



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE TECNOLOGÍA DE PETRÓLEOS**

**“ELABORACIÓN DE UNA MANUAL SOBRE SELECCIÓN Y
UTILIZACIÓN DE BROCAS DE PERFORACIÓN QUE SE
EMPLEAN EN LA INDUSTRIA PETROLERA.”**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO DE
PETRÓLEOS**

MARCO DAVID LEÓN PADILLA

DIRECTOR: ING. RAÚL BALDEÓN LÓPEZ

Quito, Marzo, 2012

DECLARACIÓN

Yo **León Padilla Marco David**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La universidad tecnológica equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

León Padilla Marco David

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**ELABORACIÓN DE UNA MANUAL SOBRE SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE BROCAS DE PERFORACIÓN QUE SE EMPLEAN EN LA INDUSTRIA PETROLERA.**”, que, para aspirar al título de **Tecnólogo en Petróleos** fue desarrollado por **León Padilla Marco David**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Raúl Baldeón

DIRECTOR DEL TRABAJO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis:

A mis amados padres por apoyarme en todos pasos que he dado. A mi hermana por guiarme y darme su apoyo incondicional.

Marco David

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia por sus consejos y buenos deseos. A la Universidad Tecnológica Equinoccial por brindarme la oportunidad de convertirme en un profesional. A dios por darme la fuerza y paciencia para enfrentar las dificultades.

Marco David

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 IDEA A DEFENDER	4
1.5 VARIABLES	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEORICO	5
2.1 BROCAS DE PERFORACIÓN	6
2.1.1 ACCIÓN DE LAS BROCAS	7
2.1.1.1 Raspaje	7
2.1.1.2 Esmerilamineto	8
2.1.1.3 Lascamiento	8
2.1.1.4 Trituramiento	8
2.1.1.5 Raspaje y Lascamiento	8
2.1.1.6 Angulo entre los ejes	8
2.1.1.7 Angulo journal	9
2.2 TIPOS DE BROCAS	9
2.2.1 BROCA DE LÁMINA O DRAGA	11
2.2.2 BROCA DE DISCO	12

2.2.3	BROCA DE CONOS	13
2.2.4	BROCA BICÓNICA	13
2.2.5	BROCA DE CUATRO CONOS	13
2.2.6	BROCA DE CILINDROS CORTANTES	14
2.3	BROCAS ESPECIALES	17
2.3.1	BROCAS EXCÉNTRICAS	17
2.3.2	BROCAS MIXTAS	18
2.3.3	BROCAS A CABO	18
2.3.4	BROCAS A CHORRO	18
2.4	TIPOS DE BROCAS MÁS COMUNES	19
2.4.1	BROCAS TRICÓNICAS	19
2.4.1.1	Características de la Broca Tricónica	21
	Cortadores	21
	Excentricidad de los Conos	22
	Cojinetes	23
2.4.2	BROCAS PDC	24
2.4.3	BROCAS CON INSERTOS DE CARBURO DE TUNGSTENO	26
2.4.4	BROCAS ESPECIALMENTE DISEÑADAS PARA CORAZONAR	27
2.4.5	BROCAS DE DIAMANTE	28
2.4.6	BARRENAS TSP	31
2.5	DISEÑO DE UNA BROCA	33
2.5.1	PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS BROCAS TRICÓNICAS	33
2.5.2	ELEMENTOS DE CORTE	34
2.5.2.1	Dientes de acero	34
2.5.2.2	Insertos de carburo de tungsteno	34

2.6 SELECCIÓN DE BROCAS	35
2.6.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE BROCAS	35
2.6.1.1 Rendimiento	35
2.6.1.2 Direccional	36
2.6.1.3 Economía	36
2.6.1.4 Coeficiente de Penetración típico	37
2.6.1.5 Fluidos de perforación	37
2.6.1.6 Energía hidráulica	38
2.6.1.7 Escalas de Revoluciones por Minuto	38
2.6.1.8 Formaciones Nodulares	39
2.6.1.9 Pozos Profundos	39
2.6.1.10 Pozos de diámetro reducido	39
2.6.1.11 Aplicaciones con Motores	40
2.6.1.12 Atributos de medio ambiente	40
2.6.1.13 Tipo de roca	40
2.6.1.14 Litología	40
2.6.1.15 Características Litológicas	41
2.6.1.16 De transición	41
2.6.1.17 Homogeneidad	41
2.6.1.18 Interestratificación	42
2.6.1.19 Fracturados o nodulares	42
2.6.1.20 Vibración	42
2.7 SELECCIÓN EN FUNCIÓN DE LA FORMACIÓN QUE SE VA A PERFORAR	43
2.8 FACTORES QUE AFECTAN EL DESGASTE DE LA BROCA	45
2.8.1 FACTORES GEOLÓGICOS	45

2.8.1.1	Abrasividad	45
2.8.1.2	Resistencia Específica De la Roca	46
2.8.2	FACTORES OPERATIVOS	46
2.8.2.1	Peso sobre la Barrena	46
2.8.2.2	Velocidad de Rotación	47
2.8.2.3	Limpieza en el Fondo del Pozo	48
2.8.2.4	Geometría del Agujero	48
2.8.2.5	Manejo- Transporte	48
2.9	EVALUACIÓN DEL DESGASTE DE LAS BROCAS	49
2.9.1	SISTEMA IADC DE CLASIFICACIÓN DE DESGASTE	49
2.10	DETERMINACIÓN DE MOMENTO ÓPTIMO PARA CAMBIO DE BROCA	55
2.11	SELECCIÓN DE BROCAS DE TRES CONOS	57
2.11.1	POZOS EXPLORATORIOS	58
2.11.2	INTERVALOS CORTOS	59
2.11.3	SITUACIONES DE ALTO RIESGO	59
2.11.4	ÁREAS DE PERFORACIÓN DE BAJO COSTO	59
2.11.5	FORMACIONES EXTREMADAMENTE DURAS	59
2.11.6	ÁREAS ALTAS EN FALLAS CON INTERCALACIONES DURAS	59
2.12	SELECCIÓN DE BROCAS PDC	60
2.13	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA IADC PARA BROCAS DE CONOS	60
2.13.1	PRIMER CARACTER (SERIE DE ESTRUCTURA CORTANTE DE 1 A 8)	61
2.13.2	SEGUNDO CARACTER (TIPOS DE ESTRUCTURAS CORTANTES DEL 1 AL 4)	61

