aplicarse más peso sobre el mismo tipo en la próxima carrera. Si esto no es practicable, un tipo de trépanos para formaciones más blandas proporcionará a menudo una ~~performance~~ mejor.
_{rendimiento}

Operaciones de La brocas con insertos de carburo de tungsteno. * Brocas para formaciones blandas.- La broca para terrenos más blandos con insertos de carburo de tungsteno es La J-22, Sus características indican que la misma es la de más rápida ~~velocidad~~ ^{velocidad} de penetración en formaciones que tienen muy baja resistencia a la compresión. Probablemente, la mejor aplicación puede encontrarse en zonas donde La base de La formación contenga considerable arena o sedimentos (limo).

En esta broca, el largo, La esbeltez q el gran ^{espaciado} entre los insertos de carburo de tungsteno, se gastan poco en ~~este~~ ^{este} media abrasivo. La característica del diseño de esta broca para formaciones blandas a La razón de ~~ser~~ su alta ^{velocidad} ~~velocidad~~ de penetración. La profundidad a La cual la J-22 puede ser bajada, varía considerablemente. En algunas zonas **Lacs**

formaciones superiores son bastantes más firmes que en otras. El empleo de la J-22 en estos casos llevará a una rápida rotura de los insertos y a una carrera antieconómica.

La experiencia obtenida al perforar los primeros pozos en una zona determinada, es la más valiosa ayuda para determinar la selección de las brocas. En ausencia de experiencia anterior, los pies perforados por la broca y el estudio de sus condiciones de desgaste, indicarán generalmente cuando es necesario reemplazarla con la broca para formaciones más duras.

La J-33 es otra de las brocas con insertos de carburo ^{de} tungsteno para formaciones blandas. Su mejor aplicación es en aquellos casos en que se requiere alta ~~velocidad~~ de penetración y donde la J-22 sufre frecuentes roturas de insertos.

Una excepción a ~~las~~ reglas generalmente utilizadas en la selección de un tipo de brocas, es el caso de que se presenten problemas de desviación del pozo. Debido a la necesidad de aplicar menor peso para controlar la desviación, se aconseja emplear en estas carreras de peso limitado, una broca con dientes más largos y menor cantidad de dientes que la broca que normalmente se emplearía. Bajo ~~en~~ circunstancias, la J-22 puede ser corrida a mayor profundidad, aun en aquellos casos en que las características de la formación requiere un tipo de broca para terreno más duro. Esta práctica de selección de una broca más blanda se aplica sin tener en cuenta el tipo específico dado para una selección normal.

Operaciones de las brocas para formaciones medianas y medianamente duras. - En una zona dura en la cual la formación progresiva va endureciéndose, con un aumento en la profundidad o edad geológica, un tipo de broca para formaciones medianamente duras será necesario.

Un análisis de las características de diseño de las brocas J-44, J-55 y J-55R, mostrará generalmente un incremento en la cantidad de insertos en forma roma y más resistencia a las roturas.

También se ha reducido la acción de la estructura de corte en el fondo para prevenir roturas excesivas y desgastes en formaciones más duras o más abrasivas.

La J-44 es la más apropiada de los tres tipos para los terrenos más -- blandos y en algunas zonas es la primera que recorre bajo la tubería -- de superficie o de seguridad e intermedia o de protección. ~~La tasa~~ de penetración aconsejable es de 15 a 30 pies/hora, pero ~~tasas~~ menores son ~~tasas~~ todavía económicas.

La 3-55 puede ser también empleada como la primera broca debajo de la tubería intermedia o de protección. La 3-55 perfora terrenos más firmes -- ~~mu~~ que la 3-44 debido a la diferencia en la altura de los dientes a la diferente configuración de los insertos de carburo de tungsteno y a ~~am~~ biao en la geometría del cono.

Las tasas de penetración aconsejables son de 10 a 25 pies/hora, pero mayores podrían obtenerse en arenas o dolomitas porosas o calcáreas.

En la 3-55, La formación es perforada más por acción de impacto y rotura que por acción de escopleado en el fondo. Esto se observa en el ~~exa~~ men de los tipos de ~~trépanos~~, La J-55 emplea insertos más cortos y ~~cóni~~ coa comparados con los cuneiformes de la J-44.

La J-55R, que fue desarrollada en un principio para perforar esquistos arenosos, es de un diseño comparable a la 3-55, pero en vez de insertos cuneiformes, la J-55R tiene insertos de carburo de tungsteno cincelados a 90°. El cincelado es mucho más efectivo para producir astillas grandes en formaciones de arenas a esquistos arenosos.

Operaciones de brocas a dientes **de** acero.- A pesar de que el diseño y desarrollo de las estructuras cortadoras de carburo de tungsteno han -- conducido a su empleo para formaciones blandas, en muchas zonas toda -- vía se perfora más económicamente con tipos de brocas a dientes de ace -- to. Los tipos X3A, X3, X1G, de cojinetes sellados, y la OSC-3A, OSC-3,

OSC-1G de cojinetes standard, son los tipos más empleados para formaciones de baja resistencia a la compresión, tales como esquistos blandos, arcillas, areniscas rojizas, sales y calcáreos blandos.

En formaciones blandas de alta penetración, muy frecuentemente la broca es extraída porque el cojinete está gastado y no porque haya disminuído el grado de penetración. En estos casos lo aconsejable es emplear una broca X-fine.

Desde que las arenas se encuentran frecuentemente en formaciones blandas, los dientes de acero para resistir más el desgaste, tienen un generoso revestimiento de carburo de tungsteno en su cara posterior en relación al sentido de rotación.

Cuando ocurre una excesiva rotura de dientes, la combinación de peso y velocidad de rotación es muy alta, a bien la formación que está perforando es demasiado dura para el tipo de broca que se está empleando.

En caso contrario, es aconsejable continuar empleando brocas para formaciones blandas ya que ellas están diseñadas para más alta penetración.

Brocas a dientes de acero para formaciones medianas a medianamente duras.- El tipo XD de cojinetes sellados o el OWR de cojinetes standard se emplean para formaciones más firmes como ser calcáreo duro, dolomita y esquistos duros. Estas formaciones son propensas a romper los dientes en brocas para formaciones blandas, o a desgastar el calibre disminuyendo el diámetro del pozo, es decir, perforando un pozo cónico.

Las brocas con dientes de acero para formaciones medianas se corren con moderado peso. Generalmente tienen mayor velocidad de penetración que una broca con insertos de carburo de tungsteno.

Otro factor que algunas veces tiene influencia en la decisión para seleccionar una broca a dientes, es el fluido de perforación. Si las condiciones del pozo son tales que es necesario perforar con un fluido muy

pesado y viscoso con filtrado de agua, es casi seguro que la penetración con brocas a dientes será la más alta.

Brocas a dientes de acero para formaciones extremadamente duras y abrasivas.- Estas formaciones son perforadas hoy con brocas a carburo de tungsteno, pero también se pueden perforar con brocas a dientes de acero como el J-7 y J-8, que tienen una gran capacidad de cojinetes, dientes poco espaciados, y el mayor ángulo posible de los dientes para resistir el alto peso empleado para perforar estas formaciones tan duras.

La geometría de estas brocas asegura principalmente una acción de astillado y resquebrajado. Una superficie de calibre amplia y reforzada suministra gran resistencia al desgaste por abrasión.

Además de la superficie del calibre, la diferencia principal entre la estructura cortadora de la J-7 y de la J-8, es el diseño de las hileras interiores de los dientes. Mientras que la J-7, tiene dientes cincelados convencionales en las hileras interiores; la J-8 tiene dientes circunferenciales. Estos dientes son más resistentes a las roturas y producen una acción más de astillado y además una perforación suave.

Empleo de la broca a chorro (JET).- Las partículas perforadas deben ser rápidamente removidas del frente de avance y los cortadores deben mantenerse libres de material adherido para obtener la más alta performance de la broca.

Un método común de operación de las brocas a chorro (JET) es seleccionar el diámetro de la camisa de la bomba y el tamaño de las boquillas, lo que permite llevar el máximo de potencia (HP) a la broca para ser consumida en la misma. Dentro de las siguientes limitaciones.

- 1) Máxima potencia (HP) para accionar la bomba del fluido de perforación (Ésta no puede sobrepasar la capacidad de otras partes del equipo -- perforador).

- 2) *La presión máxima de descarga de la bomba (Esto dependerá del rango de presión de los otros elementos q además del costo de mantenimiento de la bomba y del circuito de superficie).*
- 3) *Velocidad anular mínima.*
- 4) *Emplear el tamaño práctico de boquillas (el bloqueo accidental de las boquillas aumentará a medida que disminuye su diámetro).*
- 5) *Cambio práctico de camisas (La respuesta a esto es materia económica. Un buen criterio es suficiente en La mayoría de los casos).*

Antes de empezar la perforación debe contarse con un programa hidráulico conforme a las características del equipo q al diámetro del pozo.

Dentro de las limitaciones del equipo de perforación, un programa hidráulico que asegure llevar el máximo de potencia a la broca, será el mejor.

El máximo de potencia hidráulica puede ser llevado a La broca con una - presión dada de La bomba, ajustando el caudal en forma tal que llegue - con él, ~~el~~ 65% de La potencia de La bomba. Análogicamente si se desea llevar el máximo impacto a la broca, el caudal podrá ser ajustado para que el 48% de la presión de La bomba del fluido de perforación llegue a la broca.

Desgaste de las brocas. ⁶ Brocas a dientes.- El análisis de cada broca gastada puede ser de mucha ayuda para decidir el tipo de la siguiente - broca a bajar al pozo q si la práctica de operación debe ser cambiada.

La (dig. 73) demuestra La etapa inicial del desgaste filoso de los dientes en brocas para formaciones blandas. Esta forma correcta de desgaste se obtiene con La aplicación de carburo de tungsteno sobre uno de los flancos de los dientes. La ventaja de este tipo de desgaste es

que permite que la broca perfora por mayor tiempo con el alto grado de penetración.

CONDICION DE DESGASTE DESEABLE



fig. 13

desgaste filoso de dientes

La (fig. 14) muestra este tipo de desgaste en una etapa posterior. Los dientes que se desgastan de esta manera permiten aprovechar la broca -- hasta casi la total desaparición de los dientes.



FIGURA 14

desgaste normal de dientes

La (dig. 15) muestra una condición de desgaste no deseable o sea, seccionado el extremo de los dientes. EL diente ha sido gastado uniformemente en esta bhoca para formación dura en el principio.

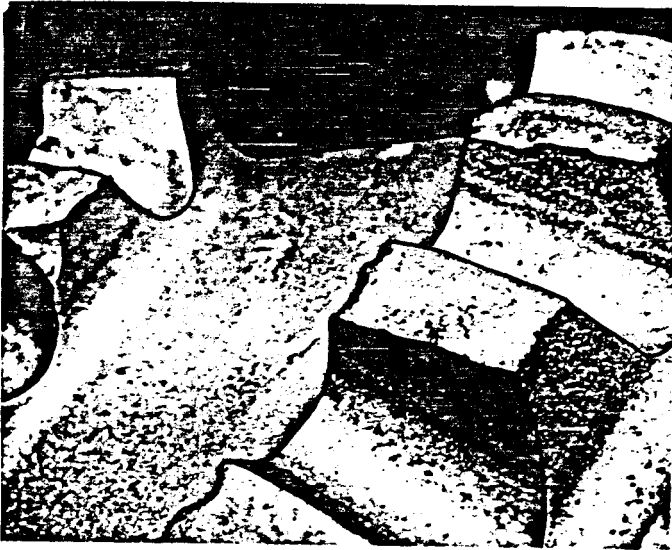


FIGURA 13

desgaste irregular

A medida que el desgaste de la cresta aumenta, la superficie del diente en contacto con el terreno es el mayor. EL resultado es una reducción en la penetración. Asi se hace necesario aumentar el peso para compensar la menor penetración. En los casos de ^{de} que ~~se~~ peso de los portamechas disponibles ha sido utilizado, aumentar la velocidad de rotación en la última etapa del desgaste es beneficioso para mantener el promedio de penetración.

Una velocidad de rotación excesiva en la parte inicial de la carrera, puede causar este principio de desgaste chato de la cresta, aumentando el resbalamiento de los dientes. EL desgaste chato de la cresta generalmente indica que debe ser empleada una broca para formación más blanda. EL empleo de brocas con insertos de carburo de tungsteno con su estructura cortadora de gran resistencia, puede ser muy útil cuando los dientes de acero sufren esta clase de desgaste. En formaciones de alta resistencia

a La compresión o con prácticas de operación más severas, el astillado de los dientes puede ser un problema.



FIGURA 16

desgaste uniforme

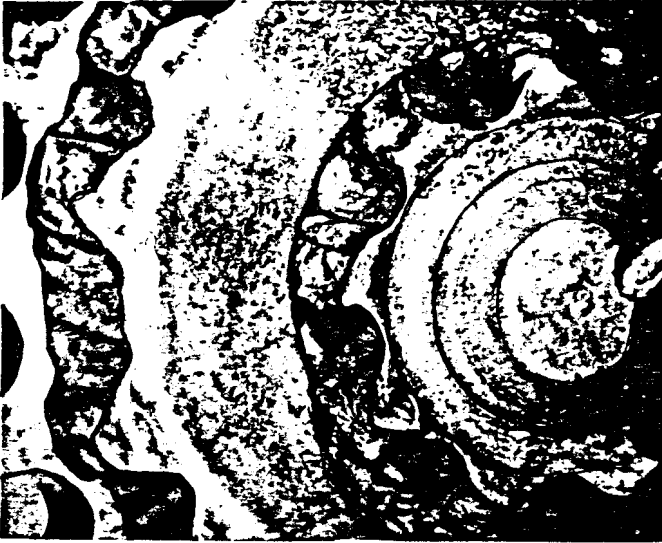
La (fig. 16) muestra una bmca para formaciones medianamente duras sin astillado pero con desgaste uniforme. La ausencia de astillado en la broca indica que su rendimiento puede ser mejorado empleando una bmca para formación más blanda, con mayor peso o velocidad de rotación.

La (fig. 17) muestra el astillado y el desgaste de una bmca del mismo tipo anterior y en la misma formación, pero que ha perforado con más peso y mayor velocidad de rotación. Esta broca perforó más rápido e hizo más pies, indicando que algo de astilla no necesariamente es malo.

En la (fig. 18) señala una estructura cortadora astillada pero sin desgaste apreciable. Los dientes gastados totalmente por astillado, generalmente significa que pueden obtenerse mejores rendimientos con una broca a dientes para formación más dura, una bmca con insertos de carburo de tungsteno o empleando condiciones de perforación menos severas.

dientes astillados

FIGURA 18



como sigue:

En general, el astillado de una broca a dientes puede ser interpretado

desgaste por mayor peso

FIGURA 17



- 1) No hay astillado de los dientes; se está empleando un tipo de broca para terrenos demasiado duro o prácticas de operación demasiado moderadas.
- 2) Un moderado astillado: combinación correcta de tipo, peso y velocidad de rotación.
- 3) Severo astillado: se está empleando un tipo de broca para terrenos demasiado blandos o bien, prácticas de operación demasiado severas.



FIGURA 1.9

dientes rotos

La (fig.19) muestra una condición de dientes rotos, lo que significa un desgaste prematuro de la broca. Cuando un diente se ha roto, aumenta la carga en el resto de la estructura cortadora, el resultado podría ser una rotura completa de la misma hilera de dientes como lo muestra la (fig, 20). Esta condición negativa ocurre al principio de la vida de la broca. Un diente nuevo afilado o largo es más susceptible de romperse, que un diente con la mitad gastada.



FIGURA 20

rotura de una hilera de dientes

Cuando una brocaⁿ rota es una formación fracturada o anhidrita, el diente está sujeto a una carga de impacto alta, lo que acelera la rotura de los dientes. Algunas medidas correctivas para reducir o evitar las roturas son:



FIGURA 2 f

botones rotos

- a) Emplear una broca para terrenos más duros.
- b) Emplear menor velocidad de rotación y/o menor peso de H primera parte de H carrera.
- c) Emplear brocas de insertos de carburo de tungsteno que requieran menor peso y menor velocidad de rotación.
- d) Emplear amortiguadores para reducir el martilleo sobre H broca.

Desgaste de las brocas con insertos de carburo de tungsteno .- Las estructuras cortadoras también ocurren en los insertos de carburo de tungsteno. Las mismas medidas correctivas indicadas para brocas a dientes podrían ser aplicadas generalmente, pero deben ser considerados algunos factores distintos.

Las brocas con insertos de carburo de tungsteno están rotando mucho más tiempo que las de dientes, así la fatiga puede ocurrir en la última etapa de la rotación.

El resultado puede ser un rendimiento satisfactorio aún con una estructura cortadora deteriorada tan severamente como la vemos en la (fig. 21). En estos casos, el empleo de un tipo de broca para terrenos más duros sería aconsejable. En otros casos no sería aconsejable debido a que el grado de penetración puede disminuir y continuar la rotura de los insertos.

desgaste
de la
carcaza



FIGURA 22

También se ha reducido la acción de la estructura de corte en el fondo para prevenir roturas excesivas y desgastes en formaciones más duras o más abrasivas.

La 3-44 es la más apropiada de los tres tipos para los terrenos más blandos y en algunas zonas en la primera que recorre bajo la tubería de superficie a de seguridad e intermedia o de protección. La ~~tasa~~ ^{tasa} de penetración aconsejable es de 15 a 30 pies/hora, pero ~~tasas~~ ^{tasas} menores son todavía económicas.

La J-55 puede ser también empleada como la primera broca debajo de la tubería intermedia o de protección. La Jr-55 perfora terrenos más firmes que la J-44 debido a la diferencia en la altura de los dientes a la diferente configuración de los insertos de carburo de tungsteno y a cambio en la geometría del cono.

Las tasas de penetración aconsejables son de 10 a 25 pies/hora, pero mayores podrían obtenerse en arenas o dolomitas porosas o calcáreas.

En la 3-55, la formación es perforada más por acción de impacto y rotura que por acción de escopleado en el fondo. Esto se observa en el examen de los tipos de trépanos. La J-55 emplea insertos más cortos y cónicos comparados con los cuneiformes de la 3-44.

La J-55R, que fue desarrollada en un principio para perforar esquistos arenosos, es de un diseño comparable a la J-55, pero en vez de insertos cuneiformes, la J-55R tiene insertos de carburo de tungsteno cincelados a 90°. El cincelado es mucho más efectivo para producir astillas grandes en formaciones de arenas o esquistos arenosos.

Operaciones de brocas a dientes de acero.- A pesar de que el diseño y desarrollo de las estructuras cortadoras de carburo de tungsteno han conducido a su empleo para formaciones blandas, en muchas zonas todavía se perfora más económicamente con tipos de brocas a dientes de acero. Los tipos X3A, X3, X1G, de cojinetes sellados, y la OSC-3A, OSC-3,

OSC-1G de cojinetes standard, son los tipos más empleados para formaciones de baja resistencia a la compresión, tales como esquistos blandos, arcillas, areniscas rojizas, sales y calcáreos blandos.

En formaciones blandas de alta penetración, muy frecuentemente la broca es extraída porque el cojinete está gastado y no porque haya disminuído el grado de penetración. En estos casos lo aconsejable es emplear una broca X-line.