2.13.3	TERCER CARACTER (COJINETE/CALIBRE DEL DIÁMETRO)	62
2.13.4	CUARTO CARACTER (CARACTERÍSTICAS/MEJORAS DISPONIBLES)	63
2.14	CÓDIGOS IADC PARA BROCAS DE CORTADORES FIJO	63
2.14.1	TECNOLOGÍA DE LA BROCAS PDC	65
2.14.1.1	Nomenclatura de la barrena	65
	Cono	65
	Lanza o Nariz	66
	Parte angular de la barrena (Taper)	66
	Radio del diámetro exterior (ODR)	66
	Longitud Del Calibre	67
	Protección	67
2.14.2	ACCIÓN CORTADORA DE LAS BARRENAS PDC	67
2.14.2.1	Desgaste Auto Afilable	68
2.15	TECNOLOGÍA DEL CORTADOR PDC	69
2.15.1	DENSIDAD DEL CORTADOR	70
2.15.2	TAMAÑO DEL CORTADOR	70
2.15.3	DISTRIBUCIÓN DEL CORTADOR	72
2.15.4	ORIENTACIÓN DEL CORTADOR	72
2.15.5	INCLINACIÓN HACIA ATRÁS	73
2.15.6	INCLINACIÓN LATERAL	74
2.15.7	DISEÑO DEL CORTADOR	75
2.15.8	GEOMETRÍA DEL CORTADOR	75
2.16	APLICACIONES DE LAS BROCAS DE CORTADORES FIJOS Y CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	76
2.16.1	ALTAS VELOCIDADES DE ROTACIÓN	77

2.16.2	PERFORACIÓN DE AGUJEROS ESTRECHOS O DIÁMETRO REDUCIDO	77
2.16.3	PERFORACIÓN DIRECCIONAL Y HORIZONTAL	78
2.16.4	PERFIL DE LA BARRENA	78
2.16.5	ORIENTACIÓN DEL CORTADOR	78
2.16.6	TAMAÑO DEL CORTADOR	79
2.16.7	LONGITUD DEL CALIBRE	79
2.16.8	CARACTERÍSTICAS ADICIONALES DE DISEÑO	80
2.17	CLASIFICACIÓN DE LAS BARRENAS PARA CORTADORES FIJOS	80
2.17.1	DENSIDAD DEL CORTADOR	81
2.17.2	TAMAÑO O TIPO DE CORTADOR	82
2.17.3	PERFIL DE LA BARRENA	82
2.18	MANEJO DE LA BROCA Y PROCEDIMIENTOS DE CONEXIÓN	83
2.19	DINÁMICA DE LA PERFORACIÓN RELACIONADA CON LA BROCA	84
2. 19.1	VIBRACIONES AXIALES	85
2. 19.2	VIBRACIONES LATERALES	85
2. 19.3	VIBRACIONES DE TORSIÓN Y ATRAPAMIENTOS DE CORRIDA	87
2.20	CLASIFICACIÓN DE BROCAS DESGASTADAS	90
2.20.1	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN PARA BARRENA DESGASTADA	90
2.20.1.1	Desgaste de la Estructura de los Cortadores	91
2.20.1.2	Localización del Desgaste de los Cortadores para Barrenas de Conos	92
2.20.1.3	Códigos de Localización para Barrenas de Cortadores Fijos	93
2.20.1.4	El calibre de Diámetro Externo	93

2.20.2	CONDICIONES DE BARRENAS USADAS	95
2.20.2.1	Barrena de Conos	95
2.20.2.2	Barrenas de cortadores fijos	96
2.21	ACTIVIDAD ECONÓMICA DE LA CORRIDA DE BROCAS	97
2.22	FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DE PENETRACIÓN	98
2.22.1	VARIABLES INALTERABLES	99
2.22.1.1	Personal	99
	Habilidad	100
	Experiencia	100
	Entrenamiento	101
	Factores Psicológico	101
	Relación Empresa-Trabajador	101
	Motivación	102
2.22.1.2	Equipo de Perforación	102
2.22.2	VARIABLES ALTERABLES	103
2.22.2.1	Propiedades del Fluido de Perforación	103
	Densidad del Fluido	104
	Viscosidad	106
	Contenido de Sólido	108
	Perdida de filtrado	110
	Paradoja del Control de Fluido	112
	Contenido de Aceite	112
2.22.2.2	Hidráulica de Perforación	113
2.22.2.3	Barrenas	115
2.22.2.4	Factores Mecánicos	115

Peso Sobre la Barrena	116
Velocidad de Rotación	117
Efecto del peso sobre la barrena y la velocidad de rotación	118
CAPÍTULO III	120
3. METODOLOGÍA	120
3.1 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	120
3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	120
3.3 MÉTODO DEDUCTIVO	121
3.4 MEDO ANALÍTICO	121
3.5 TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	121
CAPÍTULO IV	122
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	122
CAPÍTULO V	128
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	128
5.1 CONCLUSIONES	128
5.2 RECOMENDACIONES	130
GLOSARIO DE TÉRMINOS	131
BIBLIOGRAFÍA	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de una broca tricónica	21
Figura 2. Cortador	22
Figura 3. Excentricidad de los ejes de los conos	23
Figura 4. Cojinetes de rodillo y de muñó	24
Figura 5. Broca utilizada en formaciones duras y abrasivas	25
Figura 6. Barrenas con insertos de carburo de tungsteno	27
Figura 7. Brocas saca testigos	28
Figura 8. Insertos de diamante	29
Figura 9. Brocas de diamante	30
Figura 10. Barrenas de diamante TSP	32
Figura 11. Característica de desgaste de los cortadores	50
Figura 12. Localización de desgaste de cortadores fijos	51
Figura 13. Desgaste de la broca con dientes maquinados	53
Figura 14. Evaluación de broca de arrastre (diamante y pdc)	54
Figura 15. Acción cortadora de las brocas PDC	68
Figura 16. Cortador PDC	69
Figura 17. Distribución del cortador	72
Figura 18. Ángulo hacia atrás	73
Figura 19. Inclinación lateral	74
Figura 20. Desgaste de los cortadores	92
Figura 21. Código de localización de brocas de cortadores fijos	93

Figura 22. Efecto de la densidad del lodo sobre la velocidad de perforación	106
Figura 23. Efecto de la viscosidad sobre la velocidad de perforación	108
Figura 24. Contenido de sólidos contra la velocidad perforación	109
Figura 25. Efecto del tipo de sólidos sobre la velocidad de penetración	110
Figura 26. Teoría del efecto de retención	111
Figura 27. Efecto de la potencia hidráulica sobre la velocidad de perforación	114
Figura 28. Peso sobre la barrena contra la velocidad de perforación	117
Figura 29. Efecto de la velocidad de rotación sobre el ritmo de perforación	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de clasificación AID para brocas de conos	62
Tabla 2. Códigos AIDC para brocas de diamante	63
Tabla 3. Sistema de clasificación para brocas desgastadas	91
Tabla 4. Condiciones de desgaste de brocas de conos	95
Tabla 5. Condiciones de desgaste para brocas de cortadores fijos	96

ÍNDICE DE FORMULAS

Formula 1.1. Tiempo Máximo Permisible	56
Formula 2.1. Costo por Pie Perforado	97
Formula 3.1. Presión Diferencial	104

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad primordial ejecutar una descripción de todos los tipos de brocas y sus principales características las cuales son utilizadas en los trabajos de perforación de pozos.

En el primer CAPÍTULO (I) se define los objetivos, justificación del tema y los métodos con los cuales fue posible realizar esta tesis.