Desde que las arenas se encuentran frecuentemente en formaciones blandas, los dientes de acero para resistir más el desgaste, tienen un generoso revestimiento de carburo de tungsteno en su cara posterior en relación al sentido de rotación.

Cuando ocurre una excesiva rotura de dientes, la combinación de peso y velocidad de rotación es muy alta, o bien la formación que está perforando es demasiado dura para el tipo de broca que se está empleando. En caso contrario, es aconsejable continuar empleando brocas para formaciones blandas ya que ellas están diseñadas para más alta penetración.

Brocas a dientes de acero para formaciones medianas a medianamente duras.- El tipo XD de cojinetes sellados o el OWR de cojinetes standard se emplean para formaciones más firmes como ser calcáreo duro, dolomita y esquistos duros. Estas formaciones son propensas a romper los dientes en brocas para formaciones blandas, o a desgastar el calibre disminuyendo el diámetro del pozo, es decir, perforando un pozo cónico.

Las brocas con dientes de acero para formaciones medianas se corren con moderado peso. Generalmente tienen mayor velocidad de penetración que una broca con insertos de carburo de tungsteno.

Otro factor que algunas veces tiene influencia en la decisión para seleccionar una broca a dientes, es el fluido de perforación. Si las condiciones del pozo son tales que es necesario perforar con un fluido muy

pesado y viscoso con filtrado de agua, es casi seguro que la penetración con brocas a dientes será la más alta.

Brocas a dientes de acero para formaciones extremadamente duras y abrasivas.- Estas formaciones son perforadas hoy con brocas a carburo de tungsteno, pero también se pueden perforar con brocas a dientes de acero como el J-7 y J-8, que tienen una gran capacidad de cojinetes, dientes poco espaciados, el mayor ángulo posible de los dientes para resistir el alto peso empleado para perforar estas formaciones tan duras.

La geometría de estas brocas asegura principalmente una acción de astillado y resquebrajado. Una superficie de calibre amplia y reforzada suministra gran resistencia al desgaste por abrasión.

Además de la superficie del calibre, la diferencia principal entre la estructura cortadora de la J-7 y de la J-8, es el diseño de las hileras interiores de los dientes. Mientras que la J-7, tiene dientes cincelados convencionales en las hileras interiores; la J-8 tiene dientes circunferenciales. Estos dientes son más resistentes a las roturas y producen una acción más de astillado y además una perforación suave.

Empleo de Pa broca a chorro (JET).- Las partículas perforadas deben ser rápidamente removidas del frente de avance y los cortadores deben mantenerse libres de material adherido para obtener la más alta performance de la broca.

Un método común de operación de las brocas a chorro (JET) es seleccionar el diámetro de la camisa de la bomba y el tamaño de las boquillas, lo que permite llevar el máximo de potencia (HP) a la broca para ser consumida en la misma. Dentro de las siguientes limitaciones.

- 1) Máxima potencia (HP) para accionar la bomba del fluido de perforación (Ésta no puede sobrepasar la capacidad de otras partes del equipo -- perforador).

- 2) La presión máxima de descarga de La bomba (Esto dependerá del rango de presión de los otros elementos y además del costo de mantenimiento de La bomba y del circuito de superficie).
- 3) Velocidad anular mínima.
- 4) Emplear el tamaño práctico de boquillas (el bloqueo accidental de las boquillas aumentará a medida que disminuye su diámetro).
- 5) Cambio práctico de camisas (la respuesta a esto es materia económica. Un buen criterio es suficiente en la mayoría de los casos).

Antes de empezar la perforación debe contarse con un programa hidráulico conforme a las características del equipo y al diámetro del pozo.

Dentro de las limitaciones del equipo de perforación, un programa hidráulico que asegure llevar el máximo de potencia a la broca, será el mejor.

El máximo de potencia hidráulica puede ser llevado a La broca con una presión dada de la bomba, ajustando el caudal en forma tal que llegue a él, el 65% de La potencia de La bomba. Análogicamente si se desea llevar el máximo impacto a la broca, el caudal podrá ser ajustado para que el 48% de la presión de la bomba del fluido de perforación llegue a la broca.

Desgaste de las brocas. ⁶ Brocas a dientes.- EL análisis de cada broca gastada puede ser de mucha ayuda para decidir el tipo de La siguiente broca a bajar al pozo y si la práctica de operación debe ser cambiada.

La (fig. 13) demuestra La etapa inicial del desgaste filoso de los dientes en brocas para formaciones blandas. Esta forma correcta de desgaste se obtiene con La aplicación de carburo de tungsteno sobre uno de Los flancos de los dientes. La ventaja de este tipo de desgaste es

que permite que la broca perfore por mayor tiempo con el alto grado de penetración.

CONDICION DE DESGASTE DESEABLE



fig. 13

desgaste filoso de dientes

La (fig. 14) muestra este tipo de desgaste en su etapa posterior. Los dientes que se desgastan de esta manera permiten aprovechar la broca -- hasta casi la total desaparición de los dientes.



FIGURA 14

desgaste normal de dientes

La (fig. 15) muestra una condición de desgaste muy deseable a nea, seccio
nado el extremo de los dientes. El diente ha sido gastado uniformemente
en esta broca para formación dura en el principio.

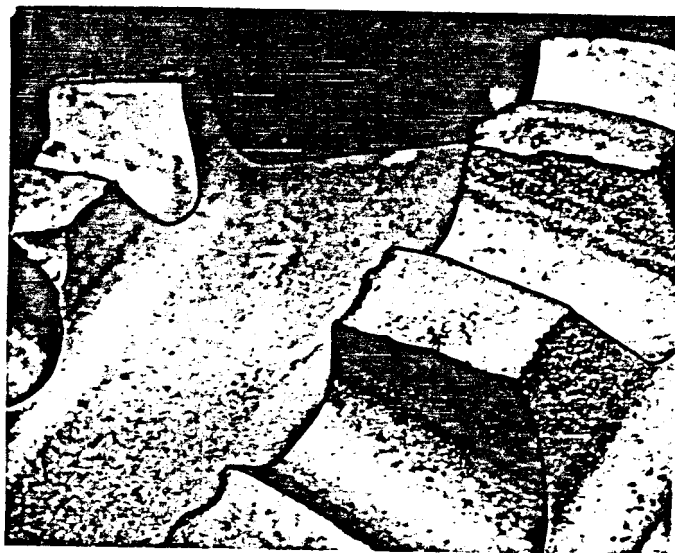


FIGURA 13

desgaste irregular

A medida que el desgaste de la cresta aumenta, la superficie del diente en
contacto con el terreno es el mayor. El resultado es una reducción en la
penetración. Así se hace necesario aumentar el peso para compensar la me-
nor penetración. En los casos ~~de~~ que el peso de los portamechas disponi-
bles ha sido utilizado, aumentar la velocidad de rotación en la última e-
tapa del desgaste es beneficioso para mantener el promedio de penetración.

Una velocidad de rotación excesiva en la parte inicial de la carrera, pue-
de causar este principio de desgaste chato de la cresta, aumentando el
resbalamiento de los dientes. El desgaste chato de la cresta generalmen-
te indica que debe ser empleada una broca para formación más blanda. El
empleo de brocas con insertos de carburo de tungsteno con su estructura -
cortadora de gran resistencia, puede ser muy útil cuando los dientes de
acero sufren esta clase de desgaste. En formaciones de alta resistencia

a la compresión o con prácticas de operación más severas, el astillado de los dientes puede ser un problema.



FIGURA 16

desgaste uniforme

La (fig. 76) muestra una bmca para formaciones medianamente duras sin astillado pero con desgaste uniforme. La ausencia de astillado en la broca indica que su rendimiento puede ser mejorado empleando una bmca para formación más blanda, con mayor peso o velocidad de rotación.

La (fig. 17) muestra el astillado y el desgaste de una bmca del mismo tipo anterior y en la misma formación, pero que ha perforado con más peso y mayor velocidad de rotación. Esta bmca perforó más rápido e hizo más pies, indicando que algo de astilla no necesariamente es malo.

En la (fig. 18) señala una estructura cortadora astillada pero sin desgaste apreciable. Los dientes gastados totalmente por astillado, generalmente significa que pueden obtenerse mejores rendimientos con una broca a dientes para formación más dura, una broca con insertos de carburo de tungsteno o empleando condiciones de perforación menos severas.



FIGURA 17

desgaste por mayor peso

En general, el astillado de una broca a dientes puede ser interpretado como sigue:

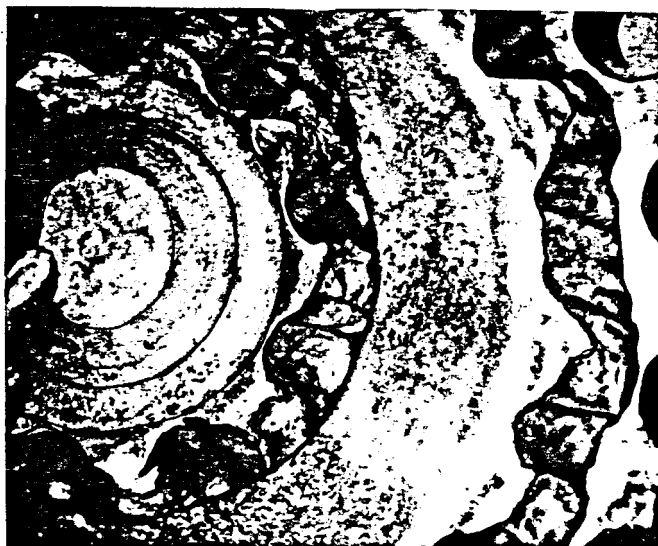


FIGURA 18

dientes astillados

- 1) No hay astillado de los dientes; se está empleando un tipo de broca para terrenos demasiado duro o prácticas de operación demasiado maderadas.
- 2) Un moderado astillado: combinación correcta de tipo, peso y velocidad de rotación.
- 3) Severo astillado: se está empleando un tipo de broca para terrenos demasiado blandos o bien, prácticas de operación demasiado severas.



FIGURA 1.9

dientes rotos

La (fig.19) muestra una condición de dientes rotos, La que significa un desgaste prematuro de La broca. Cuando un diente se ha roto, aumenta La carga en el resto de la estructura cortadora, El resultado podría ser una rotura completa de la misma hilera de dientes como Lo muestra la (fig, 20). Esta condición negativa ocurre al principio de La vida de La broca. Un diente nuevo afilado o largo es más susceptible de romperse, que un diente con la mitad gastada.



FIGURA 20

rotura de una hilera de dientes

Cuando una broca^s rota es una formación fracturada o anhidrita, el diente está sujeto a una carga de impacto alta, lo que acelera la rotura de los dientes. Algunas medidas correctivas para reducir o evitar las roturas son:



FIGURA 21

botones rotos

- a) Emplear una bhoca paka terrenos más duros.
- b) Emplear menor velocidad de rotación y/o menor peso de la primera parte de la carrera.
- c) Emplear brocas de insertos de carburo de tungsteno que requieran menor peso y menor velocidad de rotación.
- d) Emplear amortiguadores para reducir el martilleo sobre la bhoca.

Desgaste de las brocas con insertos de carburo de tungsteno .- Las estructuras cortadores también ocurren en Lob insertos de carburo de Rungteno. Las mismas medidas correctivas indicadas para brocas a dientes podrían ser aplicada generalmente, pero deben ser considerados algunos factores distintos.

Las bhoca con insertos de carburo de tungsteno están rotando mucho más tiempo que las de dientes, así la fatiga puede ocurrir en la última etapa de la rotación.

El resultado puede ser un rendimiento satisfactorio aún con una estructura cortadora deteriorada tan severamente como la vemos en la (fig. 27). En Estos casos, el empleo de un tipo de bhoca para terrenos más duros sería aconsejable. En otros casos no sería aconsejable debido a que el grado de penetración puede disminuir y continuar la rotura de los insertos.

desgaste
de la
carcaza



FIGURA 22

La broca de la (fig, 22) ha experimentado un desgaste y/o erosión apreciable en la cañaza. Este desgaste ha aumentado la altura o proyección del inserto, Lo que la hace más susceptible a la ruptura. Además, La reducción del espesor de la cañaza reduce su condición para retener el inserto y por lo tanto, puede perderse. Un severo desgaste de la cañaza

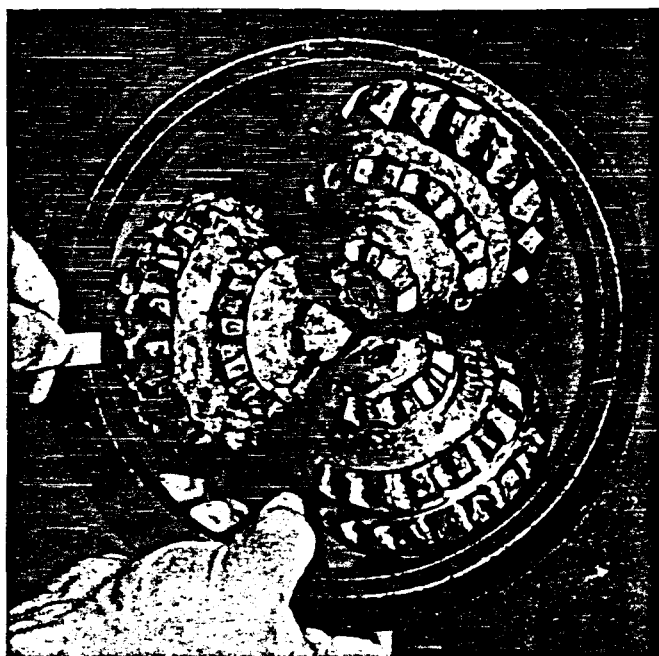


FIGURA 23

medición de diámetro de La broca

en corto tiempo puede indicar que se está empleando demasiado peso, Lo que ocasiona que la misma está en contacto con el terreno. La misma magnitud del desgaste (erosión de La cañaza) después de una larga carrera puede ser admitida. Sin embargo, se debe considerar la disminución del peso y la velocidad de rotación o el ajuste de la hidráulica para obtener mejor perforance y rendimiento.

Diámetro nominal.- ES importante mantener el diámetro nominal del pozo, Ya Lo tanto, cuando se analiza el desgaste de una broca debería emplearse un anillo como el de la (fig. 23) para comprobar si la broca ha perdido diámetro. Si es así debería terminarse la causa.
de

Un calibre redondeado como el de la (fig. 24) debe servir como guía indicadora de que no está aproximando un problema de calibre.

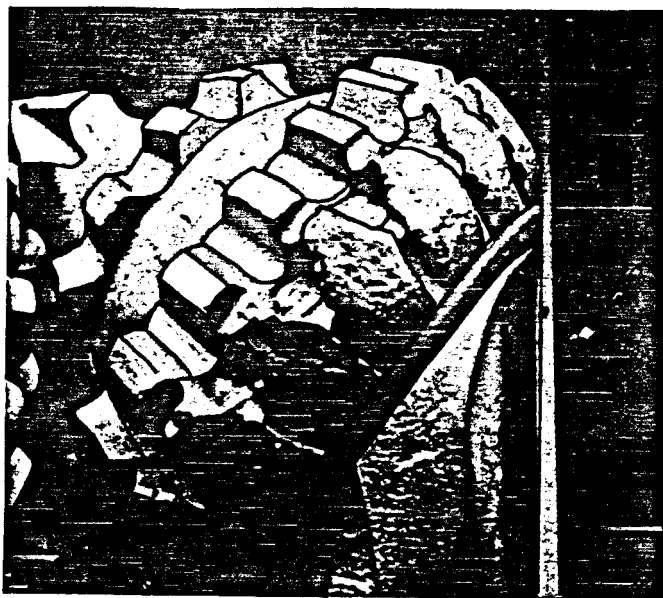


FIGURA 24

calibre redondeado

En La (fig 25) un calibre redondeado ha progresado hasta una condición de desgaste que indica que la capacidad de sostén del calibre de este tipo de broca ha sido excedida.

*calibre
excedido*



FIGURA 25

Si no se nota ese aviso g no se toman las medidas correctivas, aumenta la posibilidad de un desgaste severo como se ve en la [dig. 26).



FIGURA 26

desgaste severo

Esta pérdida de diámetro debe ser corregida rectificando el pozo con la siguiente broca que se baje, pero empleando bajo peso. Algunas de las medidas para corregir el desgaste de calibre son:

- a) Emplear un tipo de broca con menos excentricidad (off-set).*
- b) Emplear un tipo de broca con una mayor superficie de calibre.*
- c) Emplear brocas con insertos de carburo de tungsteno.*
- d) Reducir la velocidad de rotación.*

Las fuerzas producidas por la rotación del calibre g nu desgaste pueden traducirse en interferencias de los dientes de un cono con la carcasa -- del - & 10.

ES importante conocer el punto donde se supone que perdió diámetro y comenzar la rectificación un poco m arriba de este punto.

Nótese cómo está pulido un anillo en un cono de la (fig. 27). Esta condición indica que existe un desgaste del cojinete de nariz, un empuje afuera hacia adentro, o torcedura de las patas. Una severa interferencia con la carcasa del cono puede resultar como consecuencia de la concurrencia de los factores indicados.

Las condiciones de la broca que se describen en el cuadro, ayudan a determinar las razones de interferencias de conos. La flexión de las patas refiere a una condición interior de las mismas, originada por una fuerza afuera hacia adentro hasta que los dientes de un cono huedan contra carcasa de otro. Esto es provocado por un pozo que ha perdido diámetro. Cuando la broca es extraída del pozo, las patas vuelven al diámetro nominal y no hay indicios de la acción de la cresta del diente sobre la carcasa de un cono.

Estudio de los desgastes.- La (fig. 28) muestra una broca que ha rota fuera de centro. La evidencia de ello es el desgaste puntiagudo del diente. Esta broca ~~se~~ ^{está} rotando fuera de eje y ha perforado un pozo de mayor diámetro que el nominal. Por otra parte van quedando anillos sin perforar entre las hileras de los dientes que desgastan las acanaladuras, entre ellas, mientras los dientes se desgastan en punta.

cojinete de nariz
desgastado



FIGURA 27



FIGURA 28

desgaste puntiagudo

La (fig. 29) muestra una broca para formación mediana que ha operado fuera de centro. Los insertos han resistido el desgaste, pero el desgaste de la carcasa evidencia que en el fondo quedan lomos de terreno sin cortar. La operación fuera de centro de una broca normalmente ocurre por difíciles condiciones de operación o prácticas operativas pobres.

Cualquiera de las recomendaciones que siguen y que puedan ser aplicadas, ayudarán a remediar o evitar la perforación fuera de centro:

- 1) Aumentar el peso sobre la broca.
- 2) Emplear un tipo de broca para formación más blanda.
- 3) Aumentar la velocidad de rotación.
- 4) Mejorar la hidráulica de la perforación.
- 5) Emplear un estabilizador cerca de la broca.
- 6) Mejorar las características del fluido de perforación.