En el segundo CAPÍTULO (II) se realiza una revisión de los conceptos básicos, definición de broca, mecanismo de funcionamiento, tipos de brocas existentes, para saber la forma de funcionamiento las brocas y su importancia en los trabajos de perforación.

En el tercer CAPÍTULO (III) se describe la metodología que se utilizará para la realización de este trabajo.

En el cuarto CAPÍTULO (IV) se realizará un análisis de los datos que se obtuvieron a lo largo de la investigación y los resultados que se obtuvieron en el proceso.

Finalmente, en el quinto CAPÍTULO (V) se señalarán las conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

This paper aims to run a primary description of all types of bits and their main characteristics which are used in the drilling of wells.

In the first chapter (I) defines the objectives, justification of the subject and the methods by which it was possible to do this thesis.

In the second Chapter (II) is a review of basic concepts, definition drill, mechanism of operation, types of bits exist, to know how running drills and their importance in the drilling.

In the third Chapter (III) describes the methodology used to carry out this work.

In the fourth (IV) Chapter is an analysis of data obtained during the investigation and results obtained in the process.

Finally, the fifth Chapter (V) were brought to the conclusions and recommendations.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito petrolero una de las principales herramientas para lograr completar el proceso de extracción del crudo desde el fondo del pozo hacia la superficie es la broca de perforación, a lo largo de los años esta herramienta ha sufrido grandes cambios, así como otros procesos para lograr una mayor efectividad en los trabajos de perforación de la formación.

Para que esto sea posible es imprescindible identificar las diferentes clases de herramientas que se emplean en la actualidad para obtener un mejor manejo de las mismas y de esta forma evitar problemas a futuro.

Para ello es preciso tener una guía, la cual brinde la información necesaria sobre los diferentes tipos de brocas de perforación y su correcto uso en el campo, así como las principales tecnologías que se usan en el mismo con la finalidad de obtener datos reales acerca del pozo en que se está trabajando. Es por tal motivo que este trabajo está dirigido al personal técnico que está interesado en conocer los diferentes procedimientos respectivos para el uso y manejo de una de las herramientas más importantes en el proceso de la perforación de pozos petroleros.

De esta forma se estará proporcionando una valiosa herramienta con la cual se logrará alcanzar los objetivos deseados en cuanto a los trabajos de perforación se refiere.

En le presente manual encontraremos la descripción de cada una de las brocas o barrenas más comunes en la industria petrolera, en esta descripción constará información de sus principales características, así como de cada uno de los componentes que posee ésta herramienta y su utilización en el campo dependiendo de la formación que se perfore.

También hallaremos la información que necesitamos para poder establecer los criterios de selección adecuados para poder escoger la barrena que más se ajuste a las necesidades del operador, ya que elegir la herramienta apropiada para los trabajos de perforación es importante para no tener problemas prematuros con los equipos con los que se trabaja.

En el documento también consta una serie de gráficos y tablas en los que muestra a la herramienta y sus principales componentes. Esto será de gran ayuda para tener una mejor comprensión de lo que se detalla en la parte narrativa del texto y poder tener un criterio amplio del tema.

La selección de la broca se la puede realizar a través de registros eléctricos, los cuales nos pueden dar datos detallados y en tiempo real a acerca de la las principales características de la formación. Lo que resulta de gran utilidad para el operador. Uno de los principales factores por los que la broca puede tener un comportamiento deficiente es el desgaste prematuro de la misma, lo cual puede ser causado por varios motivos que se estudiarán más detalladamente en el documento.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer y reconocer los elementos necesarios para seleccionar adecuadamente los diferentes tipos de brocas que se utilizarán en el trabajo de perforación y estar en la capacidad de elaborar apropiadamente un programa de barrenas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la herramienta de perforación desde su material de elaboración hasta su diseño así como las diferentes clases de tuberías y los tipos de roscas que se van a emplear.
- Determinar la clase de barrena que se elegirá en función de las características de los estratos que forma la columna geológica.
- Determinar la necesidad de mantener el pozo libre de ripios que se producen durante el trabajo de perforación para optimizar el avance de la barrena.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El siguiente trabajo se realizará con el propósito de desarrollar de forma clara las técnicas necesarias para seleccionar de manera eficaz los diferentes tipos de barrenas o brocas del que disponemos en la industria petrolera y determinar sus diversos usos en los trabajos de perforación de un pozo petrolero en función de sus características como diámetro y tipo de formación a perforar.

1.4 IDEA A DEFENDER

Desarrollar un informe detallado sobre las clases de brocas que existen en el ámbito petrolero para ejecutar apropiadamente las operaciones de perforación de una manera eficaz y con el menor costo posible.

1.5 VARIABLES

Dependiente

- Desgaste y rotura prematura de la broca.
- Atascamientos de la barrena en el fondo de pozo durante los procesos de perforación.
- Taponamiento de la broca impidiendo flujo normal del lodo de perforación

Independientes

- Desconocimiento de las principales clases de barrenas que existen en el ámbito petrolero.
- Inconvenientes al momento de seleccionar la broca adecuada para el trabajo de perforación.
- Retrasos en los trabajos de perforación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Desde los inicios de los primeros pozos petroleros se ha tenido la idea de mejorar la eficiencia de la perforación en los mismos, para que de esta manera la sustracción del petróleo sea mucho más rápida y eficiente. Es por eso que a lo largo de los años se ha experimentado constantes avances en la tecnología que se usa en los pozos ya que cada vez es necesario emplear mejores herramientas y métodos de perforación para poder estar a la vanguardia en la extracción de crudo.

La implementación de la nueva tecnología y los adelantos que se ha tenido hasta nuestros días no sería posible sin una de las herramientas más importantes en las operaciones de perforación, esta herramienta es la broca ya que sin ella ninguna operación sería posible. Es por eso que la barrena es usada en todos los pozos alrededor del mundo en sus sistemas de perforación.

A lo largo de los años muchos instrumentos han ido cambiando o se han desechado con la finalidad de implementar nuevas formas para perforar, sin embargo la broca es una herramienta que si bien ha tenido grandes cambios en los últimos años con respecto a sus primeros diseños, no ha podido ser reemplazada por ningún otro elemento. Es por esto que la manera de extraer el petróleo básicamente no ha cambiado, a pesar de todos los adelantos tecnológicos el método de excavar en la tierra para llegar a los reservorios de petróleo se sigue utilizando hasta nuestros días.

Diferentes tipos de brocas son empleadas en la perforación y el elegir a la más adecuada depende de la naturaleza de la formación en la que se trabajará. No todas poseen el mismo diámetro, el cual varía dependiendo del tamaño del hueco que se necesita perforar.

A lo largo de las operaciones de perforación se emplea más de una broca ya que a medida que se gana profundidad la roca se vuelve mas dura y es necesario utilizar una broca más resistente, existen diferentes tipos de rocas como las blandas, medianas y duras. Resulta más sencillo perforar en los estratos que se encuentran de forma horizontal que en los están inclinados. En lo estratos inclinados será mejor usar más peso sobre la broca para evitar posibles derrumbes en el pozo.

Para que la perforación sea posible no solo es necesario la barrena, también es importante el peso que se ejerce sobre ella ya que esto hará avanzar a la broca a lo largo del pozo. También es importante el movimiento giratorio que es proporcionado por la mesa rotaria a través de la columna. Cuando todos estos elementos están debidamente combinados se hace posible la trituración de la roca.

2.1 BROCAS DE PERFORACIÓN

Las brocas o barrenas que se utilizan en el campo petrolero son herramientas que tienen como objetivo moler la formación rocosa, se localiza en el extremo inferior de la sarta de perforación.

Su trabajo consiste en penetrar la roca mediante un movimiento giratorio proporcionada por la mesa rotaria y una presión suministrada por los

portabarrenas y la sarta de perforación los cuales brindan el peso que se necesita para que la broca llegue a cortar la roca. En el momento en que comienza el proceso de perforación en el fondo del pozo de la roca se desprenden pequeños residuos conocidos como ripios, los cuales son retirados con el fluido perforación.

Existen diferentes tipos de brocas que son utilizadas en los trabajos de perforación y estas dependen de la naturaleza de la formación que será perforada, de manera que los estratos horizontales suelen ser mucho más fácil de perforar a diferencia de los estratos inclinados. Así también las rocas que presentan ciertas características uniformes no constituyen mucho problema a diferencia de rocas que están constituidas por capas suaves y duras en los cuales es necesario un mayor estudio para que la roca se pueda perforar exitosamente.

2.1.1 ACCIÓN DE LAS BROCAS

Normalmente las brocas trabajan sobre la formación de diferente manera.

2.1.1.1 Raspaje

Es un acción de las brocas de laminas fijas que tienen partes móviles, usualmente son utilizadas en formaciones blandas.

2.1.1.2 Esmerilamineto

Acción de las brocas que están recubiertas de un material abrasivo y duro, no esta provista de partes móviles como las brocas de diamante. Estas brocas perforan rocas abrasivas y duras.

2.1.1.3 Lascamiento

Es una acción característica de las brocas tricónicas que generalmente se usan para formaciones blandas y medias.

2.1.1.4 Trituramiento

Acción correspondiente a las brocas de alta dureza y que esta provista de partes móviles como por ejemplo las barrenas de carburo de tungsteno. Son utilizadas en formaciones muy duras.

2.1.1.5 Raspaje y Lascamiento

Se refiere a la combinación de las dos acciones nombradas anteriormente como las halladas en las brocas ticónicas de dientes. Se usan en formaciones blandas a medias.

2.1.1.6 Angulo entre los Ejes

Es le ángulo formado por el eje de la broca y el de los conos.

2.1.1.7 Ángulo Journal

Se refiere al ángulo que se forma entre el eje de la barrena y la normal levantada desde el eje de los conos.

2.2 TIPOS DE BROCAS

Para la perforación se necesita brocas de diferentes tipos y diámetros, cada una de ellas posee diferentes características que van a establecer el diámetro del hoyo que se va a perforar, las propiedades de la formación también será un factor importante al momento de elegir la broca que mejor se adapta a nuestras necesidades en los trabajos de perforación, para seleccionar la más idónea se requieren los diámetros de la sarta de revestimiento.

Los resultados que se obtienen a lo largo de la perforación en los diferentes tipos formaciones serán muy útiles para seleccionar la broca mas adecuada de acuerdo al tipo de roca que necesitamos perforar.

Las primeras brocas que se utilizaron fueron las de aletas o de arrastre que estaban construidas de acero y reforzadas con aleaciones metálicas con las cuales se trabajaba sin ningún tipo de inconveniente al momento comenzar a perforar las formaciones semiduras y blandas, pero en las formaciones duras se presentaban muchas dificultades lo que hacia muy complicado el proceso de perforación en la mayoría de casos.

La broca de arrastre se rediseño con el objetivo de obtener núcleos de la formación y para esto se le agregó un cilindro de un diámetro menor. En

1909 la barrena de conos se comenzó a utilizar y a diferencia de las otras ya mencionadas ésta presentaba un mayor desempeño en casi todos los tipos de formaciones lo que la ha convertido en una de las barrenas más utilizadas a lo largo de los años. Existen varios tipos de barrenas como las que se nombran a continuación:

- Brocas de dos conos
- Brocas de tres conos
- Brocas de cuatro conos

En este tipo de brocas los conos giran alrededor de un eje, los cuales deben ser lo suficientemente resistentes para soportar el peso que se le aplica a la barrena y para que pueda cortar de la forma más eficiente a la roca. En el caso de que el encaje del cono no llegue a ser lo suficientemente seguro el cono podría desprenderse lo cual retrasaría los trabajos de perforación causando pérdidas de tiempo y económicas. Lo que permite el giro de los conos son unas rolineras que se encuentran alrededor del eje y estas permiten el correcto funcionamiento de la broca.

A lo largo de los años se le ha hecho ciertas modificaciones a la broca como por ejemplo los diámetros y los orificios fijos y reemplazables que es por donde sale el lodo de perforación, con el propósito de mejorar su funcionamiento y lograr el mejor desempeño posible en todos sus aspectos sobretodo en el hidráulico lo cual hace que el hueco se encuentre libre de ripios y que la barrena pueda avanzar sin problema a lo largo del hoyo.

Para la fabricación de estas herramientas se utilizan aleaciones especiales o acero ya que se necesita cierto tipo de materiales que sean capaces de soportar el desgaste al que esta sujeto la broca así como al peso, calor, la fricción, abrasión que se producen en el momento de la perforación.

2.2.1 BROCA DE LÁMINA O DRAGA

Estas brocas se destacan por no poseer partes móviles, generalmente su nombre se lo relaciona solo para las brocas de tipo hoja. Se pueden encontrar una amplia gama de diseños y formas, una de las más conocidas es el de cola de pescado la cual tiene una hoja bastante larga y corresponde a la broca de tipo lamina, también podemos hallar una clase de broca que pertenece al de tipo corto pero a diferencia de otros ésta puede tener de dos a cuatro laminas. El material del que están compuestas estas láminas es de acero flexible y resulta ser muy resistente, algunas de ellas poseen un revestimiento duro de carburo de tungsteno.

La forma de estas láminas en las brocas de cuatro hojas es en cruz o también se presentan en forma de una x, en este caso tan solo dos de estas laminas se elaboran del diámetro del pozo y de forma alternada, las otras dos poseen una diferencia de un cuarto de pulgada o menos. De esta manera se trata de prevenir problemas comunes como el aprisionamiento de la broca.

Se pueden observar otros tipos de brocas que tienen láminas ordenadas en planos diferentes como por ejemplo en el centro se tienen a dos laminas menores y en un plano inferior, las siguientes láminas se encuentran en un ángulo recto con relación a las primeras y con un diámetro nominal para el pozo.