FIGURA 29

desgaste de la carcaza

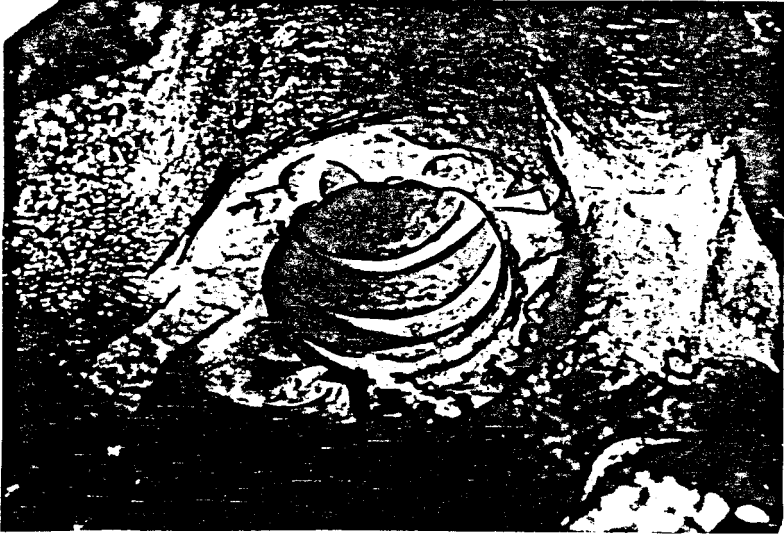
En la (fig. 30) tenemos una broca cuyos conos han rastrillado el fondo. Si la lectura de la broca indica que el cojinete está en buenas condiciones, evidencia que la broca se ha embolado. Esto puede haberse producido por excesivo peso que ha enterrado demasiado a la broca en el terreno, a bien por un insuficiente caudal de la circulación, que no transporta adecuadamente los detritos.

A pesar de que este tipo de desgaste prematuro ocurre generalmente en formaciones muy blandas y plásticas, también puede suceder cuando se baja la columna perforadora muy rápidamente y el pozo no está limpio. Las medidas para evitar el embolado son: disminuir el peso sobre la broca, aumentar el caudal o las dos cosas simultáneamente.

En la (fig. 31) tenemos la taza de la boquilla erosionada lo cual está -- vinculado al embolamiento de la broca. El flujo del fluido es deflectado

boquilla erosionada

FIGURA 31



por el terreno existente entre los dientes golpeando o castigando la cara de la boquilla, acelerando la erosión de la misma.

broca embolada

FIGURA 30



Un daño mecánico, que generalmente ocurre durante una carrera, puede reducir realmente el rendimiento de una broca.

La (fig. 32) muestra lo que es un "indicador de problemas", que muchas veces se pasa por alto. La caja de la boquilla se ha dañado por haber enroscado o desenroscado la broca en un plato defectuoso. Esta caja ha sido deformada hasta tal punto que la boquilla y/o el anillo "O" han sido dañados.

Se debería tener siempre a mano un adecuado plato enroscador para enroscar la broca de la medida correspondiente. El plato debería ser inspeccionado periódicamente y reemplazado en cuanto se halle en malas condiciones.

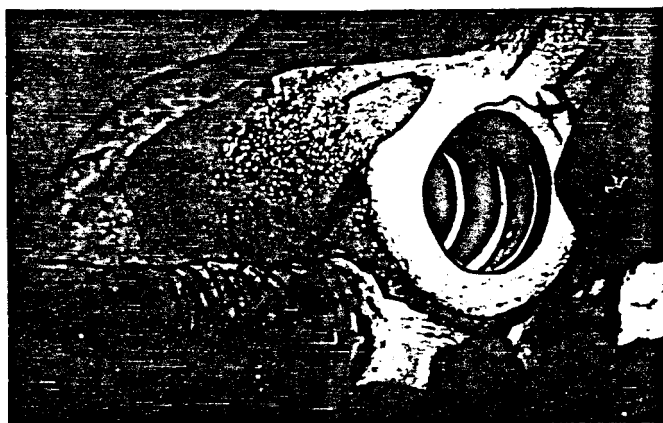


FIGURA 32

caja de la boquilla dañada

En la (figura 33) tenemos una muestra de lo que puede suceder a una broca cuando se baja a un pozo que tiene puente, borde o cualquier otra obstrucción consistente. Otros tipos de daños que ocurren como consecuencia del impacto son: marcas en las pistas de los cojinetes, roturas del eje de los cojinetes y roturas de los conos y dientes, todos los cuales disminuyen el rendimiento de las brocas.

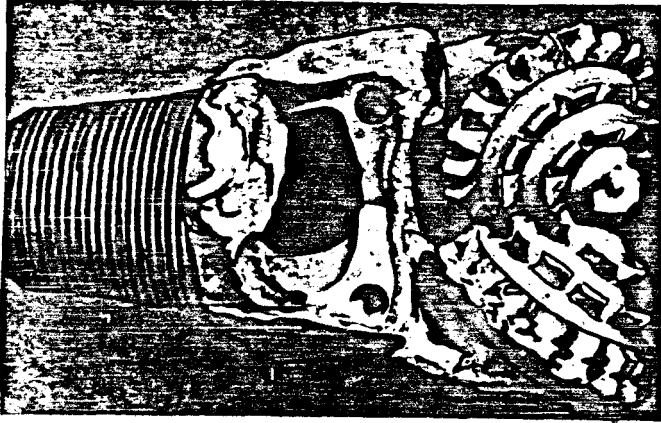


FIGURA 33

broca en pozo estrecho

Como graduar el desgaste de las brocas.- El desgaste de una broca y su evaluación es una operación simple que permitirá mejorar la eficiencia de la perforación y disminuir los costos. El examen de una broca gastada - frecuentemente proporcionará una información valiosa para seleccionar la broca siguiente y además aconsejará si deben ser cambiadas las prácticas de perforación. Cuando se gradúa el desgaste hay que considerar la condición de la estructura cortadora y del cojinete después de haber perforado un tramo del pozo.

El estudio del desgaste nos permitirá:

1. Una evaluación del rendimiento y la característica del desgaste de la broca en relación a las prácticas de operación empleadas.
2. Decisiones basadas en informaciones que conducen a operaciones de perforación más económicas.
3. Proveer información en relación a distintos tipos de brocas empleadas bajo diferentes condiciones de operación y mejorar los diseños.

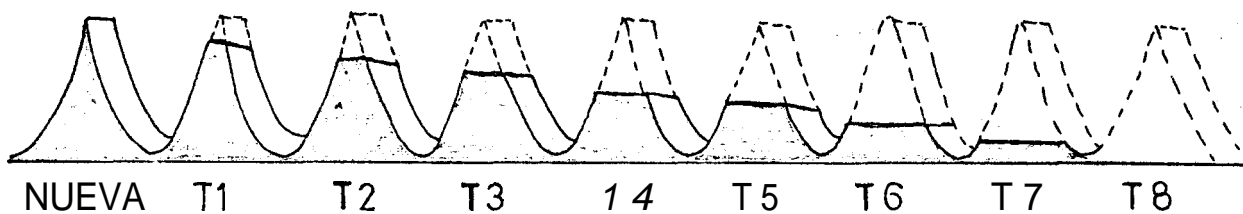
La evaluación del desgaste es relativamente simple si se tiene un buen - criterio y una razonable seguridad. Una evaluación del desgaste correcto

indicará que se deberá hacer en los casos de operaciones no económicas, Así podrá efectuarse una buena selección para disminuir los costos.

Existe un código que determina la vida de los dientes y de los cojinetes, el cual permite que cada uno visualice el desgaste con criterio propio y razonable seguridad.

En las BROCAS A DIENTES, el desgaste de los mismos se gradúa en octavos de su largo original, empleando la letra "T". Si los dientes tienen aproximadamente $1/8$ desgastado, se gradúa T1. Si está sobre la mitad, - se gradúa T5, Esto indica que los $5/8$ del diente se han gastado.

La hilera exterior de los dientes frecuentemente acusa menos desgaste - que las hileras interiores, por lo que se deberá estimar un término medio de las hileras interiores de los dientes, tomándose el mismo para todos los dientes de la broca.



desgaste de los dientes

Cuando el desgaste de la hilera exterior es el mayor que las interiores, debe considerarse el desgaste de la hilera exterior para establecer el promedio del desgaste.

En brocas con insertos de carburo de Tungsteno, el desgaste de la estructura cortadora deberá considerarse como un todo.

T1 indica que $1/8$ G menos se perdió a se usó.

T2 indica que $2/8$ G $1/4$ se perdió a se usó.

T3 indica que $3/8$ se perdió o se usó

T4 indica que $4/8$ G $1/2$ se perdió a se usó.

T5 indica que 5/8 se perdió o he usó.

T6 indica que 6/8 ó 3/4 he ^{perdió}perdió o he usó.

T7 indica yue está entre T7 y T8.

T8 indicu que 8/8 ó toda la estructura ha desaparecido.

La estructura cortadora puede haber desaparecido por roturas, pérdidas o desgastes. Un código de símbolos debe implantarse para una más completa graduación de la estructura cortadora.

BT insertos rotos.

LT insertos perdidos

WT insertos desgastados.

La graduación de una broca será más ilustrativa si se conoce el número - o la cantidad de insertos perdidos o rotos. Letras y números entre pa - réntesis después del símbolo de graduación deben emplearse para indicar los insertos rotos o perdidos.

Por ejemplo, la indicación T2 (BT8, LT7) indican que 1/4 de estructura cortadora ha desaparecido debido a yue tiene 8 insertos rotos q 7 perdi - doh.

La graduación del desgaste de las brocas a dientes y con insertos de car - buro de tungsteno se indica con una "I" cuando no hay desgaste g con una "0" cuando si hay. Una fracción después de la "0" mostrará La cantidad de desgaste en fracción de pulgada de diámetro.

Graduación del desgaste de los cojinetes.² Cojinetes a bolillas q ha - llos.- La graduación del desgaste de éstos sellados o no sellados, de - terminan la cantidad de vida de los que han sido empleados q se la indi - ca en octavos de La vida total esperada, como sigue:

B1, 1/8 del total de la vida del cojinete empleado.

B2, 2/8 ó 1/4 del total de la vida del cojinete empleado.

B3, 3/8 del total de la vida del cojinete empleado.

- 84, $4/8$ $6\ 1/2$ del total de la vida del cojinete empleado.
 85, $5/8$ del total de la vida del cojinete empleado.
 86, $6/8$ $6\ 3/4$ del total de la vida del cojinete empleado.
 B7, $7/8$ del total de la vida del cojinete empleado.
 B8, $8/8$ del total **de** La vida del cojinete empleado.

Para ésto hay que considerar las condiciones de operación utilizadas, - las formaciones perforadas y la zona geográfica. Después de analizar ~~la perforación~~ ^{el rendimiento} en los registros de trépanos o de toda otra información de la zona, recién se determinará la vida que se espera del cojinete o si no en base a la experiencia o información similar de otras zonas.

Lob conos que están sueltos o que tienen juego deben ser graduados B6 6 87 y Lon conos trabados B8, sin tener en cuenta las horas que hayan roto do.

Junto con la graduación numérica de La porción de la vida gastada, los - cojinetes sellados deben indicar La condición de los sellos.

S.E. sello efectivo.

S.Q. sello dudoso

S.F. sello fallado

Cojinetes Journal.- Para éstos, solamente se gradúan S.E., S.Q, y S.F., sin ningún número. Además, se indica con un código adecuado si la broca puede ser bajada nuevamente. Si las condiciones de los sellos son diferentes, es necesario indicar cuál es el sello que está en las peores - condiciones.

CAPITULO II

CONSIDERACIONES TEORICAS

Sabemos que la existencia de hidrocarburos exige como condición, primordialmente la presencia de una cuenca sedimentaria.

En nuestro caso los sedimentos marinos de Edad Cretácea y Terciaria de la cuenca del Napo forman los yacimientos y fuentes de Hidrocarburos en el área Oriental o Región Amazónica, es decir, las formaciones, TENA, NAPO Y HOLLIN.

La formación TENA con espesor de 0-850 m., constituida principalmente por Limolitas, Arcillolitas y Areniscas.

La formación HOLLIN con espesor de 0-90 m., integrada principalmente por Areniscas. Los cuerpos productivos están separados por extractos de Lutitas. El espesor de la secuencia de los extractos de Hollín + Napo + Tena + Tiyuyacu + Orteguaza es aproximadamente 4.000 m., para los pozos del presente estudio.

2.7. CONDICIONES LITOLÓGICAS DEL CAMPO.

La formación Hollín es el yacimiento más importante de la región amazónica) es un tanto discordante hacia su base, corresponde al Cretáceo Medio.

Esta compuesta principalmente por arenisca blanca, de grano grueso en capas gruesas y a veces macizas, intercaladas con lentes de Lutitas y Calizas, ~~La~~ formación es probablemente origen Lagunar) su espesor puede llegar a los 90 m.

La formación NAPO corresponde al Cretáceo superior. Su origen es marino, es un tanto concordante con la formación Hollín. Su espesor -- puede llegar a los 520 m.

Está compuesta principalmente por Areniscas, Lutitas y Calizas en partes variables.

El basal Napo se compone principalmente de Caliza, Areniscas y Lutitas, a menudo interestratificadas.

El Napo Inferior (presenta cambios de Facies abruptos en forma de areniscas, calizas y lutitas). Consta de interestratificaciones de Lutitas oscuras, margas, areniscas glauconíticas y algunos niveles calcáreos.

Los horizontes arenosos son denominados de abajo hacia arriba: Areniscas "T", "U" inferior y "U" superior, habiendo un intercambio de areniscas y lutitas en la parte superior de cada zona arenosa.

En la arenisca "U Superior" aumenta las intercalaciones arcillosas y parcialmente calcáreas.

Sobre el tope de la "arenisca T" se desarrolla la "Caliza B" y sobre puesta a la arenisca U Superior se encuentra la "Caliza A" que pertenece al Napo Medio.

Al Napo Medio también pertenece La zona de la "arenisca M-2" estratificada con Lutitas.

El Napo Superior consiste esencialmente de Lutitas de color gris-oscuro y negro con algunas intercalaciones de calizas.

La transgresión marina de esta formación es la más importante de este punto de vista petrolífero.

La formación Tena es discordante con La Napo, tiene un máximo espesor de 850 m.

Consiste esencialmente de Arcillolitas y Limolitas pardo-rojizas, con numerosas intercalaciones de areniscas y conglomerados.

Cerca de La bane Tena se encuentran "los Cherts" (extractos silificados) y cerca al tope conglomerado.

Su edad corresponde probablemente al Cretáceo Superior, Paleoceno.

La formación TIYUYACU M Concordante con La formación Tena, Tiene un espesor máximo de 550 m., y está compuesta principalmente de Chert y arcillas.

Esta formación comienza con una secuencia clástica de grano grueso de conglomerado y areniscas, luego una secuencia de arcilla arenosa, arcillas y cherts.

Su edad corresponde al EOCENO, de ambiente principalmente continental.

La formación ORTEGUAZA tiene un espesor máximo de 240 m., compuesta principalmente de Lutitas gris-verdosa y roja de gran espesor, con algunas intercalaciones de areniscas conglomeráticas y carbón.

Su edad corresponde al OLIGOCENO.

2.2. ESTUDIO DE LA ZONA DE PERFORACION.

En bane a las características que presentan cada una de las formaciones HOLLIN, NAPO, TENA, ORTEGUAZA, que hablamos en la sección anterior se puede decir básicamente que los cuerpos de roca que vamos a atravesar en La perforación de un pozo petrolero en nuestra región oriental, serán *Im* arcillas, areniscas, calizas, conglomerados y el chert que es el más abrasivo y al que tenemos mayor

cuidado en vista de la dureza que presenta, por lo que tenemos que hacer una buena elección de las brocas que vamos a usar.

En general vamos a perforar roca sedimentaria para la cual tenemos que considerar la dureza y profundidad de ellas, para en base a eso seleccionar la broca según la tabla A y B, que presento, en este tra
bajo.

2.3. CORRELACION DE POZOS EN ESTUDIO

Tenemos el cuadro A, de los distintos topes que tiene cada una de las formaciones en los diferentes pozos presentados para el presen
te estudio, con los cuales puedo perfectamente hacer una correla -
ción entre ellos y estar en capacidad de dar un aproximauo de los topes a encontrar en pozos de desarrollo localizados en esta zona.

En esta correlación tomamos un estrato u horizonte guía (que según el gráfico B., lo tenemos entre las formaciones Napo y Tena) que nos sirva de referencia para comprobar las variaciones de los espe
sores de la cuenca o de la litología de la misma.

2.4. DEFINICION DE TOPES Y BASES.

TOPE es la parte superior de un estrato o formación de la cual se trata, es decir la última parte que se formó en la etapa de la se
dimentación del magma, la parte más joven.

BASE es la parte más inferior de un estrato o formación considera
do, teniendo en cuenta qué es lo primero que se formó en la etapa de sedimentación, es decir, la parte de mayor edad.