Estas brocas están provistas de canales de circulación los cuales se encuentran colocados de forma estratégica con el objetivo de originar en el fondo del pozo una acción hidráulica eficaz. Esto resultará en una mejor penetración y limpieza en el pozo.

También se pueden encontrar brocas tipo draga que dispongan de laminas reemplazables, estas generalmente se las utiliza en formaciones duras o semi duras. La principal diferencia con otras láminas es que estas son más pesadas y anchas las cuales se encuentran forjadas en acero con insertos de carburos de tungsteno mucho más gruesos y extensos.

Normalmente debido a su acción de raspaje estas son utilizadas en formaciones blandas donde se puede observar una mayor eficacia, las formaciones donde tienen un mejor desempeño son en lutitas, lechos salinos, lechos rojos y calizas.

2.2.2 BROCA DE DISCO

Este tipo de barrenas fueron usadas ya hace algún tiempo atrás, están provistos de discos los cuales pueden variar desde dos hasta cuatro, estos discos son colocados sobre ejes descentrados con respecto al eje de la columna.

En el momento en que se comienza a rotar la columna de perforación se produce una rotación lenta por parte de los discos causado por la acción de raspaje en el fondo. A diferencia de las brocas tipo draga las cuales tienen sus hojas fijas, en las de tipo disco se nota un aumento en el total de bordes cortantes utilizables para la perforación.

Si se busca lograr una mayor eficacia se necesita tener un control implacable del peso que se ejerce sobre ellas el cual suele ser menor en comparación con otras brocas como las de tipo draga.

En lo que respecta a la limpieza del pozo, generalmente se requiere una gran cantidad de fluido de perforación. Brocas de este tipo suelen ser recomendables para formaciones medianamente duras como las arcillas y arcillas arenosas.

2.2.3 BROCA DE CONOS

Estas normalmente ofrecen dientes con diversos perfiles y conos con ángulos distintos en relación a su plano horizontal debido a que su finalidad de construcción es su utilización en casi cualquier formación.

2.2.4 BROCA BICÓNICA

Se constituyen principalmente por dos conos los cuales están diametralmente opuestos, responden al mismo procedimiento de elaboración que la tricónica, se las emplea para perforaciones de bajo peso generalmente en formaciones inclinadas. Son apropiadas para lugares donde la inclinación que tiene el pozo origina constantes presiones de la columna.

2.2.5 BROCA DE CUATRO CONOS

A esta broca también se la conoce como de carretes cruzados, están establecidas por cuatro conos acoplados sobre ejes perpendiculares lo cual hace que se forme una cruceta.

Tiene dos conos con un diámetro de mayor y menor espesor que los otros que son diametralmente inversos los cuales perforan el contorno del pozo, de esta manera la distancia entre sus bordes externos mide el diámetro de la broca.

En el caso de que los dientes de los carretes no logren perforar la parte central del pozo, este puede ser alcanzado por los dientes de los otros carretes los cuales se encuentran situados en el mismo plano y en posición perpendicular a los primeros, estos poseen un mayor espesor y un menor diámetro.

2.2.6 BROCA DE CILINDROS CORTANTES

Se las puede catalogar como brocas de tipo cónico y brocas de rodillos cruzados y es uno de los tipos de barrenas más empleados. También se las conoce como ruedas dentadas debido a que presentan unas filas de dientes en la parte giratoria. En el instante en que la columna de perforación comienza su acción giratoria las ruedas dentadas también lo hacen independientemente y gracias al contacto que tiene en el fondo del agujero los rodillos cortantes también girarán. En algunos casos es posible realizar un cambio en los dientes que normalmente se utilizan con otros de incrustaciones de carburo de tungsteno los cuales poseen una forma redondeada, generalmente se las conoce como brocas de botón y son usadas para formaciones muy duras. Con la finalidad de obtener una durabilidad bastante prolongada por parte de la broca se ha utilizado un material resistente para endurecer los dientes, este material es carburo de tungsteno. A las brocas se las puede describir como de chorro o convencionales dependiendo del tamaño de las partes de descarga de lodo de perforación.

Tanto el diámetro del agujero como la geometría de las brocas hace que las dimensiones de las partes giratorias de la broca con rodillos de ruedas dentadas cortantes se encuentre limitadas. Es necesario que se puede realizar un diseño óptimo el cual se ajuste a las dimensiones del balero en el eje de la parte giratoria, el espesor del cubo del rodillo y la profundidad del corte de los dientes en él. Del tamaño dependerá la fuerza que se tenga en cada una de estas partes las cuales incluyen aleje estacionario que se encuentra acoplado a la caja de brocas. Puede ser que la cantidad de metal que se permite depositar en estas partes de la broca esté sujeto a algunas variaciones, esto hace que también se tenga un efecto negativo en cuanto a la solidez de la barrena se refiere. Normalmente las brocas pequeñas no trabajan con grandes cargas a diferencia de las más grandes las cuales pueden lograr una mayor velocidad de penetración. Una de las características de las barrenas que poseen mayores dimensiones es que sus dientes pueden ser más largos y logran perforar distancias mayores en comparación con las brocas de menor tamaño.

Las brocas de esta clase se las fabrica con la finalidad de perforar sin inconvenientes en formaciones suaves, medianas y duras, es conveniente que se disponga de dientes largos, espaciados y delgados cuando se esta por perforar en formaciones mas suaves de manera que no haya ningún problema con los recortes los cuales suelen encajonarse entre los dientes. En ocasiones donde los dientes de un rodillo transitan entre las hileras de los dientes de los rodillos adyacentes se podrá utilizar dientes más largos y permitirá obtener una limpieza más eficiente sustrayendo los recortes que se encuentran en el fondo. Estos dientes se los tiene respectivamente afilados sin importar si se encuentran sumamente espaciados ya que muchas veces se cree que si no se tiene la suficiente cantidad de dientes se podría tener problemas de rotación. Los conos deberían poseer una cantidad suficiente de dientes así como todos los elementos giratorios, esto tiene como finalidad que los dientes de rodillo que se encuentran adyacentes no hurguen en la misma zona en el fondo del hueco. Cuando los ejes de los conos se mueven

hacia adelante del centro del agujero se tendrá una acción de torsión lo cual hace muy difícil tener una acción rodante.

En el caso de las brocas de cilindros cortantes se utilizan dientes cortos y sin mucho espaciamiento para la perforación en formaciones duras. De esta manera se tendrá la fuerza máxima y la superficie dentada que se puede emplear en las tareas de perforación en el interior del hueco, esto permitirá que se logre un incremento en los pies perforados. Los mecanismos rodantes que posee esta broca están hechos para lograr una acción de ruedas en el fondo hueco, de modo que si patinan o resbalan podría provocar un incremento en el desgaste de los dientes. Su mecanismo de perforación reside en desprender pequeños pedazos de roca mediante una operación de trituración al momento en que roca hace contacto con cada diente de la barrena.

La operación de la broca normalmente depende de las características de la columna de perforación, sobretodo del lastrabarrenas ya que esta será un factor decisivo para el éxito de la perforación en especial en formaciones duras. Otros factores que tiene relación directa con la acción de perforación son las presiones que se manejan en el fondo del pozo así como el tipo de fluido de perforación que se utilizará dependiendo de la formación a perforar.

Para realizar un trabajo de perforación en formaciones intermedias existe una amplia gama de brocas que se pueden utilizar de manera eficiente y sobretodo muy económico ya que el costo y el tiempo en la perforación son factores que hacen que se tome en cuenta cierto tipo de barrenas o se opte por otra. A veces se diseñan brocas con una serie de características con la finalidad de utilizarlas de manera muy específica. Por ejemplo se pueden fabricar barrenas que poseen un cono con características diferentes a las de los otros dos.

En este tipo de brocas se tiene una mayor turbulencia de fluido en el fondo del hueco, sin embargo dependiendo del tipo de formaciones donde se perforará es considerado una buena opción el emplear brocas a chorro debido a que con estas se puede lograr un incremento en el poder de penetración. Su diseño es diferente al de las brocas anteriormente descritas ya que en estas las toberas se encuentran posicionadas de manera que el lodo llega directamente al fondo del agujero lo cual hace que la sustracción de los recortes se lo realice de manera más eficiente.

2.3 BROCAS ESPECIALES

Hay ciertos tipos de brocas que se las fabrican con finalidades específicas las cuales son:

- Brocas Excéntricas
- Brocas mixtas
- Brocas a cabo
- Brocas de a chorro

2.3.1 BROCAS EXCÉNTRICAS

Habitualmente se las utiliza para arcillas duras, arenitos y arcillas arenosas, la ventaja de esta broca es que es menos probable que haya algún inconveniente en el momento de la perforación en el fondo del pozo.

Una característica de las brocas excéntricas es que permite perforar tanto formaciones duras como blandas, esto es posible debido a que son desarmables, es decir que el cuerpo de la barrena puede tener mas de ocho

cabezas diferentes las cuales se pueden cambiar dependiendo de la formación.

2.3.2 BROCAS MIXTAS

Se las conoce también como brocas combinadas, están dotadas de conos y láminas así como láminas con insertos de carburo de tungsteno o diamantes las cuales se las puede emplear en formaciones duras.

2.3.3 BROCAS A CABO

Este tipo de barrenas tienen la facilidad de poder ser cambiadas sin tener la necesidad de sacarlas de la columna de perforación.

2.3.4 BROCAS A CHORRO

La limpieza eficiente en el fondo del pozo y la acción hidráulica resulta ser un punto clave para una buena penetración de la broca. Estas funciones que desempeña la broca se las logra realizar mediante el flujo a través de los canales de circulación, puede que estos no obtengan un buen desempeño debido a que si se presenta una presión mayor probablemente se generará un efecto de abrasión en los elementos cortantes de la broca. Se ha podido comprobar mediante experimentos de campo un incremento gradual de la tasa de penetración cuando se tiene velocidades lineales de 175 a 200 pies por segundo.

Para la aplicación de estas velocidades se planteó la posibilidad de un cambio de dirección del flujo de lodo con la finalidad de que actúe de forma directa en el fondo del pozo sin que llegue a tocar los conos, esto se lo hizo ya que con la broca convencional no era posible alcanzar estas velocidades, esto se debe a que si aplicamos estas velocidades a esa clase de brocas lo más probable es que se produzca un desgaste de los conos, fue así como surgieron las brocas de tipo jet o a chorro.

2.4 TIPOS DE BROCAS MÁS COMUNES

Los tipos de brocas más comunes utilizados dentro del área petrolera son:

- Brocas tricónicas
- Brocas compactas (PDC)
- Brocas con insertos de tungsteno
- Brocas especialmente diseñadas para corazonar.
- Brocas de diamante

2.4.1 BROCAS TRICONICAS

Este tipo de brocas esta compuesta por tres conos que son los encargados de cortar o triturar la roca, estos conos giran sobre su propio eje y las estructuras de corte rotan en el fondo del hueco de manera independiente. En 1930 se creó una broca con suficiente espacio entre los conos ya que de esta manera se alargan los cortadores y se puede suministrar una acción de limpieza en la formación blanda. Después de algunos años se comenzó la fabricación de brocas de dientes y de carburo de tungsteno.

El material del que se encuentra construido el cuerpo de la broca es de acero fundido, también es posible que se encuentre establecida por tres piezas las cuales son de acero forjado y están soldadas entre si.

Estas brocas se emplearon mayormente por estar provistos de cojinetes antifricción y la hilera de dientes se elaboró separada y escalonadamente con los dientes de la otra hilera. Esta característica hace que la penetración sea mucho mayor y duplica el avance de la barrena en el hueco, después de ciertas mejoras en diferentes aspectos como en los cortadores, en 1948 aparece la barrena a chorro las cuales mandan al fluido de perforación con una fuerza bastante alta contra la formación para de esta manera limpiar todas las impurezas que muchas veces impiden el avance de la barrena.

Uno de los cambios más notorios se dio en los elementos de corte ya que para los mismos se utilizó algunos insertos de carburo de tungsteno, dichos insertos se encontraban colocados en agujeros patrones y redondeados en sus extremos.

Estos insertos tienen la capacidad de moler la formación de tres a diez veces más que las que estaban provistas de dientes de acero en rocas duras. Ciertas aplicaciones ayudaron mucho a los cojinetes de rodillo para aumentar la vida útil de la barrena como el compensador de presión y el sistema de auto contenido de lubricación, sin embargo esto no fue apropiado para las barrenas con insertos de carburo de tungsteno.

Después de algún tiempo se comenzaron a utilizar otro tipo de cojinetes con los cuales se llegaría a cuadruplicar la vida útil de la barrena. Estos eran los cojinetes de fricción que estaban a la par en cuanto a duración a los insertos de carburo de tungsteno en la estructura cortadora.

2.4.1.1 Características de la Broca Tricónica

Este presenta tres elementos:

- Cortadores
- Cojinetes
- Cuerpo de la broca

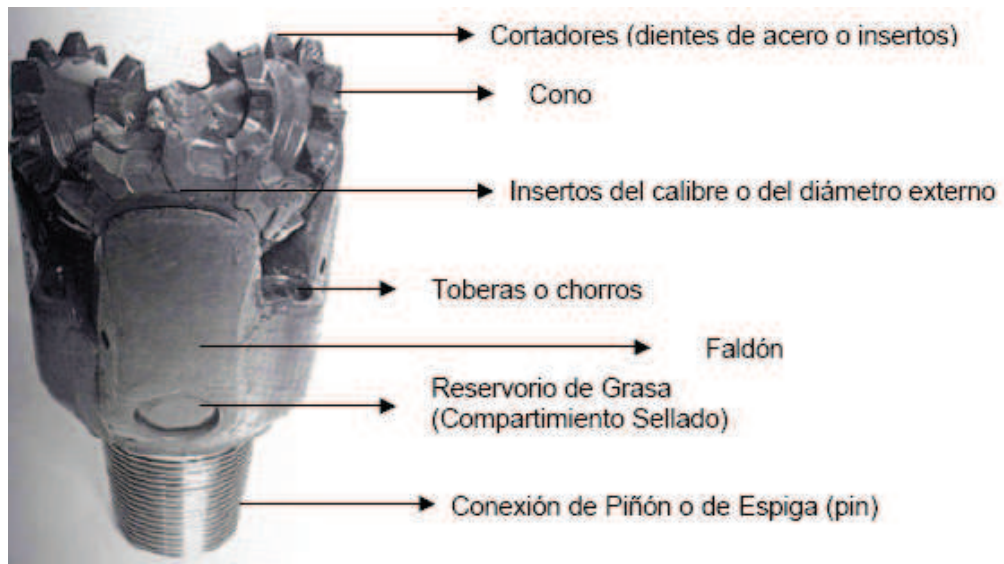


FIGURA 1 Partes de una Broca Tricónica

(Schlumberger, 2004, Drilling School)

Cortadores

Es el elemento cortante de la broca, pueden ser prefabricados con carburo de tungsteno y acopladas en bolsillos forjados en el interior de los conos, los cortadores son hileras de dientes que se extiende a lo largo de cada uno de

los conos los cuales se encuentran entrelazados entre las hileras formados por dientes de los conos adyacentes.

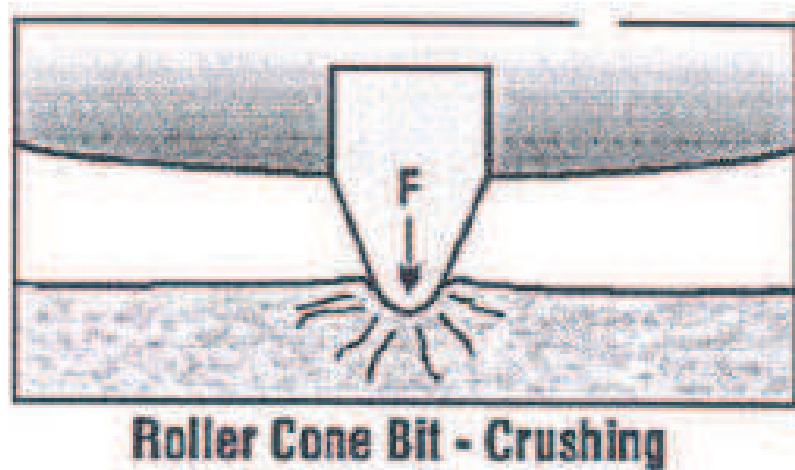


FIGURA 2 Cortador

(Schlumberger, 2004, Drilling School)

Estos dientes son los que verdaderamente cortan a la formación y existe una gran variedad de formas y tamaños los cuales se los utiliza dependiendo de la formación a perforar. El corte se produce debido al enorme peso que se ejerce sobre la broca lo cual provoca que los dientes se incrusten en la formación mientras que se encuentra rotando.

Excentricidad de los Conos

El efecto de la excentricidad de los conos es la acción de perforación de una broca de tres conos. A la excentricidad también se la conoce como "offset" y es el trayecto horizontal entre la línea central de la broca y un plano vertical, a través de la línea central del eje del cono. En conclusión la excentricidad sería el grado de desalineación y se lo conoce como oblicuidad.

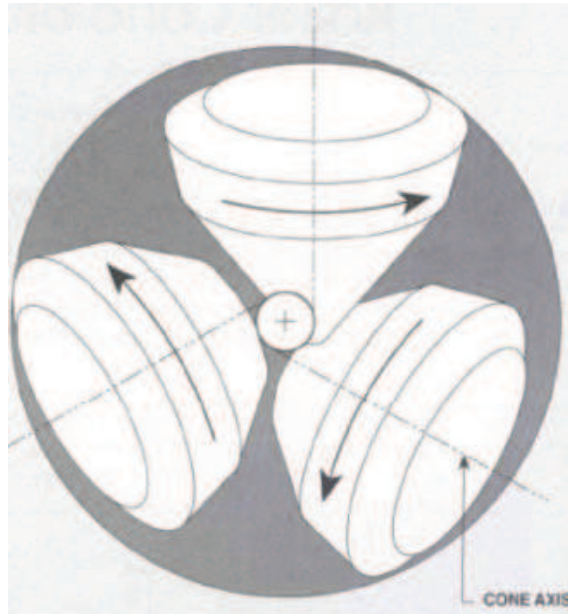


FIGURA 3 Excentricidad de los Ejes de los Conos
(Schlumberger, 2004, Drilling School)

Cojinetes

Los rodamientos o cojinetes hacen que los conos giren alrededor del cuerpo de la barrena. Para tratar de garantizar una vida útil bastante larga de los cojinetes en el fondo del pozo estos son lubricados y sellados. Para las secciones superiores del hueco se pueden emplear cojinetes no sellados de rodillo o de bola, en este caso es permitido usar este tipo de cojinetes debido a un corto tiempo de viaje y a que es preferible trabajar en estos casos con velocidades de rotación altas.

Puede haber otro tipo de rodamientos como el de muñón el cual es un cojinete de fricción y no tiene rodillos. En el interior del cuerpo de la barrena se encuentra un reservorio sellado con lubricantes para los rodamientos.

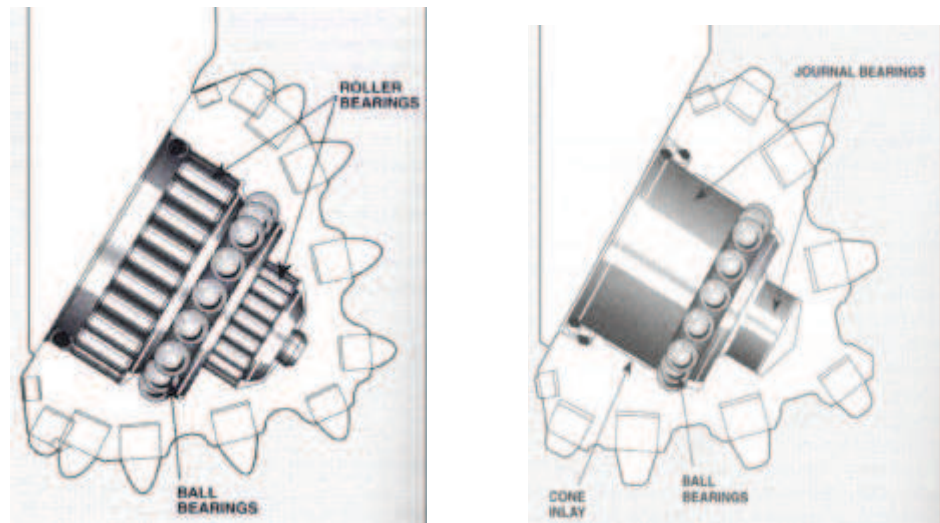


FIGURA 4 Cojinetes de Rodillo y de Muñón
 (Schlumberger, 2004, Drilling School)

2.4.2 BROCAS PDC

Este tipo de brocas sirven para perforar la formación en una acción deslizante, es una herramienta compuesta por diamantes los cuales son constantes hasta los 700 grados C. A diferencia de algunos diamantes usados en otras brocas (barrenas de diamante natural y TSP) estos pueden insertarse al cuerpo de la broca que funciona como elementos cortantes.