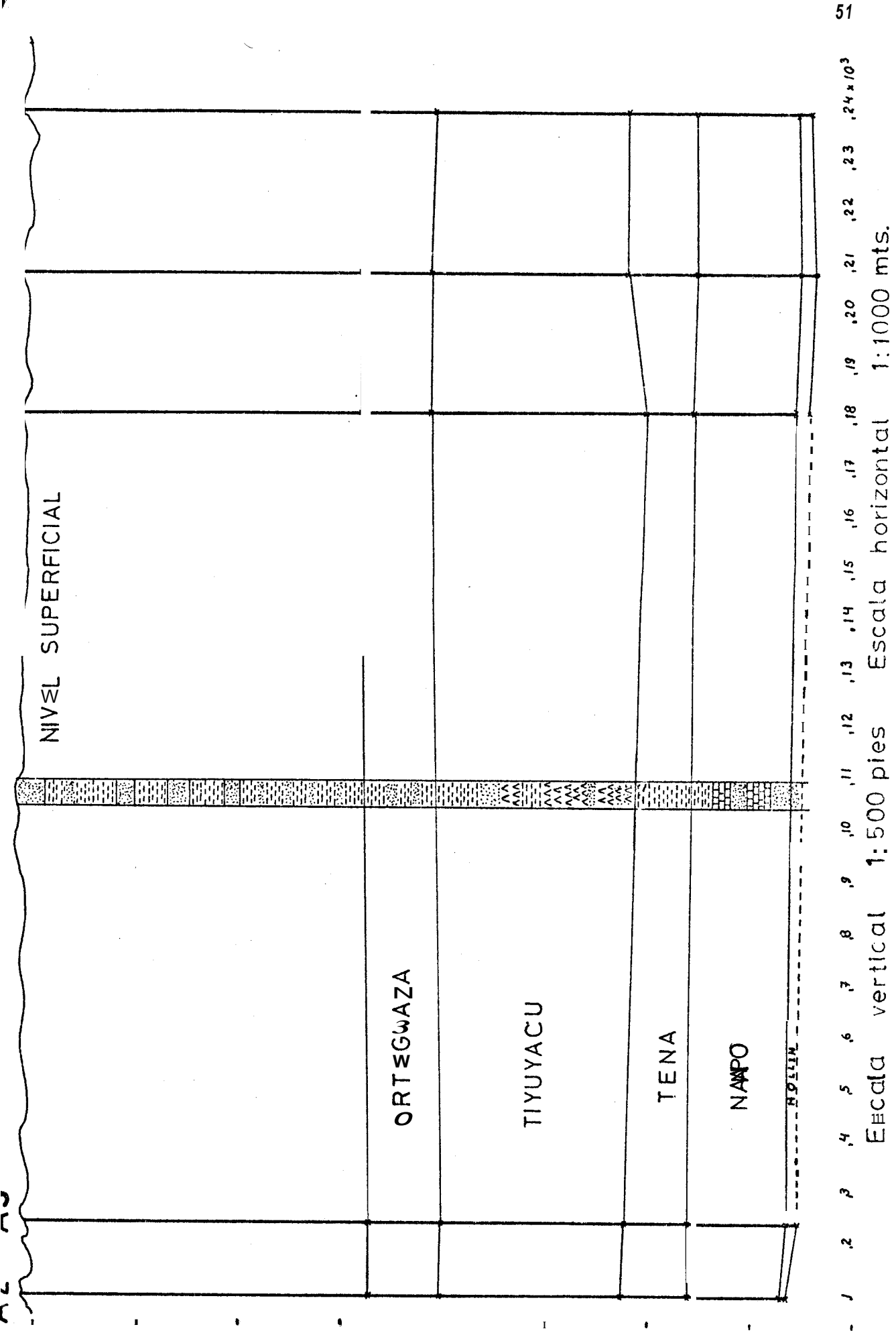
TOPES DE LWS FORMACIONES

P O Z O S

FORMACION	A - 1	A - 2	P - 3	P - 4	A - 5
Oht ^a guaza	5066' (-4187')	5174' (-4265')	5185' (-4270')	5152' (-4231')	5066' (-4187')
T ^a yayacu	5749 (-4868)	5860 (-4951)	5858 (-4878)	5790 (-4909)	5750 (-4865)
T ^a ne	5648 (-6569)	764 (-6755)	7695 (-6780)	7665 (-6584)	7838 (-6953)
N ^a po	8298 (-5119)	8298 (-7389)	8300 (-7885)	8330 (-8449)	8815 (-8180)
Hollio	9350 (-8471)	9222 (-8313)	9314 (-8889)	9364 (-8483)	9330 (-8445)
ura H ^a lfo	8485 (-8616)	9244 (-8335)	8398 (-8182)	9126 (-8615)	

* Cotas absolutas referidas al nivel del mar

Mesa rotar ^a	879	909	915	881	885
Nivel superficial	858	888	894	860	84



NIVEL SUPERFICIAL

ORTEGUAZA

TIYUYACU

TENA

















NAMPO

ESCALA

CAPITULO III

PERFORACION DE POZOS

3.1. CLASIFICACION DE POZOS

Localización del pozo	
Pozo seco	
Pozo de petróleo	
Pozo de petróleo abandonado	
Pozo de gas	
Pozo de gas abandonado	
Pozo de destilado abandonado	
Pozo de petróleo de doble terminación	
Pozo de gas de doble terminación	
Pozo de gas que produce de dos zonas diferentes	
Pozo perforado para inyección de agua	
Pozo de petróleo convertido en pozo de inyección de agua	
Pozo perforado para inyección de gas	
Pozo de petróleo convertido en pozo de inyección de gas	
Pozo desviados	
(La X indica el fondo del pozo)	
Pozo de eliminación de agua salobre	

De acuerdo a la "ubicación" en el yacimiento se pueden clasificar en: Pozos Exploratorios, de Avanzada y de Desarrollo.

"Pozo exploratorio" es el que se perfora para investigar áreas nuevas.

"Pozo de Avanzada" es aquel que se perfora para determinar los límites de un yacimiento que ha sido encontrado.

"Pozo de Desarrollo" es el que se perfora para incrementar la can

tividad de pozos que debe tener un determinado yacimiento según las cuadrículas empleadas.

3.2. CONDICIONES Y PARAMETROS

Los parámetros que influyen en la tasa de penetración y que pueden ser controlados por el operador durante la perforación se enumeran de la forma siguiente:

- a. Brocas
- b. Peso sobre la broca
- c. R P M de La mesa rotaria
- d. Limpieza del fondo del hoyo
- e. Propiedades del fluido de perforación

Otros factores que afectan la tasa de penetración tales como la dureza y tipo de la roca o formación y la presión en sus poros, no pueden ser cambiados, sin embargo, La identificación operacional de un cambio de formación es muy importante.

- a. Sobre las brocas tenemos las más usadas:

J-1, JI-22, I-33, JV4, X3A, XV, XVV, X1G, J-3, JD3, de la fábrica Hughes; La S11J, S13G, FP52J, Y11J, FP51J, de La Reed; F3, 3JS de La Smith y M44N de La Security.

- b. Peso sobre La broca

La perforación de arcilla blanda requiere muy poco peso sobre la broca. En efecto, si se La bajara muy rápidamente, es posible que se "embole". Esta tendencia de la arcilla a formar una bola en la broca es aún mayor cuando se usa un fluido de perforación de arcilla y agua en lugar de hacerlo solamente con agua.

Que espesor de arcilla se ha perforado?
 ¿Que hincha la arcilla?

Cuando la broca "avanza" en la arcilla blanda, la arcilla se adhiere a la broca en lugar de convertirse en parte del fluido en forma de suspensión. Si se permite que este efecto -- continúe y la broca no continúa el avance, se habrá formado en la broca una densa masa de "bola".

Como sabe q' se ha formado?

Esto impide el paso del fluido y verdaderamente sostiene la broca de tal modo que solo la bola de arcilla está en contacto con la formación. Naturalmente, la acción de la perforación se detiene y la tubería de perforación patina sobre la bola de arcilla.

Para este caso la acción del perforador es seguir con un peso mayor sobre la broca, guiado por la suposición de que se ha penetrado una parte dura de la formación. Si no tenemos resultado satisfactorio debemos suponer otra cosa: que la sarta se ha torcido; por lo que levantamos la tubería esperando ver una reducción drástica en la presión de las bombas, en caso de no ser así tenemos que considerar la condición de la broca (tiempo perforando, comparación de otras en esta formación y rata de penetración en arcilla), y por último de la clase de broca que tenemos en dicha formación.

Se puede "evitar el embolamiento" de la siguiente manera:

- Identificando la formación que se perfora. *Como?*
- Seleccionar la broca adecuada para dicha formación o seleccionando una para uso general si no se dispone al momento.
- No avanzar la penetración con la broca más de lo que las bombas pueden resistir.
- Usar el máximo de presión de las bombas.

Podemos en ciertos casos tener también la formación de "arcilla ascendente" la que consiste en una masa o cilindro de arcilla en el anular, la que se produce cuando la tasa es muy

... y se incrementa al la xince entren en (sumersica)

alta y los rípios no alcanzan a entrar en suspensión en el fluido de perforación.

Este problema es posible solucionarlo perforando más despacio dando a las bombas su velocidad máxima o adelgazando el fluido con agua, teniendo en cuenta la presión de formación para que no ocurra fractura de la misma.

EL peso sobre la broca recomendado para Las arcillas es de 10.000 y 15.000 libras (con dientes largos).

Para perforar arenas blandas se requiere de un fluido de perforación con cualidades para formar, enlodar y soportar las paredes del pozo, para que no exista derrumbamiento, ni erosión. que trae como peligro el atascamiento de la tubería y un ensanchamiento del pozo. El fluido deberá también tener capacidad para retener grandes volúmenes de arena en suspensión hasta que ~~que~~ llegue a la superficie, donde puedan ser eliminados por decantación o por el desarenador. Debido a la erosión de la pared bajo el impacto del fluido de perforación y las herramientas de perforación, a veces el pozo se ensancha.

El "derrumbe" ocurre frecuentemente cuando las bombas dejan de funcionar, lo que ocasiona atrape de la broca y tubería atascada, el mejor preventivo de esto es un buen lodo a base de bentonita. Así como también incrementar el peso del lodo para mantener las paredes del pozo por Presión Hidrostática.

La "pérdida de circulación" ocurre en las arenas blandas por ser porosas, al ser perforadas y no existe tiempo que se forme la costra protectora en la pared del pozo. La alta viscosidad y las buenas propiedades impermeables son necesarias en el fluido para que esto no ocurra.

¿Dónde ocurre?

La "filtración" del fluido de perforación hacia la formación, con la consiguiente acumulación de costra en la pared (cuello) produce dificultades; para lo cual el fluido de perforación debe de tener propiedades de filtración baja.

El peso sobre la broca recomendado para las arenas blandas es de 10 a 20.000 libras, es mayor que el de las arcillas. Para esta -- formación la broca debe tener dientes largos.

Para perforar arenas duras, tenemos como problema el de penetrar en la formación que se encuentra a mayor profundidad que las anteriores.

Esta formación es extremadamente abrasiva y bastante dura. Los dientes de las brocas serán cortos y juntos, necesitando un peso considerable, para lo que necesitamos agregar más barras de perforación en la columna. El corte se lo obtiene por medio de un proceso de fragmentación y de molienda en lugar de una acción cortante, por lo que para este método de penetración se requiere de un peso muy grande. Se necesita para ello una velocidad de rotación relativamente baja para evitar que dañen los cojinetes y los dientes que deben ser limpiados correctamente por el fluido de perforación para que los rípios no dañen la formación. Dicho fluido debe de ser de buenas condiciones para que no se produzca filtración debido a las características porosas de la formación y además evitar la pérdida de diámetro de la broca, (desgaste lateral) lo que nos ocasionará un hueco de menor diámetro y si tomamos en cuenta el efecto de lija de la formación, podríamos tener la pérdida de los dientes y aún de los conos, ocasionándose un trabajo de pesca.

Se recomienda un peso de 25-35.000 libras.

Para perforar Lutitas blandas la técnica es similar que con las arcillas llamándolas también lutitas pegajosas, porque posee un contenido evidente de arcilla.

SE prefiere perforar con brocas a conos y dientes largos en estas formaciones, ya que no tendremos desviación del pozo ocasionado por el peso que tienen que soportar y la rata de penetración será óptima

La tendencia de la lutita a quebrarse o a fracturarse es tal que la acción de la broca al penetrar tiende a ser la de quebrar la lutita de la formación en lugar de cortarla, el resultado no es un pozo redondo, de superficie lisa, como en el caso de la perforación de arcillas, sino una superficie áspera fracturada.

La velocidad del fluido de perforación debe de ser máxima y el lodo deberá tener buenas condiciones de sello, para que no se produzca lo que se conoce con el nombre de "desmoronamiento" o "derrumbe":

Explicar. Como lo identifica.
"Desmoronamiento" se refiere al hecho de que partes de las lutitas se separan más o menos constantemente de la pared del pozo y se trae a la superficie con el fluido de perforación. El perforador puede observar estos fragmentos en el tamiz y puede enseguida distinguirlos de los cortadores en el fondo del pozo.

"Derrumbe" es un término que se refiere más a la caída rápida de secciones de la pared del pozo perforado. Frecuentemente ocurre cuando la broca se encuentra fuera del pozo. Es importante informarse de la formación que se está perforando por medio de los ripios que vienen en el fluido de perforación.

Las condiciones del fluido de perforación deben de ser mejoradas para evitar estos problemas manteniendo las paredes del pozo

zo con una buwa costra y bajar el peso sobre la broca, pues si el problema subsiste, puede ocurrir un verdadero desastre, hasta se podría llegar al abandonar el pozo cuando la tubería se encuentra dentro del pozo.

La lutita "se moja" con el fluido de perforación y cuando existe derrumbe o desmoronamiento es preferible usar una emulsión de petróleo-agua, al igual que mantener el pozo lleno del fluido al sacar tubería.

El peso sobre la broca recomendado es de 25-30.000 libras.

Para perforar lutitas duras y semiduras la escala de penetración en la perforación es reducida en un 75% con respecto a la anterior.

Su característica de quebrarse fragmentadamente no cambia, regularmente existe interlaminaciones características y la mezcla de otros materiales como arenas.

Se usan brocas con dientes largos y espaciados para perforar lutitas semi duras ya que necesita soportar gran peso y resistir la abrasión de la arena en sus lados. Si se trata de perforar lutitas duras es necesario que nuestra broca tenga los dientes más cortos. Cuando tenemos un tipo equivocado de broca en el fondo del pozo es posible tener una escala de penetración baja.

Para mantener el pozo vertical, el peso se reduce y la velocidad de rotación se aumenta observando peso sobre la broca de 15-20.000 libras para las lutitas duras. La presión y el volumen máximo de la bomba deberá mantenerse sin desviar el pozo o perder circulación y en caso contrario deberá reducirse. En ciertos casos es necesario poner barita (material pesante) al fluido de perforación para mantener las paredes del pozo.

Debe observarse lo siguiente:

1. Por el modo que *la broca perfora*, el perforador sabrá que la formación es blanda, ya sea arcilla o *tierra*.
2. Observando los ruidos en el tamiz, el perforador puede determinar cual de las formaciones está perforando.
3. Reduciendo las posibilidades, puede eliminarse al menos algunos errores de su parte.
4. Por medio de estos procesos, al hacer evaluaciones de la situación, el perforador estará al tanto del problema y tendrá motivo para decidir.
5. Estando advertido de las posibilidades, el perforador puede hacer su propio plan que tal vez resuelva el problema. Será un plan que tal vez resuelva el problema. Será un plan basado no solo en las recomendaciones dadas aquí, sino también en su experiencia.

En general, La perforación no puede reducirse a un grupo de reglas que se han de memorizar y seguir. La buena perforación se basa en mantenerse alerta en la observación, en considerar todas las posibilidades de una situación. Si éstas se conocen al tomar una decisión evita problemas.

c. RPM de la mesa rotaria.

Las RPM están directamente en relación con el peso sobre la broca, siendo éstos mayores, menores serán las revoluciones. Siendo difícil su selección cuando hay cambios bruscos de formaciones, sin embargo, una combinación adecuada que produzca una acción suave de rodamiento y que evite el rompimiento de los insertos al mínimo, da mejores normas de perforación.

En lutitas el factor RPM ayuda a la penetración más que aumentando el peso del lodo en ciertas ocasiones.

Vamos a tener diferentes revoluciones para perforar las formaciones, así para: arenas blandas de 40 a 80, arenas duras de 35 a 50, lutitas blandas de 50 a 70, lutitas duras y semiduras de 40 a 60 g la arcilla de 80 a 110.

d. Limpieza del fondo del pozo.

El empleo de las brocas a jet ha proporcionado la mejor limpieza del fondo del pozo, así como de los dientes de las mismas, lo que nos da una mejor tasa de penetración por la mayor área de ataque para desgastar la formación con los dientes limpios..

Se requiere de lodos con propiedades adecuadas para que puedan rearrancar (levantar) todos los rípios que son removidos de la formación y alargar la vida de las brocas. Los caballos hidráulicos en la broca son más importantes para limpiar insertos, puesto que el espaciamiento que hay debajo de los conos es menor.

e. Propiedades del fluido de perforación.

Dentro de las propiedades que debemos tener en cuenta, la densidad, la viscosidad aparente, plástica, yiel point, pérdida de filtrado, costra, gels, % arena, % sólidos, que son las más importantes de observar en los fluidos de perforación para los cuales se efectúa un chequeo tanto a la entrada como a la salida. El peso del lodo es factor crítico para la obtención de avances en la penetración.

3.3. HIDRAULICA DE PERFORACION

Generalidades.- La introducción de la perforación rotaria trajo como consecuencia el n del fluido de perforación .

La hidráulica de perforación apareció conjuntamente con el uso de chorros o jet en las brocas. Al reducir bruscamente el área de curculación del fluido, se está creando un cambio brusco de velocidad del

mismo y por consiguiente, una variación grande de la presión entre los puntos antes del orificio y después del orificio.

En vista de esto fue necesario conocer, como la presión usada para poner el fluido en movimientos se va perdiendo en el sistema de circulación, para poder soportar esa caída grande de presión en la broca, originada por los chorros q aún levantar la columna de fluido hasta la superficie. Como el impacto hidráulico originado por el fluido - contra la formación, cuando sale a gran velocidad por los chorros, - es favorable a la penetración de la broca, por lo que se trata de entonces de minimizar la caída de presión del sistema q permitir que la máxima presión se pierda en la broca.

Por lo dicho, es necesario conocer muy bien de la energía que se dispone para circular el fluido, las secciones que componen el sistema de circulación q en qué régimen de flujo está fluyendo el fluido, para así poder determinar como se está perdiendo la presión transportada por él cada vez que realiza un ciclo de circulación, esto impone la necesidad de conocer:

- a. El sistema de circulación.
- b. Características de la bomba q su instalación.
- c. Manera de determinar el régimen del fluido.
- d. Métodos para calcular la caídas de presión.

El fluido de perforación es impulsado por bomba, efectúa un recorrido por tuberías, mangueras, canales, tanques, etc., todos en formas q características diferentes, lo que hace que cuando el fluido regresa a la bomba para iniciar un nuevo ciclo de circulación, ha sufrido cambios en su régimen de flujo lo que dificulta el cálculo de la caída de presión, por eso es necesario conocer por dónde el fluido circula y analizar para cada sección la forma como el fluido fluye.

La presión de la bomba para poner en movimiento el fluido, se pierde

totalmente cuando recorre desde las líneas horizontales hasta las líneas de retorno, de allí en adelante el fluido sigue circulando por gravedad.

Si la presión del fluido cuando alcanza la línea de retorno es cero, esto quiere decir que las sumas de las caídas de presión en todo el sistema debe ser igual a la presión de salida de la bomba.

El operario acostumbra tomar como presión de salida de la bomba, la indicada en un manómetro colocado en la plataforma del pozo. Esto indica que para determinar la caída de presión en las conexiones superficiales, no se toma en cuenta la línea horizontal de la bomba a la base del pozo.

Analizando la caída de la presión se tiene:

$$P_s = C_{Ps} + C_{Ptp} + C_{Pbr} + C_{Phlb} + C_{phtp} \quad (1)$$

P_s = es la presión de salida de la bomba (lppc)

C_{Ps} = es la caída de presión en las conexiones superficiales (lppc).

C_{Ptp} = es la caída de presión dentro de la tubería de perforación (lppc)

C_{Plb} = es la caída de presión dentro de los lastrabarrenas. (lppc)

C_{Pbr} = es la caída de presión en los chorros de la broca (lppc).

C_{Phlp} = es la caída de presión en el anular entre el hueco y los lastrabarrenas (lppc).

C_{Phtp} = es la caída de presión en el anular entre el hueco y la tubería de perforación (lppc).

La caída de presión en la sección tubería de revestimiento y tubería de perforación, se incluye en la sección hueco y tubería de perforación. Esto hace suponer que no se ha cementado la tubería de revestimiento superficial y que todo el espacio anular lo componen hueco-lastrabarrenas y hueco-tubería de perforación.

Velocidad crítica.- Conocemos que en flujo laminar las partículas individuales del fluido se remueven en líneas rectas paralelas a la direc -

ción del movimiento del fluido: en el flujo turbulento su movimiento es un rebote o bamboleo energético dentro de la dirección general en la que el fluido se está moviendo. En general es indeseable el flujo turbulento en el anular. Es más erosivo que el flujo laminar y puede causar serios ensanchamientos del pozo.

El agrandamiento de secciones del pozo puede dar por resultado acumulación de los resortes, cementaciones deficientes y dificultades en la evaluación de la formación. Se necesita una elevada presión de circulación para mantener el flujo turbulento en el anular, aun cuando la viscosidad del lodo solo sea moderadamente alta. Este reduce la presión disponible para la broca (disminuyendo con ello las velocidades de penetración) y puede causar pérdidas excesivas de presión (las que pueden dar como resultado pérdida de circulación).

Aún más, la turbulencia tiende a promover elevadas velocidades de filtración, al remover el revoque de las paredes. Por todas estas razones es preferible evitar la turbulencia en el espacio anular. La distinción entre flujo laminar y flujo turbulento es básicamente una función de la velocidad. Si la velocidad en una sección del anular es suficientemente baja, el flujo será laminar. A altas velocidades el flujo es turbulento.

La velocidad crítica para la sección es la línea divisoria entre flujo laminar y turbulento. Si la velocidad es inferior a la velocidad crítica, se obtiene un flujo laminar. Preferimos utilizar la expresión "no laminar" en vez de turbulento porque el lodo pasa por una fase de transición entre los flujos laminar y turbulento; desde un punto de vista práctico, estamos especialmente interesados en que el flujo deja de ser laminar.

La velocidad crítica depende no solamente de la densidad y de las propiedades reológicas del lodo, sino también del diámetro hidráulico de la sección. La sección más estrecha (opuesta a Rob portamechas) ten-

drá La velocidad crítica más alta: ain embargo, debido a que La velocidad es habitualmente mucho mayor que en las secciones más grandes, el Lodo entrará en turbulencia frente a los portamechas antes que en ninguna otra sección.

Es posible tener flujo turbulento en ciertas secciones del anular y flujo laminar en otras secciones. Por el contrario, el flujo descendente en la sarta es casi siempre turbulento debido al pequeño diámetro y a las altas velocidades.

El cálculo de la velocidad crítica se basa tradicionalmente en el número de Reynolds, un parámetro adimensional que incorpora los siguientes factores:

- a. Densidad del Lodo
- b. Diámetro hidráulico de La sección.
- c. Velocidad promedio del Lodo
- d. Viscosidad del Lodo

Para los flúidos Newtonianos se dá por supuesto que el número de Reynolds es inferior a 2.100 en caso de flujo laminar y superior a 2.100 en caso de flujo turbulento. Esto es pues, el número crítico de Reynolds para flúidos Newtonianos.

El número crítico de Reynolds para lodos puede, ain embargo, variar entre 2.100 y 3.000. La variación depende principalmente del índice de comportamiento del flujo laminar (n). Cuando más bajo es el valor de (n), más alto es el número de Reynolds.

Por lo tanto, la velocidad crítica para el flúido de perforación fluyendo a través del drill collar o drill pipe, puede ser determinado por la fórmula:

$$V_c = 1.08 \overline{PV} + 1.08 (\overline{PV} + 12.34 d^2 \overline{yp} w)^{\frac{1}{2}} \quad /wd. \quad (2)$$

de donde V_c = velocidad crítica (pie /seg)

PV = viscosidad plástica (cp)

d = diámetro interior del drill collar o drill pipe (pulg.)

- y_p = yield point (punto de cedencia) lb/100 pie².
 w = densidad del fluido (lb/pulg.)
 $*d$ = $d_r - d_p$ para cuando tratamos del anular.

3.4. PROGRAMA DE BROCAS

El programa de brocas se realiza en base a cierta información de la columna geológica generalizada que se tiene de la cuenca amazónica y a las brocas que nos han proporcionado un rendimiento aceptable en los pozos ya perforados con anterioridad, y en ciertas ocasiones cuando se trata de pozos exploratorios usamos brocas similares según la tabla A y B, dependiendo de lo que disponemos en existencia de bodega.

La clasificación tanto para las brocas a dientes como de inserto, se la realiza en base a la tabla de equivalencias de la API que es el organismo que da las bases necesarias para su fabricación y que están basadas según el código IAVC.

Según este código podemos denominar a una broca con numeración que nos va a indicar lo siguiente: El primer dígito clasifica a la broca en dos tipos; ya sea a dientes del 1 al 3 y de insertos del 5 al 8. El segundo dígito la dureza de la formación del 1 al 4 y el último las características propias de cada broca y varía del 1 al 7. Así por ejemplo al tipo X3A la podemos denominar 174 g a una 3-3 por 136.

El diámetro de la broca está de acuerdo a la profundidad total del pozo, así como también de la tubería de revestimiento que se vaya a utilizar, dependiendo de las diferentes zonas problemas que se puedan presentar.

Vamos a presentar un cálculo del diámetro de la broca conociendo el diámetro (7") por la fórmula: $D_b = V_u + 2 j$

D_b = diámetro de la broca

V_u = diámetro de la unión de la tubería de revestimiento (tabla 2)

194.5 mm.

j = juego radial entre La unión y las paredes del pozo (tabla 1) 20-25 mm.

$$D_b = 194.5 + 2 = 244.5 \text{ mm. que nos dá } 9 \frac{5}{8}'' \text{ (tabla 3)}$$

Luego vamos a calcular el diámetro interior mínimo del revestimiento por el cual pasará La broca calculada.

$$d_{\min} = D_b + 2j_l$$

j_l en función del tipo de broca y diámetro de La tubería de perforación de 3 a 6 mm.

$$d_{\min} = 244.5 \text{ mm.} + 2 \times 4 = 252.5 \text{ mm.}$$

que según la tabla 4 tenemos 258.8 mm. (tomamos el mayor) que corresponde a la tubería de revestimiento de 10 3/4" con 32.75 lbs./pies.

EL diámetro del hueco superficial se lo efectúa de igual forma y tendrá con TR 10 3/4" y 298.4 mm y $j = 30$.

$$\text{luego, } D_b = D_u + 2j = 298.4 + 2 \times 30 = 358.4 \text{ mm.}$$

Lo que nos corresponde a 349.3 de La broca 13 3/4" (tabla 3)

Sugerencias para seleccionar el tipo de brocas:

- Para el hueco superficial es buena práctica obtener la más rápida penetración.
- A medida que los "viajes" llevan más tiempo (por lo tanto más costosos) la perforación más económica resulta de obtener más metros perforados en lugar de mayor avance por hora.
- La profundidad y espaciamiento de los dientes es primordial para lograr una autolimpieza.
- La suficiente cantidad de dientes para la remoción de la formación--es a veces, más importante que la profundidad de los dientes.
- El uso adecuado de la rotación evita el desgaste en el diámetro de la broca y protege la estructura del diente.
- Se sugiere usar brocas con insertos protectores del diámetro cuando se encuentran franjas arenosas no previstas.

Es importante observar el geólogo del cual vamos a tener: tensión del bloque (lbs. peso), rata de penetración, torque de la rotaria y presión de las bombas.

3.5. BROCAS USADAS DURANTE LA PERFORACION

Como podemos observar en los cuadros adjuntos, las brocas más usadas durante la perforación de un pozo de petróleo en nuestra región amazónica son: para el tamaño 12 1/4", exclusivamente el tipo Y11J y para el tamaño 8 3/4" tenemos los tipos: S11J, J-1, JD3, FP52J, S13GJ, X3A, 3JS, JD4, J-3, J-22, X1G, XDV, M44N, etc., según lo vemos en los cuadros.

Tenemos que hacer énfasis que también usamos una broca a diamante de --
ti 15/32, la cual se usa para tomar muestra o CORE de una determinada formación para su análisis geológico y PVT.

Broca para muestra o de fondo? Diferencia

3.5.

P O Z O A - 1

N°	TAMAÑO	TIPO	JET	PROFUNDIDAD	PIESAJE	TIEMPO ROTACION	RATA	COSTO DE LA BROCA	T B G
1	12 1/4 (R)	Y11J	3/11	780	780	8	97.5	18.980	1 1 1
2	8 3/4 (H)	J-i	3/10	2688	1908	21.5	88.7	21,350	4 8 1
3	8 3/4 (R)	S11J	3/10	4700	2012	35	57.5	13.200	3 6 1
4	8 3/4 (R)	S11J	3/10	5450	750	16.5	45.4	13.200	6 6 1
5	8 3/4 (Se)	M44N	3/10	5940	490	32	15.3	21.350	7 6 1
6	8 3/4 (Se)	M44N	2/10 1/9	6153	213	14	15.2	21.350	6 5 1
7	8 3/4 (H)	X1G	1/9 2/10	6521	368	23.5	15.6	21.350	2 7 1
8	8 3/4 (H)	J-1	1/9 2/10	7088	567	32	17.7	21.350	6 7 1
9	8 3/4 (R)	FP51J	1/9 2/10	7567	459	15.5	29.6	53.980	8 8 1/4
10	8 3/4 (H)	JD3	1/9 2/10	7669	122	7.5	16.3	25.360	8 2 1
11	8 3/4 (H)	J-1	1/9 2/10	8122	453	22	20.6	21.350	5 8 1
12	8 3/4 (H)	J-1	1/9 2/10	8329	207	10.5	19.7	21.350	7 5 1

CUADRO A

POZO A-1 (continuacion...)

N°	TAMAÑO	TIPO	JET	PROFUNDIDAD	PIESAJE	TIEMPO ROTACION	RATA	COSTO DE LA BROCA	T B G
13	8 3/4(H)	JD4	1/9 2/10	8370	41	5.5	7.45	25.360	5 5 1
14	8 3/4(Sm)	F-3	1/9 2/10	9128	758.	66.5	11.4	53.980	4 6 1/8
15	8 3/4(Sm)	3JS	1/11 2/9	9615	487	45	10.8	53.980	8 7 1/8
16	8 3/4(Sm)	3JS	2/9 1/11	9750	135	17.5	7.7	53.980	5 4 1
17	8 3/4(H)	X55R	1/9 2/10	9810	60	10.5	5.7	13.495	1 4 1

N°	TAMAÑO	TIPO	JET	PROFUNDIDAD	PIESAJE	TIEMPO ROTACION	RATA	COSTO DE LA BROCA	T B G
1	12 1/4(R)	Y11J	3/10	770	770	10	77.0	18.980	6 6 D
2	8 3/4(R)	S11J	2/10-1/11	2801	2031	25	88.31	13.200	7 6 I
3	8 3/4(R)	S11J	2/10-1/11	4143	1342	17	78.95	13.200	5 8 I
4	8 3/4(R)	S11J	3/10	5084	941	16	58.82	13.200	4 5 I
5	8 3/4(H)	J-1	3/10	5895	811	19	42.69	21.350	7 5 1/8
6	8 3/4(H)	JD3	3/10	6273	378	23.5	16.09	25.360	6 5 I
7	8 3/4(R)	S13GJ	3/10	6484	211	12	17.60	15.600	4 7 I
8	8 3/4(H)	J-1	3/10	6821	337	18	18.70	21.350	7 4 1/4
9	8 3/4(R)	FP52J	3/10	7545	724	38	19.06	53.980	8 8 1/8
10	8 3/4(H)	X3A	2/10-1/9	7670	125	7	17.90	21.950	8 8 1
11	8 3/4(R)	S13GJ	2/10-1/9	7752	82	14.5	5.70	15.600	8 6 I
12	8 3/4(H)	X3A	2/10-1/9	7968	216	14.5	14.90	21.950	2 8 I
13	8 3/4(H)	X3A	2/10-1/11	8264	296	19.5	15.18	21.950	2 8 I
14	8 3/4(H)	X3A	2/10-1/11	8371	107	11.0	9.73	21.950	7 7 I
15	8 3/4(R)	FP52J	2/10-1/11	8845	474	51.0	9.3	53.980	2 2 I
CORE 1	8 15/32	c-20		8891	46	15.5	2.97		

Pozo A-2..... (Continuación)

N°	TAMAAO	T I P O	J E T	P R O F U N D I D A D	P I E S A J E	T I E M P O R O T A C I O N	R A T A	C O S T O D E L A B R O C A	T B G
16	8 3/4 (Sm)	3JS	3/10	8901	10	1.0	10.0	53.980	
Core									
2	8 15/32	c-20		8928	27	8.5	3.18		
(RR)									
16	8 3/4 (Sm)	3JS	3/10	9024	96	7.0	13.7	53.980	
Core									
3	8 15/32	c-20		9054	30	17.0	1.77		
17	8 3/4 (Sm)	3JS	3/10	9400	346	30	11.54	53.980	7 7 1/2

BIT RECORD
P O Z O A - 3

N°	TAMAÑO	TIPO	JET	PROFUNDIDAD	PIESAJE	TIEMPO ROTACION	RATA	COSTO DE LA BROCA	T B G
1	12 1/4 (R)	J11J	3/11	760	760	8	95.0	18.980	
2	8 3/4 (R)	S11J	1/11-2/10	2748	1988	26	64.9	13.200	88 1/8
3	8 3/4 (R)	S11J	1/11-2/10	3895	1147	14.5	79.1	13.200	36 I
4	8 3/4 (H)	X3A	1/11-2/10	5336	1441	22.5	64.05	22.625	22 1/2
5	8 3/4 (H)	X3A	1/11-2/10	5618	282	7	40.3	22.625	68 I
6	8 3/4 (H)	J-3	3/10	6037	419	23.5	17.8	25.360	74 1/8
7	8 3/4 (Se)	M44N	3/10	6340	303	28	10.8	19.600	78 I
8	8 3/4 (H)	JD4	3/10	6834	494	36.5	13.5	25.360	68 I
9	8 3/4 (H)	XDV	3/10	6940	106	9	11.8	26.290	75 1/8
10	8 3/4 (R)	FP52J	1/10-2/11	7704	764	49	15.6	53.980	4 6 1/8
11	8 3/4 (H)	X3A	1/11-2/10	8014	310	18.5	16.7	22.625	2 8 I
12	8 3/4 (H)	X3A	2/11-1/10	8214	200	18.0	11.2	22.625	4 8 I
13	8 3/4 (H)	X3A	2/11-1/10	8383	169	14.0	16.8	22.625	7 7 I
14	8 3/4 (R)	FP52J	2/11-1/10	8920	537	59.5	9.03	53.980	2 3 I
R 14	8 3/4 (R)	FP52J	2/11-1/10	9001	81	7	11.57	53.980	3 4 I

A-3.... (continuación)

	TAMAÑO	TIPO	JET	PROFUNDIDAD	PISSAJE	TIEMPO ROTACION	RATA	COSTO DE LA BROCA	T B G
5	8 3/4 (Sm)	3JS	3/10	90 ^{PH} 4	83	3	11.0	53 980	
R 4	8 3/4 (R)	FP52J	3/11	9190	20	1.5	13.3	53 980	■ ■
6	8 3/4 (Sm)	3JS	3/11	9440	226	14.5	15.6	53 980	■ ■

N°	TAMAWO	T I P O	JET	PROFUNDIDAD	PIESAJE	TIEMPO ROTACION	RATA	COSTO DE LA BROCA	T B G
1	12 1/4 (R)	Y11J	3/14	1120	1120	10	112	18.980	
2	8 3/4 (H)	J-1	3/11	3637	2517	35	71.9	21.500	7 4 1
3	8 3/4 (H)	J-1	3/11	5365	1728	29.5	59	21.500	4 5 1
4	8 3/4 (H)	X3A	3/10	5947	582	27.5	21	22.625	8 8 1
5	8 3/4 (H)	X3A	3/10	6317	370	18.5	20	22.625	6 8 1
6	8 3/4 (H)	X3A	3/10	6735	418	19.0	22	22.625	4 8 1
7	8 3/4 (R)	S11J	3/10	7055	320	16.5	19.3	13.200	8 6 1/4
8	8 3/4 (H)	XDV	3/10	7220	165	6.5	25.4	26.290	8 8 2
9	8 3/4 (R)	FP52J	3/10	7693	473	24.5	19.3	53.980	5 4 1
10	8 3/4 (H)	X3A	3/10	8071	378	22.5	16.8	22.625	4 8 1
11	8 3/4 (H)	X3A	3/10	8260	189	15.0	12.6	22.625	6 8 1
12	8 3/4 (R)	FP52	2/10-1/11	8913	653	63.0	10.3	53.980	3 4 1
Core 1	8 15/32	CHR15		8943	30	12.5	2.8		
R 12	8 3/4 (R)	FP52J	2/10-1/11	8983	40	3	13.3	53.980	6 6 1

N°	TAMAÑO	TIPO	JET	PROFUNDIDAD	PIESAJE	TIEMPO ROTACION	RATA	COSTO DE LA BROCA	T B G
1	12 1/4(R)	Y11J	3/11	1110	1110	12.5	88.8	18.980	4 6 I
2	8 3/4(R)	S11J	1/10-2/12	3100	1990	29	68	13.200	8 8 I
3	8 3/4(R)	S11J	2/12-1/10	4775	1675	29	57	13.200	6 8 I
4	8 3/4(H)	X3A	2/11-1/10	5765	990	25	39.6	22.625	7 8 I
5	8 3/4(H)	X1G	2/11-1/10	6186	421	23	18.3	21.350	6 6 I
6	8 3/4(H)	XDV	2/11-1/10	6358	172	25	6.8	26.290	7 6 I
7	8 3/4(H)	J-3	2/11-1/10	7059	701	50.5	13.8	21.500	7 6 I
8	8 3/4(H)	J-22	3/10	7911	852	39	21.8	81.800	8 8 I
9	8 3/4(H)	J-1	3/11	8344	433	26.5	16.3	21.500	5 5 I
10	8 3/4(Sm)	3JS	3/10	8609	265	28	9.5	81.725	1 5 I
11	8 3/4(R)	FP52J	2/10-1/11	9226	617	54.5	11.7	53.980	I
12	8 3/4(R)	FP52J	2/10-1/11	9520	294	24.5	12.0	53.980	5 4 I

CUADRO D

Pozo A-5.(continuación)

N°	TAMAÑO	TIPO	JET	PROFUNDIDAD	PIESAJE	TIEMPO ROTACION	RATA	COSTO DE LA RROCA	T B G
13	8 3/4(R)	FP52J	2/10-1/11	9165	182	19.5	9.3	53.980	6 3 1
Core 2	8 15/32	CHRIS		9195	30	10.5	9		
R 13	8 3/4(R)	FP52J	2/10-1/11	9435	240	30.5	7.9	53.980	7 4 1

CAPITULO IV

4.7. ESTUDIO ECONOMICO DEL RENDIMIENTO DE LAS BROCAS

Fórmulas empleadas:

* Peso sobre la broca (lbs.)

$$PSB = \phi_b \times w_b \quad (A)$$

PSB = Peso máximo sobre la broca (lbs.)

ϕ_b = Diámetro de la broca (pulgs.)

w_b = Peso sobre la broca (lbs./pulgs.)

* Longitud de lastrabarrenas

$$Llb = \frac{PSB \times w_{lb}}{w_u} \quad (B)$$

Llb = Longitud de los lastrabarrenas (pies)

w_{lb} = Peso de lastrabarrenas (1.4)

w_u = Peso unitario de lastrabarrenas (lbs./pies)

* Caída de presión (lbs./pulgs.)

P_s = presión de salida de La bomba (lb./pulg.²)

$$P_A = C_{Ps} + C_{Ptp} + C_{Plb} + C_{Pbr} + C_{Pb-lb} + C_{Ph-tp} \quad (1)$$

P_A = caída de presión en las conexiones de superficie (lb./pulg.²)

C_{Ptp} = caída de presión dentro de la tubería de perforación (lb./pulg.²)

C_{Plb} = caída de presión de los lastrabarrenas (lb./pulg.²)

C_{Pbr} = caída de presión en los chorros de la broca (lb./pulg.²)

C_{Pb-lb} = caída de presión en el anular hueco-lastrabarrenas (lb./pulg.²)

C_{Ph-tp} = caída de presión en el hueco-tubería de perforación (lb./pulg.²)

* Velocidad crítica (pie/seg.)

$$V_c = [1.08 \overline{PV} + 1.08 (\overline{PV}^2 + 12.34 b^2 \overline{YP} W)^{\frac{1}{2}}] / Wd. \quad (2)$$

PV = viscosidad plástica (cp)

d = diámetro interior del drill collar o drill pipe (pulgs.)

YP = Yield point (punto de cedencia) lb/100 pie²

W = densidad del fluido de perforación (lb/gal)

d = (dh-dt) para cuando se trata del anular (pulgs.)

* La relación del costo de perforación como función de las condiciones de perforación es :

$$C_T/\text{pie} = \frac{C_b + C_e (t_v + t_r)}{P} \quad (3)$$

C_T/pie = costo por pie perforado (S/.)

C_b = costo de la broca (S/.)

C_e = costo de operación del equipo (S/.)

t_v = tiempo de viaje (h a m)

t_r = tiempo de rotación (horas)

p = piesaje (pies)

* Factor de eficiencia

$$F_e = \frac{t_{vr} \times 1.000}{P} \quad (4)$$

F_e = factor de eficiencia del equipo

t_{vr} = tiempo de viaje real

p = profundidad

$$\overline{F_e} = \frac{\sum F_e}{n F_e} \quad (5)$$

$\overline{F_e}$ = factor de eficiencia promedio

F_e = suma de factores de eficiencia

$n F_e$ = número de factores

* Tiempo de viaje corregido

$$t_{vc} = \frac{P \times \overline{F_e}}{1.000} \quad (6)$$

t_{vc} = tiempo de viaje corregido

P = profundidad

$\overline{F_e}$ = factor de eficiencia promedio

$$* C_{te} = \frac{C_b + C_e (t_{vc} + t_r)}{P} \quad (7)$$

Ctc = costo total corregido

Ctr = costo total real

* costo del equipo = S/.18.000/hora

* no se toma en cuenta el tiempo de rimado del pozo, para el tiempo de rotación.

* el tiempo de viaje de la última broca es = el tiempo de sacada de la misma.

* horas de viaje reales, es el tiempo real que emplea el equipo para meter y sacar tubería para el cambio de brocas.

* dentro del rubro "costo del equipo" están incluidos:

* Una tarifa diaria de equipo y auxiliares S/.9.700,00

* broca con sigla "R" a su costado derecho, significa vuelta a correr.

* la broca con siglas "RR" a su costado derecho significa 2 veces corrida

* se ha tomado en consideración para este estudio: formación por formación es decir, siguiendo el orden estratigráfico de la cuenca sedimentaria Oriental: Orteguaza, Tiyuyacu, Tena, Napo, Hollin y Pre-Hollin; para analizar el costo por pie promedio de cada formación

* al analizar cada formación tomamos en cuenta:

I) intervalo de la misma.

II) brocas utilizadas.

III) horas de rotación.

IV) ratas de penetración.

V) costo por pie por broca.

VI) valor total del intervalo, para luego sacar el costo por pie promedio del intervalo.

4.2. EVALUACION ECONOMICA PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE FORMACIONES

Tenemos en el cuadro (A) los topes reales de las diferentes formaciones en base a las cuales presentamos La presente evaluación tomando en consideración Lo siguiente:

I) la profundidad última del hueco superficial de 12 1/4" con casing de 9 5/8" en el diferenciado.

- II) La mejor tasa de penetración la tenemos en el Pozo A-5.
- III) Se ha tomado solamente la broca Y11J por la de mejor rendimiento que se ha probado de acuerdo al costo promedio por pie.
- IV) El pozo exploratorio tiene mayor costo que el de desarrollo.

C U A D R O # 1

HUECO SUPERFICIAL - FORMACION ORTGUAZA

POZO	BROCA TIPO	HUECO SUPERFICIAL	HORAS DE ROTACION	RATA	COSTO/PIE S/.	COSTO VEL INTERVALO	
A-1	Y11J	760	b	97.5	223.05	773.979	*
A-2	Y11J	770	70	77.0	270.69	208.431.7	*
A-3	Y11J	760	b	95.0	261.71	798.899.6	
A-4	Y11J	1110	72 $\frac{1}{2}$	88.8	233.33	258.996.3	
A-5	Y11J	1120	10	772	207.77	225.982.4	

1120
Pozos?

TD?

CUADRO # 2

FORMACION INDIFERENCIADO

DESDE LA BASE DEL HUECO SUPERFICIAL HASTA EL TOPO DE LA ORTEGUAZA

POZO	BROCCAS	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO/PIE S/.	COSTO TOTAL INTERVALO	T B G	COSTO DEL INTERVALO
A-1	J-1	1908	21.5	88.7	242.32	462.346.6	4 8 I	300.4
A-1	SIIIJ	2012	35	57.5	355.47	<u>715.205.6</u>	3 6 I	
Profundidad tomada: 4700-780=3920'						177.552.2		
A-2	SIIIJ	2031	25	88.31	250.22	508.196.8	7 6 I	292.07
A-2	SIIIJ	1342	17	78.95	284.80	382.201.6	5 8 I	
A-2	SIIIJ	941	16	58.82	396.60	<u>373.200.6</u>	4 5 I	
Profundidad tomada: 5084-770=4314'						1263.599.02		
A-3	SIIIJ	1988	26	64.9	269.22	535.209.4	8 8 1/8	299.83
A-3	SIIIJ	1147	14.5	79.1	293.98	337.195.0	3 6 I	
A-3	X3A	1441	22.5	64.05	346.72	<u>499.623.5</u>	2 2 1/2	
Profundidad tomada: 5336-760=4576'						1.372.027.9		
A-4	SIIIJ	1990	29	68	296.08	589.199.2	8 8 I	323.98
A-4	SIIIJ	1675	29	57	357.13	<u>598.192.7</u>	6 8 I	
Profundidad tomada: 4775-1110=3665						1.187.391.95		
A-5	J-1	2517	35	71.9	283.84	714.425.3	7 4 I	315.4
A-5	J-1	1728	29.5	59.0	316.40	<u>624.499.2</u>	4 5 I	
Profundidad tomada: 5365-1120=4245'						1.338.924.5		

C U A D R O # 3
FORMACION ORTEGUAZA

Profundidad real : 5747-5066=681'

POZO	BROCAS	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO/PIE S/.	COSTO TOTAL INTERVALO	T B G	COSTO DEL INTERVALO
A-1	S11J	750	16.5	45.4	557.6	418.200	6 6 I	891.58
A-1	M44N	490	32	15.3	1402.76	<u>687.352.4</u>	7 6 I	
Profundidad tornada : 5940-4700=1240'						1.105.552.4		

Profundidad real : 5860-5174=686'

A-2	J-1	811	19	42.69	536.81	435.352.9	7 5 1/2	536.81
Profundidad tornada: 5895-5084=811'								

Profundidad real: 5888-5185=803'

A-3	X3A	282	7	40.3	782.36	220.625.5	6 8 I	1.082.7
A-3	J-3	419	23.5	17.8	1284.87	<u>538.360.5</u>	7 4 1/8	
Profundidad tornada: 6037-5336=701'						758.986.0		

Profundidad real: 5790-5152=638'

A-4	X3A	990	25	39.6	550.13	544.13	7 8 I	550.13
Profundidad tomada : 5765-4775=990'								

Profundidad real : 5750-5065=685'

A-5	X3A	582	27.5	21	1013.1	589.624.2	8 8 I	1.013.1
Profundidad tomada: 5947-5365=582'								

C U A D R O # 4

FORMACION TIYUYACU

Profundidad real: 7648-5747'=1901'

POZO	BROCAS	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO/PIE	COSTO TOTAL INTERVALO	T B G	COSTO DEL INTERVALO
A-1	M44N	213	14	15.2	1748.13	372.349.6	6 5 I	1.347.8
A-1	X1G	368	23.5	15.6	1500.95	552.349.6	2 7 I	
A-1	J-1	567	32	17.7	1228.13	696.349.7	6 7 I	
A-1	FP51J	459	15.5	29.6	960.74	440.979.7	8 8 1/4	
A-1	JD3	122	7.5	16.3	2199.67	<u>268.359.7</u>	8 2 I	

Profundidad tomada: 7669-5940=1729'

2.330.388.3

Profundidad real: 7664-5860=1804'

A-2	JD3	378	23.5	16.09	1424.23	538.358.9	6 5 I	1.330.3
A-2	S13GJ	211	12	17.6	1481.52	312.600.7	4 7 I	
A-2	J-1	337	18	18.7	1291.84	435.350.1	7 4 1/4	
A-2	FP52J	724	38	19.06	1143.62	827.980.9	8 8 1/8	
A-2	X3A	125	7	17.9	1975.60	<u>246.950.0</u>	8 8 I	

Profundidad tomada: 7670-5895=1775'

2.361.241.2

Profundidad real : 7695-5888=1807'

A-3	M44N	303	28	10.8	1995.38	604.600.1	7 8 I	1.613.8
A-3	JD4	494	36.5	13.5	1563.48	772.359.1	7 8 I	
A-3	XDV	106	9	11.8	2625.38	278.290.3	7 5 1/8	
A-3	FP52J	764	49	15.6	1354.69	<u>1.034.983.2</u>	4 6 I	

Profundidad tomada; 7704-6037=1667'

2.690.232.7

Cuadro # 4.....

Profundidad real: 7665-5790=1875'

POZO	BROCAS	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO/PIE	COSTO TOTAL INTERVALO	T B G	COSTO DEL INTERVALO
A-4	XIG	421	23	16.1	1226.49	516.352.3	6 6 I	1.391.4
A-4	XDV	172	25	6.8	3292.38	566.289.4	7 6 I	
A-4	J-3	701	50.5	13.8	1468.62	1.029.502.6	7 6 I	
A-4	J-22	852	39	21.8	1025.59	873.802.7	8 8 1	
Profundidad tomada: 7911-5765=2146'						<u>2.985.947.0</u>		

Profundidad real: 7838-5750=2088'

A-5	X3A	370	18.5	20.0	1180.07	436.625.9	6 8 I	1.227.5
A-5	X3A	418	19.0	22.0	1066.09	445.625.6	4 8 I	
A-5	S11J	320	16.5	19.3	1250.63	400.201.6	8 6 1/4	
A-5	XDV	165	6.5	25.4	1468.42	242.289.3	8 8 2	
A-5	FP52J	473	24.5	19.3	1255.77	<u>593.979.2</u>	5 4 I	
Profundidad tomada: 7673-5947=1726'						2.118.721.6		

C U A D R O # 5

FORMACION TENA

Profundidad real: 8298-7648=650'

POZO	BROCAS	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO/PIE	COSTO TOTAL INTERVALO	T B G	COSTO DEL INTERVALO
A-1	J-1	453	22	20.6	1159.71	525.348.6	5 8 I	1.264.7
A-1	J-1	207	10.5	19.7	1494.44	<u>309.349.1</u>	7 5 I	
Profundidad tomada: 8329-7669=660'						834.697.7		

Profundidad real: 8298-7664=634'

A-2	S13GJ	82	14.5	5.7	4580.49	375.600.2	8 6 I	2.039.7
A-2	X3A	216	14.5	14.9	1726.76	372.980.2	2 8 I	
A-2	X3A	296	19.5	15.18	1564.12	<u>462.979.5</u>	2 8 I	
Profundidad tomada: 8264'-7670=594'						1.211.559.9		

Profundidad real: 8300-7675'=625'

A-3	X3A	310	18.5	16.7	1437.50	445.625.0	2 8 I	1.836.3
A-3	X3A	200	18	11.2	2183.13	436.626.0	4 8 I	
A-3	X3A	169	14	16.8	2157.54	<u>364.624.3</u>	7 7 I	
Profundidad tornada: 8383-7704=679'						1.246.875.3		

Profundidad real: 8330-7665=665'

A-4	J-1	433	26.5	16.3	1379.91	597.501.0	5 5 I	1.379.5
Profundidad tomada: 8344-7911=433'								

Cuadro # 5.....

POZO	BROCAS	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO/PIE	COSTO TOTAL INTERVALO	T B G	COSTO DEL INTERVALO
------	--------	---------	-------	------	-----------	--------------------------	-------	------------------------

Profundidad real : $8315-7838=477'$

A-5	X3A	378	22.5	16.8	1416.99	535.622.2	4 8 I	1.595.0
-----	-----	-----	------	------	---------	-----------	-------	---------

A-5	X3A	189	15.0	12.6	2119.71	400.625.2	6 8 I	
-----	-----	-----	------	------	---------	-----------	-------	--

Profundidad tomada : $8260-7673=587'$

C U A D R O # 6
FORMACION NAPO

Profundidad real: $9350-8289=1061'$

POZO	BROCAS	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO/PIE	COSTO TOTAL INTERVALO	T B G	COSTO DE INTERVAL
A-1	JD4	41	5.5	7.45	5886.83	241.360.0	5 5 I	2.007.3
A-1	F-3	758	66.5	11.4	1792.85	135.898.3	4 6 I	
A-1	3JS	487	45	10.8	2014.33	<u>980.978.7</u>	8 7 18	

Profundidad tornada: $9615-8329=1286'$

2.581.319.0

Profundidad real: $9222-8298=924'$

A-2	X3A	107	11	9.73	2896.73	309.950.1	7 7 I	2.503.5
A-2	FP52J	474	51	9.3	2278.40	1.373.050.0	2 2 I	
A-2	3JS	10	1	10.0	16199.00	161.990.0		
A-2	3JS*	96	7	13.7	2906.00	278.990.4		
A-2	3JS	346	30	11.54	2080.87	<u>719.981.0</u>	7 7 12	

Profundidad tornada: $9400-8264=1136'$

2.843.961.6

*corrida dos vec

Profundidad real : $9314-8300=1014'$

A-3	FP52J	537	59.5	9.03	2027.93	1.088.998.4	2 3 I	1.761.2
A-3	FP52J*	81	7	11.57	3222.14	260.993.3	3 4 I	
A-3	3JS	33	3	11.0	6544.85	215.980.1		
A-3	FP52J*	20	1.5	13.3	7649.65	<u>152.993.0</u>	5 4 I	

Profundidad tomada: $9150-8214=976'$

1.718.964.8

*corrida 3 veces

Cuadro # 6.. . . .

POZO	BROCAS	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO/PIE	COSTO TOTAL INTERVALO	T B G	COSTO DI INTERVAI
Profundidad real: $9364-8330=1034'$								
A-4	3JS	265	28	9.5	2617.83	693.724.9	1 5 1	2.082.
A-4	FP52J	617	54.5	11.7	1852.48	<u>1.142.980.2</u>		
Profundidad tomada: $9226-8344=882'$						1.836.705.1		
Profundidad real: $9330-8315'=1015'$								
A-5	FP52J	654	63.0	10.3	1943.32	1.268.987.9	3 4 1	2.172.
A-5	FP52J*	40	3.0	13.3	4949.75	197.990.0	6 6 1	
A-5	FP52J	182	19.5	9.3	2719.73	494.990.9	6 3 1	
A-5	FP52J	240	30.5	7.9	2887.46	<u>692.990.4</u>	7 4 1	
Profundidad tomada: $9435-8213=1222'$						2.654.959.2		

C U A D R O # 7
FORMACION HOLLIN

Profundidad real: $9495-9350=145'$

POZO	BROCAS	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO/PIE	COSTO TOTAL INTERVALO	T B G	COSTO E INTERVALO
A-1	3JS	135	17.5	7.7	3599.85	485.979.8	5 4 I	3.853.
A-1	X55R	60	10.5	5.7	4424.92	<u>265.495.2</u>	1 4 I	
Profundidad tomada: $9810-9615=195$						751.475.0		

Profundidad real :

A-3	3JS	226	14.5	15.6	1791.94		6 3 I	1.791.
-----	-----	-----	------	------	---------	--	-------	--------

Profundidad tomada :

Profundidad real : $9496-9364=132'$

A-4	FP52J	294	24.5	12.0	2050	602.700.0	5 4 I	2.050.
-----	-------	-----	------	------	------	-----------	-------	--------

Profundidad tomada: $9520-9226=294'$

Pozos A-2 y A-5 no se llegó a estas profundidades

C A P I T U L O V

OPTIMIZACION DE LA UTILIZACION RE BROCAS PARA LA PERFORACION RE POZOS

1. *Parámetros que inciden en la selección del mejor programa de broca.*

Como ya se ha dicho en los párrafos anteriores, los parámetros que inciden en la selección de un mejor programa de brocas son:

El peso sobre la broca (del mismo que dependerá el desgaste de los dientes, vida de los cojinetes y la broca en sí), la rata de penetración, revoluciones por minutos de la mesa rotaria, las emboladas por minutos que da la bomba, -- las condiciones hidráulicas, el desgaste de los dientes, conos y diámetro de la broca (T B G), formación que se va a perforar, etc., que son los que inciden mayormente en el costo por pie perforado y por consiguiente en el tiempo de operación.

2. *Elaboración de un programa óptimo de brocas para las condiciones del campo en estudio.*

Según el presente estudio, se comenzó con el bit "hecohd" de cada uno de los pozos en consideración, para los cuales como ya se ha dicho se usaron un número determinado de brocas, de distintos tipos y marcas para cada una de las formaciones.

Comenzando con el desarrollo primero tendremos la fórmula 3, en la que se ha evaluado el costo por pie perforado calculado con los datos de: costo de la broca, costo del equipo (en el que se involucran los rubros de: tarifa diaria del equipo).

Horas de viaje (tiempo empleado para el cambio de broca subiendo y bajando tubería) y piesaje (intervalo perforado).

Luego tenemos la fórmula 4, en la que calculamos el factor de eficiencia de equipo, teniendo en consideración las horas de viaje real que se emplea en bajar y sacar tubería (sin tomar en cuenta el tiempo del cambio de broca) y pr

fundidad, y con ello el factor de eficiencia promedio del equipo que viene expresado por la fórmula 5.

Después tenemos las horas de viaje corregidas por la fórmula 6, para lo cual tomamos en consideración la profundidad y el factor de eficiencia - promedio calculado anteriormente.

Tomamos en cuenta los valores calculados anteriormente, se puede obtener un nuevo valor que es el costo real por pie perforado por medio de la fórmula 7, en la que se toma en consideración el tiempo de viaje corregido.

Es decir, que los factores que se involucran en el presente trabajo y que están presentados en los cuadros 9 a 13, para cada uno de los pozos, en su orden son:

Tipo de broca usada, profundidad a la que se perforó, tiempo empleado en el viaje, (horas) tiempo de viaje real (hora), factor de eficiencia (adimensional), tiempo de viaje calculado (horas), tiempo de rotación o de perforación (horas), rata de perforación (pie/horas), costo total por -- pie calculado (S/./pie), costo total por pie real (S/./pie).

Haciendo un análisis de estos cuadros 1 a 7, se ha llegado al programa de brocas que recomiendo el mismo que se encuentra en la cuadro #8 de la figura siguiente:

C U A D R O # 8

PROGRAMA RECOMENDADO

TAMANO	TIPO	PIESAJE	HORAS	RATA	COSTO	PROFUNDIDAD
72¼"	Y11J	7150	10	175	250	7150
8 3/4"	J-7	2200	30	73,3	250	3350
8 3/4!"	S11J	2000	25	80	300	5350
8 3/4!"	X1G	800	20	40	500	6750
8 3/4"	X1G	400	20	20	1.200	6550
8 3/4"	FP52J	700	40	17,5	1.200	7250
8 3/4"	FP52J	700	45	15,5	1,350	7950
8 3/4!"	J-7	400	25	16	7.400	8350
8 3/4"	X3A	250	20	12,5	7.700	8600
8 3/4"	FP52J	600	55	10,9	2.000	9200
8 3/4!"	3JS	500	50	10	2.200	9700

Cabe señalar yue para el presente estudio no se ha tomado en consideración koa costos de químicos, cemento, tubería de revestimiento, costo de las lo caciones, del personal y pruebas.

Con todo lo dicho vemos yue no es necesario una gran cantidad de brocas pa ra perforar un pozo, ni tampoco de un aoko tipo, ni una aoka marca para las distintas formaciones y el programa de brocas ko podemos ajustar según las necesidades tomando en consideración la similitud que se presenta en las tablas A y B.

Si hacemos una análisis de las brocas recomendadas tenemos:

La Y11J es una broca de ka fábrica REED para formaciones blandas, tiene - dientes largos g cojinetes no sellados, ae la puede denominar con ka nume-

ración 111 se la usa en forma más general con el tamaño 12 $\frac{1}{2}$ en el presente estudio, con ella iniciamos la perforación de un pozo que se compone de arcilla en su fase inicial.

El objeto de este estudio es el de comparar el parámetro costo/pie de 5 pozos perforados en el región Oriental o Amazónica. Considerando los diferentes factores tratamos de obtener mejores ratas de penetración, una mejor utilización y empleo de las brocas, para así acelerar el tiempo de perforación a menor costo de los pozos de desarrollo de este yacimiento, tanto en el costo diario como en la operación completa.

La broca J-1 posee iguales características que la anterior pero es de la fábrica HUGHES, no tiene protección al gage, la usamos más en los diámetros 9 5/8, 8 3/4 y 7 7/8", nos sirve para perforar formaciones arcillosas y arenisca, tanto en la parte superior como en la Hollín, se la puede denominar con la numeración 116.

La S11J es una broca sellada de La fábrica REED, diseñada para formaciones blandas, con ella perforamos arcillas, areniscas y conglomerado, la podemos denominar con la numeración 114.

La X1G, a la de rodillos sellados de la fábrica Hughes, diseñada para formaciones blandas pero que poseen mayor resistencia a la compresión, y algo compactas como las arcillas, areniscas y conglomerado. Tiene dientes más cortos, menos espaciados y en mayor número, se la puede denominar con la numeración 134.

La FP52J, en de cojinetes sellados de fabricación REEU, con insertos de carburo de tungsteno, a muy similar a la 1-22 de la Hughes, diseñada para formaciones blandas que no necesitan de grandes pesos.

Con ella perforamos calizas y areniscas, la podemos denominar con la numeración 517, puede soportar grandes pesos al perforar y avanzar gran pieza hasta terminar el pozo cambiando las ratas de penetración.

También usamos la 3JS en la parte inferior de los pozos para perforar calizas, es de la fábrica SMITH, a carburo de tungsteno, de rodillos sellados; La podemos denominar con La numeración 535.

Por último, tenemos la X3A con la que perforamos arenisca, caliza y lutita, tiene dientes largos y espaciados, diseñada para formaciones blandas por la fábrica Hughes.

CALCULO DE COSTO

TIPO	Profundidad	tv	tvr	Fe	tvc	piesaje	tr	Crr	Crc	Rata
Y1IJ	780'	2	1.5	1.923	1.611	780	8	255.10	223.05	97.5
J-1	2688	3	2.5	1.930	2.105	1908	21.5	242.32	233.88	88.7
S1IJ	4700	4	3.5	1.745	3.68	2012	35	355.47	353.60	57.5
S1IJ	5450	6	5.5	1.009	4.267	750	16.5	557.6	516.01	45.4
M44N	5940	5	4.5	1.758	4.651	490	32	1402.76	1389.93	15.3
M44N	6153	5.5	5.0	1.813	4.819	213	14	1748.12	1690.57	15.2
XIG	6521	6	5.5	1.843	5.106	368	23.5	1500.95	1457.22	15.6
J-1	7088	5.5	5.0	1.705	5.55	567	3.2	1228.13	1229.72	17.7
FP51J	7567	6	5.5	1.727	5.925	459	15.5	360.74	957.80	29.6
JD3	7669	6	5.5	1.717	6.005	122	7.5	2199.67	2126.64	16.3
J-1	8122	6	5.5	1.677	6.36	452	2.2	1159.71	1174.02	20.6
J-1	8329	5.5	5.0	1.600	6.522	207	10.5	1494.44	1583.31	19.7
JD4	8370	6.5	6.0	1.717	6.554	41	5.5	5886.83	5010.54	7.45
F-3	9128	6	5.5	1.603	7.147	758	66.5	1792.85	1820.09	11.4
3JS	9615	6.5	6.0	1.624	7.549	487	4.5	2014.33	2053.10	10.8
3JS	9750	6.5	6.0	1.615	7.634	135	17.5	3599.85	3751.05	7.7
X55R	9810	3.5	3.0	1.306	7.681	60	10.5	4424.92	5679.22	5.7

CAPITULO VI

CALCULO DE COSTO

TIPO	PROFUNDIDAD	t _v	t _{vr}	Fe	t _{vc}	piesaje	t _r	C _{tr}	C _{rc}	Rata
Y11J	770	1	1.5	1.299	.525	770	10	293.48	270.69	7.7
S11J	2801	2.5	2	.714	1.908	2 031	25	250.22	244.98	88.31
S11J	4143	3.5	3	.724	2.822	1 342	17	284.80	275.71	78.95
S11J	5084	4	3.5	.688	3.464	941	16	396.60	386.35	58.82
J-1	5895	4	3.5	.594	4.016	811	19	536.81	537.16	42.69
JD3	6273	5	4.5	.717	4.273	373	23.5	1424.23	1389.61	16.09
S13GJ	6484	4.5	4	.617	4.417	211	12	1481.52	1474.44	17.6
J-1	6821	5	4.5	.660	4.647	337	18	1291.84	1272.99	18.7
FP52	7545	5	4.5	.596	5.140	724	38	1143.62	1147.10	19.06
X3A	7670	5.5	5	.652	5.225	125	7	1975.60	1936.00	17.9
S13GJ	7752	5.5	5	.645	5.281	82	14.5	4580.49	4532.41	5.7
X3A	7968	5	4.5	.565	5.428	216	14.5	1725.76	1762.43	14.9
X3A	8264	5	4.5	.546	5.630	296	19.5	1564.12	1602.43	15.18
X3A	8371	5	4.5	.538	5.703	107	11	2896.73	3015.00	9.73
FP52	8845	6	5.5	.622	6.027	474	51	2278.40	2279.47	9.3
c-20	8891					46	15.5			2.97
3JS	8901	6.5.	6	.674	6.064	10	1	16199.00	15414.20	10.0

c-20	8928					27	8.5				3.18
3JS	9024	7	6.5	.720	6.148	96	7	2906.15	2746.40		13.7
c-20	9054					30	17				1.77
3JS	9400	7	6.5	.692	6.404	346	30	2080.87	2049.86		11.54

TIPO	Profundidad	tv	tvr	Fe	tvc	piesaje	tr	Crr	Crc	Rata
Y11J	760	2	1.5	1.974	.555	.760	8	261.71	227.49	95.0
SI1J	2748	3	2.5	.910	2.006	1988	26	269.22	269.22	64.9
SI1J	3895	3.5	3	.770	2.844	1147	14.5	293.98	283.69	79.1
X3A	5336	4	3.5	.656	3.895	1441	22.5	346.72	345.41	64.05
X3A	5618	4	3.5	.623	4.101	282	7	782.36	788.81	40.3
J-3	6037	5	4.5	.745	4.407	419	23.5	1284.57	1259.40	17.8
M44N	6340	4.5	4	.639	4.628	303	28	1995.38	2002.98	10.8
JD4	6834	5	4.5	.659	4.989	494	36.5	1563.48	1563.08	13.5
XDY	6940	5	4.5	.648	5.066	106	9	2625.38	2636.59	11.8
FP52	7704	5.5	5	.649	5.624	764	49	1354.69	1357.61	15.6
X3A	8014	5	4.5	.562	5.850	310	18.5	1437.50	1486.86	16.7
X3A	8214	5	4.5	.548	5.997	200	18.0	2183.13	2272.86	11.2
X3A	8383	5	4.5	.537	6.120	169	14.0	2157.54	2276.83	16.8
FP52	8920	6	5.5	.617	6.512	537	59.5	2027.93	2246.20	9.03
FP52	9001	6.5	6	.667	6.571	81	7	3222.14	3237.91	11.57
3JS	9044	6	5.5	.608	6.602	33	3	6544.85	6873.21	11.0
FP52	9190	6	5.5	.599	6.709	20	1.5	7649.65	8287.71	13.3
3JS	9440	5	k.5	.520	6.700	226	14.5	1791.94	1927.34	15.6

Tipo	Profundidad	tv	tvH	Fe	tvc	piesaje	tr	CHH	Crc	Rata
Y11J	1110	3	1.5	1.351	234	1110	12.5	252.23	233.33	88.8
S11J	310	3	3.5	.806	2 329	1990	29.	296.08	290.01	68.
S11J	4775	3.5	3	628	3.587	1675	29	357.13	358.07	57
X3A	5765	4	3.5	607	4.331	990	25	550.13	556.14	39.6
X1G	6186	4.5	4	647	4.647	421	23	1226.49	1232.77	18.3
XDV	6358	5	4.5	708	4.776	172	25	3292.38	3268.94	6.8
J-3	7059	5.5	5	708	5.303	701	50.5	1468.62	1463.56	13.8
J-22	7911	5	4.5	569	5.943	852	39	1025.59	1045.51	21.8
J-1	8344	5.5	5	599	6.268	433	26.5	1379.91	1411.83	16.3
3Js	8609	6	5.5	639	6.467	265	28	2617.83	2625.55	9.5
FP52J	9226	6	5.5	596	6.931	617	54.5	1852.48	1879.64	11.7
FP52J	9520	6	5.5	578	7.152	294	24.5	2050.95	2121.45	12.0

CUADRO 12

CALCULO DE COSTO

Tipo	Profundidad	tv	tvr	Fe	tvc	piesaje	tr	Crr	Crc	Rata
YI IJ	1120	2	1.5	1.3393	,7743	1120	10	209.80	201.77	112
J-1	3637	3.5	3	,82486	2.5144	2517	35	283.84	280.29	71.9
J-1	5365	4	3.5	.65238	3.7090	1728	29.5	361.40	356.19	59.0
X3A	5947	4	3.5	.58853	4.1114	582	27.5	1013.10	992.52	21.0
X3A	6317	4.5	4	.633212	4.3672	370	18.5	1180.07	1155.74	20.0
X3A	6735	4.5	4	.593912	4.6562	418	19.0	1066.09	1044.56	22.0
S I I J	7055	5	4.5	.63785	4.8774	320	16.5	1250.63	1222.50	19.3
XDV	7220	5.5	5	.69252	4.9915	165	6.5	1468.42	1413.88	25.4
FP52J	7673	5.5	5	.65164	5.3046	473	24.5	1255.77	1236.74	19.3
X3A	8061	6	5.5	.68145	5.5798	378	22.5	1416.99	1393.19	16.8
X3A	8260	6	5.5	.66586	5.7104	189	15.0	2119.71	2072.09	12.6
FP52J	8913	6	5.5	.617076	6.1619	653	63.0	1943.32	1929.54	10.3
c-20	8943					30	12.5			2.8
FP52J	8983	6.5	6	.66793	6.2103	40	3.0	4949.75	4724.75	13.3
FP52J	9165	6.5	6	.54555	6.3361	182	19.5	2719.73	2670.28	9.3
c-20	9195					30	10.5			9.0
(R)FP52J	9435	6.5	6	.58294	6.5228	240	30.5	2887.46	2849.96	7.9

N.º	HORAS ROTANDO	PROFUNDIDAD.	HORAS ROTANDO	PROFUNDIDAD.	HORAS ROTANDO	PROFUNDIDAD.	HORAS ROTANDO	PROFUNDIDAD.	HORAS ROTANDO	PROFUNDIDAD.	GRAFICOS : PROFUNDIDAD vs. HORAS ROTACION
1.	8	780	10	770	8	760	12.5	1110	10	1120	
2.	29.5	2688	35	2801	34	2748	41.5	3100	45	3637	
3.	64.5	4700	52	4143	48.5	3895	70.5	4775	74.5	5365	
4.	81.0	5450	68	5084	71.0	5336	95.5	5765	101.0	5947	
5.	113.0	5940	87	5895	78.0	5618	118.5	6186	119.5	6317	
6.	127.0	6153	110.5	6273	101.5	6037	143.5	6358	138.5	6735	
7.	150.5	6521	122.5	6484	129.5	6340	194.0	7059	155.0	7055	
8.	182.5	7088	140.5	6821	166.0	6834	233.0	7911	161.5	7220	
9.	198.0	7567	178.5	7545	175.0	6940	259.5	8344	186.0	7673	
0.	205.5	7669	185.5	7670	224.0	7704	287.5	8609	209.5	8061	
1.	227.5	8122	200.0	7752	242.5	8014	342.0	9226	224.5	8260	
2.	238.0	8329	214.5	7968	260.5	8214	366.5	9520	286.5	8913	
3.	243.5	8370	234.0	8264	274.5	8383			300.	8943	
4.	310.0	9128	245.0	8371	334.0	8920			303.0	8983	
5.	355.0	9615	296.0	8845	341.0	1001			322.5	9165	
6.	372.5	9750	311.5	8891	344.0	9044			363.5	9435	
7.	3830	9810	312.5	8901	345.5	9190			363.5	9435	
8.			321.0	8928	360.0	9440					
9.			328.0	9024							
0.			335.0	9054							

PROFUNDIDAD VS HORAS DE ROTACION

CUADRO 74

SELECCION RE BROCAS HUGHES

brocas dientes de acero

	SMITH				REED				SECURITY				HUGHES			
	JOURNAL	SELLADO	SELLADO	AIR	JOURNAL	SELLADO	SELLADO	AIR	JOURNAL	SELLADO	SELLADO	AIR	JOURNAL	SELLADO	SELLADO	AIR
S u v e		SDS	D5			S11	Y11		S33SF	S33S	S3S		J1	X3A	OSC-3AJ	
	FDT	SDT	DT		F12	S12	Y12		S33F	S33	S3	S4M	J2	X3	OSC-3J	
m e d i a		SDG SDGH	DE DGT	Q5		S13	Y13 Y13T	M13	S44SF	S44 S44TE	S4 S4T	S4M	J3 JD3	XLG XD6	OSC-1GJ	S
			V1	QM	F21	S21	Y21		M44NF	M44N	M4N	M4M	J4 JD4	XV XDV	OWV-J OWA-J	M
d u r a		SVH	V2		F22		Y22								W0	
		ST2 ST2H	T2			S23G		M23	M44LF	M44L	M4L					
		SL4 SL4H	L4		F31G	S31G	Y31		H77F	H77	H7 H7T		J7		W7C W7-J	H
				QH				M33				H7M			W7R-2J	
					F34			M34	H77CF	H77S H77C	H7SE		J8 JD8			HR

tabla A

brocas dientes de carburo

	SMITH			REED			SECURITY			HUGHES		
	JOURNAL	SELLADO	AIR	JOURNAL	SELLADO	AIR	JOURNAL	SELLADO	AIR	JOURNAL	SELLADO	AIR
S u v e	A1 F2	2JS		FP51 FP52		Y52JA	S84F	S84		J22		
	F3	3JS		FP53	S53		S86F	S86	S8JA	J33	X33	HH33
m e d i a	F4 F4S	4JS	4JA	FP62 FP62X	S62	Y62JA	M84F	M84	M8JA	J44	X44	HH44
	F5 F47	5JS	5JA	FP62B		Y62BJA	M88F M89TF	M88		J55R		
d u r a	F57			FP63 FP64	S63 S64	Y63JA	M89F			J55C J55		HH55
	F6	6JS		FP72	S72		H89F					
	F7	7JS	7JA	FP73 FP74	S73 S74	Y73JA	H88F H99F	H88	H8JA H9JA	J77		HH77
		9JS	9JA	FP83		Y83JA	H100F	H100	H10JA	J99		HH99

tabla B

CONCLUSIONES

- * Cada una de las brocas de la optimización dada también se las puede utilizar en otros intervalos o formaciones pero no con las especificaciones indicadas.
- * La optimización puede cambiar cuando hay problemas como desviación del pozo.
- * Siguiendo el programa recomendado tendremos solamente que usar 12 brocas en cada uno de los pozos de desarrollo del campo.
- * Costos de hoy varían.
- * Existe optimización de brocas por ser un programa para pozos de desarrollo.
- *** Si se trabaja con un buen eliminador de sólidos tendremos mayor vida de la broca.
- *** Existe la necesidad de trabajar con 2 tamices vibratorios.
- * Con mayor diámetro de brocas tendremos menor tendencia a la desviación del pozo y también mejor maniobrabilidad.

RECOMENDACIONES

- * Para perforar areniscas vamos a necesitar brocas con protección al diámetro.
- * Perforar el hueco superficial con broca 13 3/4", revestirlo con tubería de 10 3/4" para luego continuar la perforación con broca 9 5/8" y revestirlo con casing de producción de 7" según se indica en páginas.
- * Tener **un** stop un número adecuado **de** broca recomendadas según los pozos a perforar para que **he** cumpla la reducción de costos.

POZO A-1

PROFUNDIDAD - HORAS ROTANDO

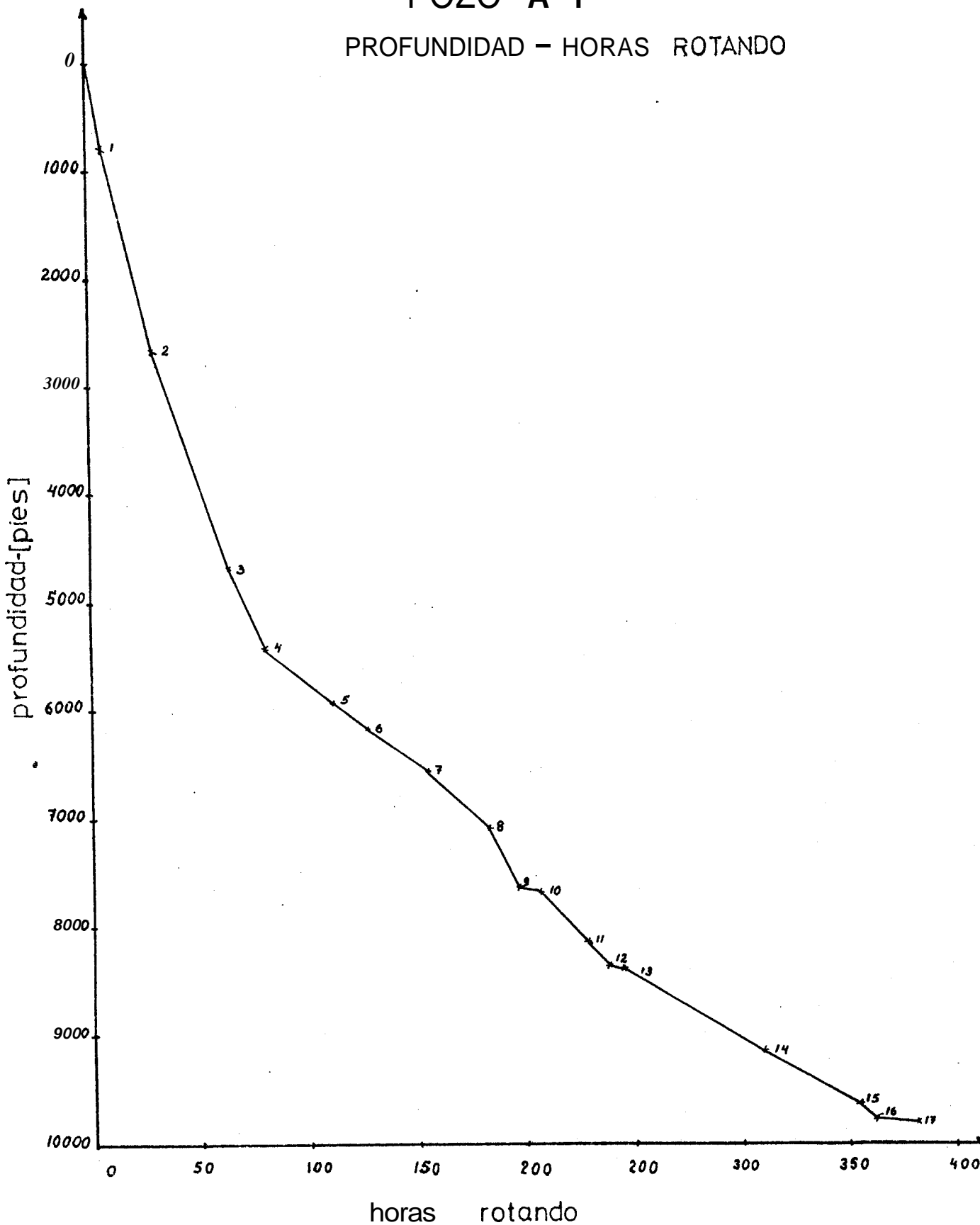


GRAFICO 1

PQZO A-2

PROFUNDIDAD - HORAS ROTANDO

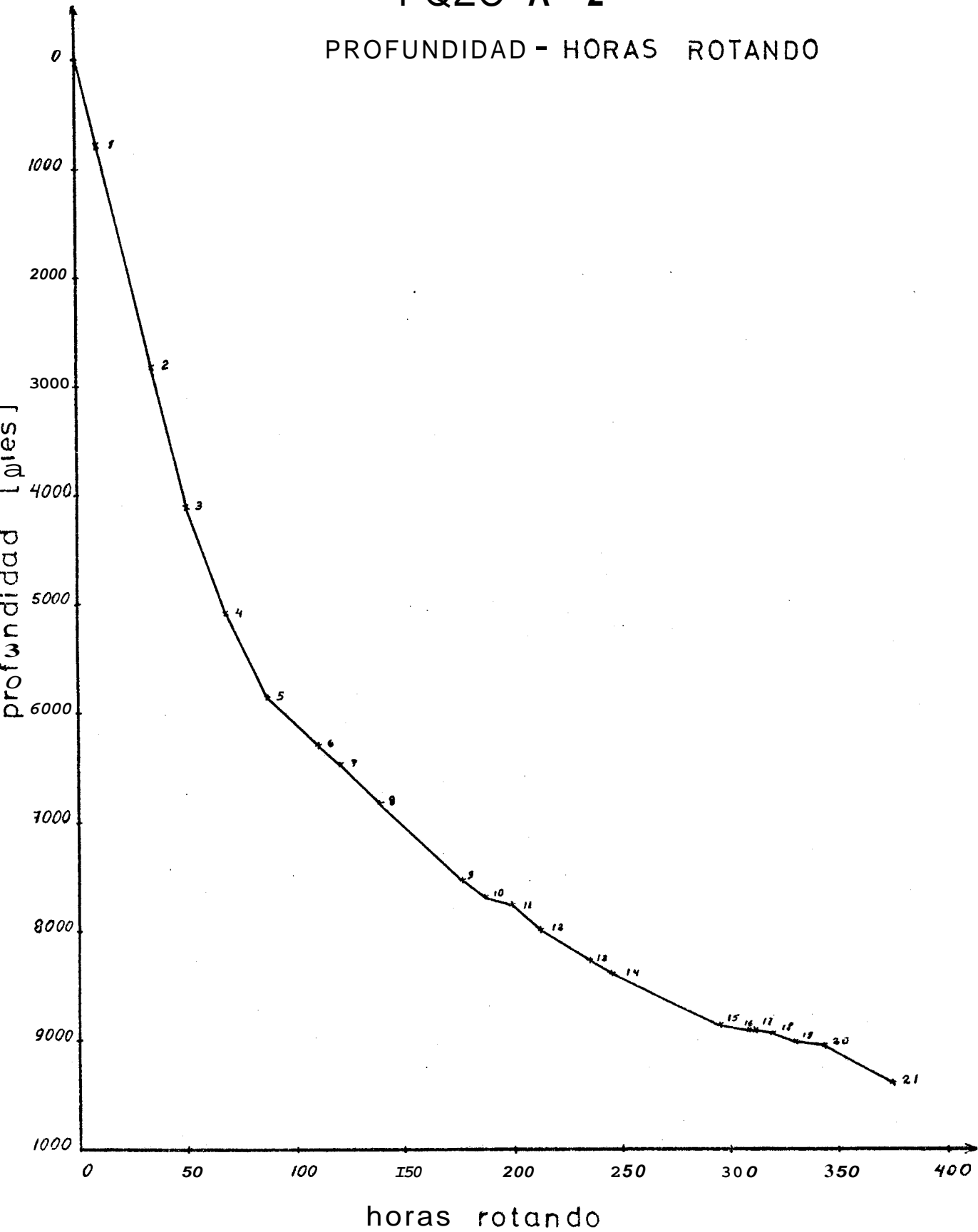
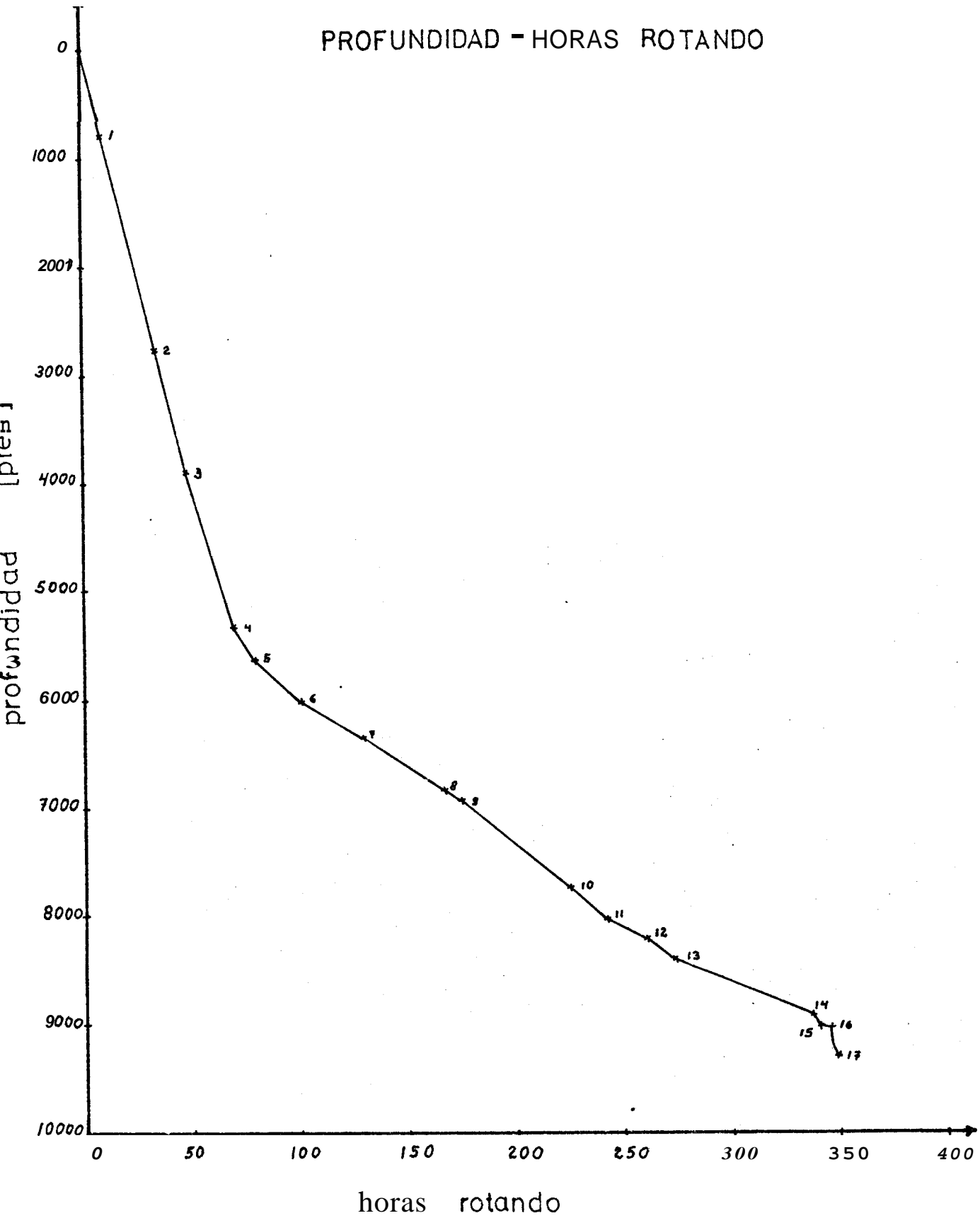


GRAFICO 2

POZO A-3

PROFUNDIDAD - HORAS ROTANDO



POZO A-4

PROFUNDIDAD - HORAS ROTANDO

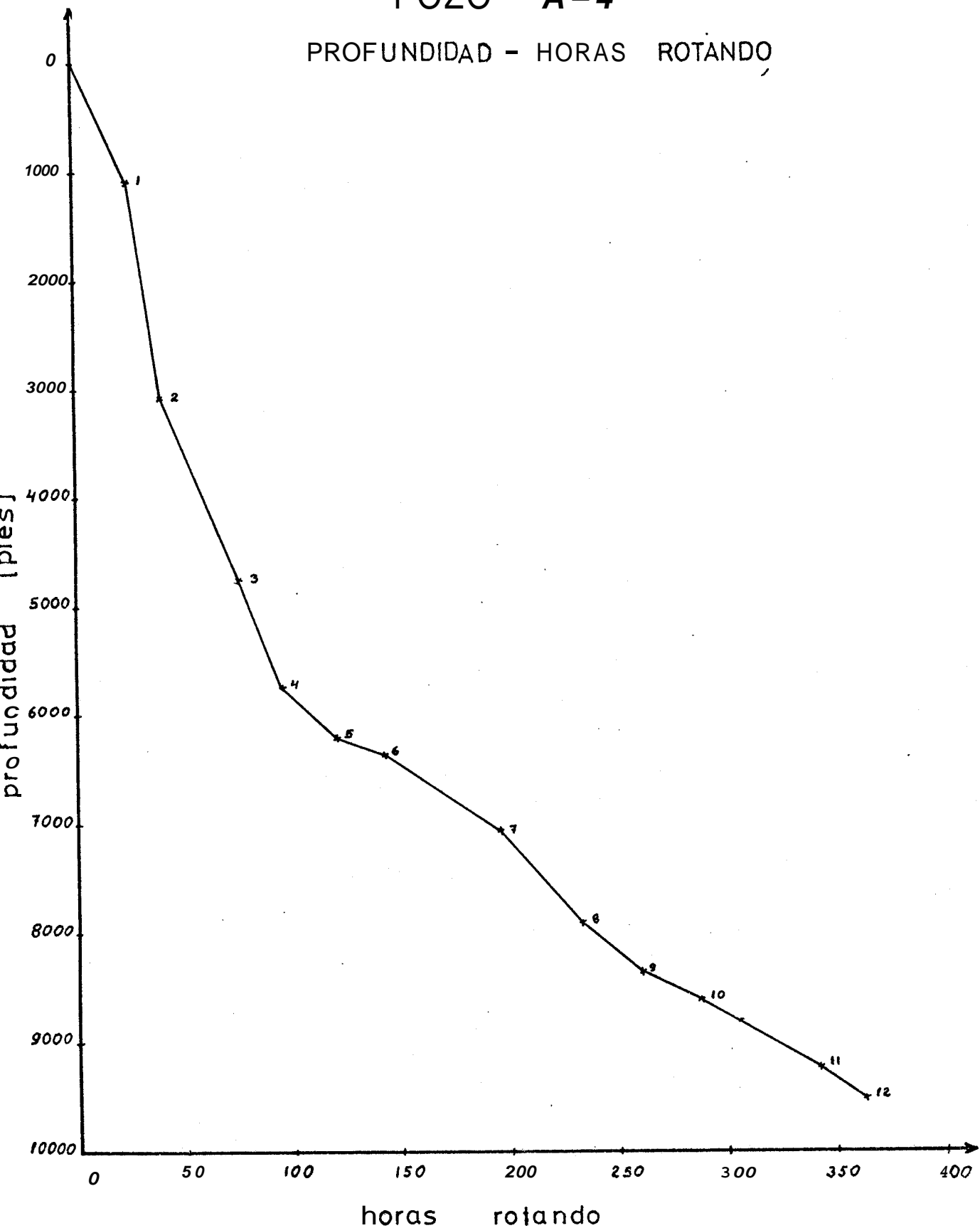


GRAFICO 4

POZO A - 5

PROFUNDIDAD HORAS ROTANDO

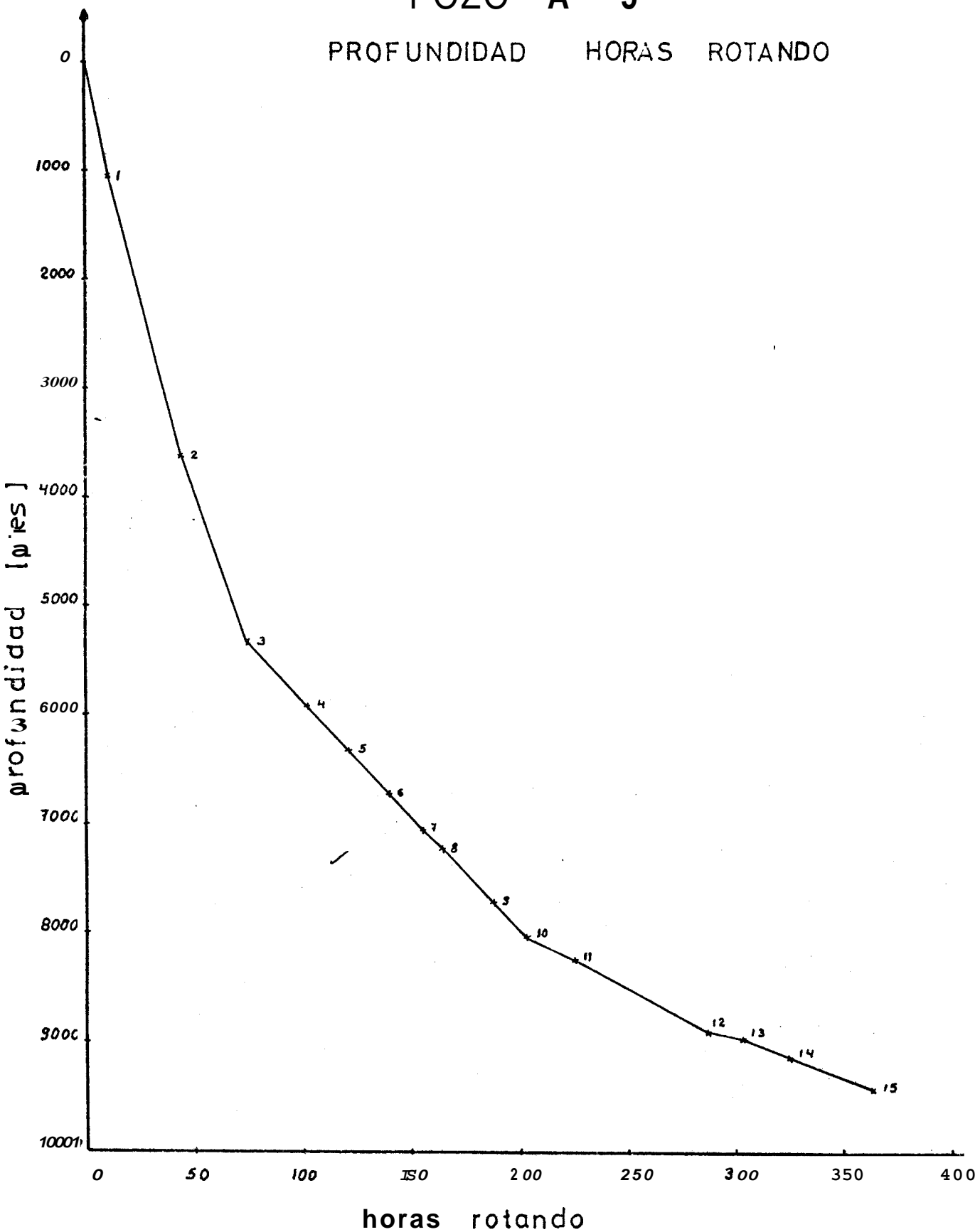


GRAFICO 5

B I B L I O G R A F I A

1. Fundamentos de Perforación (Petroleum Extension Service)
2. Manual del Trépano (Hughes Tool Company)
3. Manual de Perforación (Y. P. F.)
4. Perforación de un Pozo de Petróleo (Universidad del Zulia, Venezuela).
5. Barrenas de México (Anahuac).
- 6.- Hidráulica de Perforación Rotaria (Milchen).
7. Efectos del peso sobre la broca y velocidad de rotación en el costo de la perforación. Rolando López C. (Universidad del Zulia, Venezuela).
8. Selección de Brocas y Optimización de las condiciones de Operación: Aldo Ramón Pavesi (Y.P.F.)
9. Manual de Tecnología de Fluidos de Perforación (NL Baroid Petroleum Services),
10. Reporte Geológico de Asesores Técnicos Alemanes. 1974-1975.
11. Selección de Brocas y su incidencia sobre el costo del metro perforado: Guillermo María Beckman (Hughes Tool Company).
12. Selección de Brocas y Optimización de las condiciones de Perforación. Alberto Luis Landoni (Hughes Tool Company).