Las brocas PDC tienen un mayor aguante al los impactos debido a que posee elementos cortantes que se encuentran incorporados a un poste de carburo de tungsteno, los cuales están consolidados en el cuerpo de la barrena, estos están hechos de acero.

Las barrenas PDC usan un diamante sintético y al igual que las otras barrenas ya citadas, consta de un cuerpo solido y de unos cortadores fijos. La diferencia de las PDC con las demás brocas de diamante es su diseño hidráulico ya que este se encuentra constituido de un sistema de toberas para lodo iguales a las que se usa en las ticónicas. El diamante sintético es el material del que esta formado sus cortadores, normalmente la forma de estos diamantes son de pastilla y se encuentran acopladas en el cuerpo de los cortadores de la barrena.



FIGURA 5 Broca Utilizada en Formaciones Duras y Abrasivas
(Schlumberger, 1999, Diamonds Drillbits)

Este tipo son las que se usan más en la perforación de pozos, por las diferentes ventajas que brinda tales como los excelentes resultados que se obtiene en la perforación rotatoria, por su diseño hidráulico y por las ventajas económicas. Su mecanismo de corte esta constituido por arrastre.

Gracias a las características que tiene esta barrena, poseen una gama muy amplia de fabricantes y de tipos para cada una de las formaciones que se comienzan a perforar. Se las puede usar con motores de fondo o con turbinas y su rotación puede ser a altas velocidades. Gracias a su gran resistencia pueden ser utilizadas con varios pesos en la barrena.

Se dice que al emplear las barrenas PDC se esta favoreciendo a incrementar el ángulo de desviación del pozo aunque en teoría estas barrenas son fabricadas para que se consiga el efecto inverso ya que el cuerpo de la barrena el cual es fijo, tiende a consolidar el pozo. Sin embargo existen una serie de problemas al momento de emplear esta herramienta, por ejemplo en el caso en que debido a derrumbes de formación se tiene que repasar el hueco, existirán problemas de acuñamiento. Esto provoca que queden atrapadas en la formación más fácilmente que otras barrenas como las tricónicas.

2.4.3 BROCAS CON INSERTOS DE CARBURO DE TUNGSTENO

Las barrenas con insertos de carburo de tungsteno pueden llegar a ser mucho más caras que las de acero pero tienen una mejor durabilidad, esto se debe a son mas tolerantes al desgaste. Los insertos de carburo de tungsteno se los coloca en varios oricios que se encuentran en el cono de la barrena.



FIGURA 6 Barrenas con Insertos de Carburo de Tungsteno
(Schlumberger, 1999, Diamonds Drillbits)

Son capaces de perforar desde formaciones medianas hasta muy duras pero también tienen un buen desempeño en formaciones suaves. Para la perforación donde se encuentran formaciones duras es aconsejable hacerlo con un gran peso y velocidades de rotación moderadas, en cambio para formaciones blandas es mejor tener velocidades de rotación alta y con un peso moderado.

2.4.4 BROCAS ESPECIALMENTE DISEÑADAS PARA CORAZONAR

Se las utiliza cuando es necesario tomar muestras de la formación que se está perforando. Generalmente este tipo de brocas suelen ser de diamante o PDC la cual posee cortadores fijos; la principal diferencia con otra clase de barrenas es que esta tiene un orificio hueco en su centro el cual se usa para tomar la muestra que posteriormente será analizada por el geólogo. Puede estar provista tanto de diamantes como PDCs los cuales se localizan a los lados y también alrededor de la hendidura de la broca.

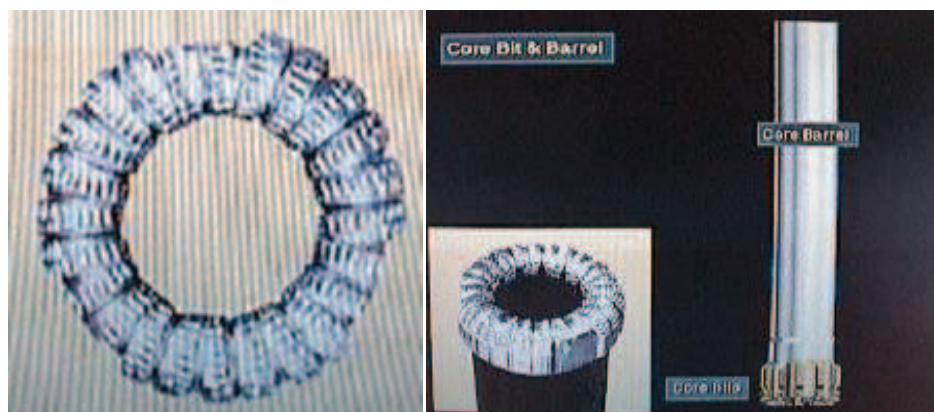


FIGURA 7 Brocas Saca Testigos
(Schlumberger, 1999, Diamonds Drillbits)

Después de que la broca a cumplido su trabajo es necesario realizar la una sustracción del core, esto se lo hace a raves de un barril corazonador el cual se lo corre en el fondo de la sarta de perforación. Este barril es un tubo que se usa especialmente para recolectar la muestra de formación y generalmente mide entre 30 a 90 pies. La principal razón por la que se toma la muestra es para estudiar a la formación y sus principales características y para poder determinar factores importantes como por ejemplo si el pozo que se esta por perforar puede ser o no productor.

2.4.5 BROCAS DE DIAMANTE

Su principal característica es la ausencia de partes móviles y se utiliza para perforar las formaciones duras debido a la dureza de su material el cual esta incrustado en la broca. Los diamantes se encuentran dispersados en el área de contacto de la broca con el fondo del pozo. También se las usa para obtener núcleos de formación con coronas de diamante natural. Esta clase de brocas son útiles cuando es necesario desviar un pozo y la formación se torna muy abrasiva o muy dura.

Esta barrena consta de un cuerpo fijo los cuales pueden ser de acero o de matriz, consta de unos cortadores de diamante natural los cuales se encuentran incrustados en el cuerpo, estos pueden ser de diversos diseños y densidades, el tipo de flujo con el que trabaja es radial.

Cuando se trabaja con esta herramienta es probable que se creen altas temperaturas, esto se debe al dispositivo con el que opera el cual es de fricción y arrastre. Los tamaños de los diamantes en su forma natural suelen variar de acuerdo al diseño que tenga la barrena, los diamantes que son mas pequeños se los usa en las formaciones duras y abrasivas, la forma de los diamantes es redonda e irregular.

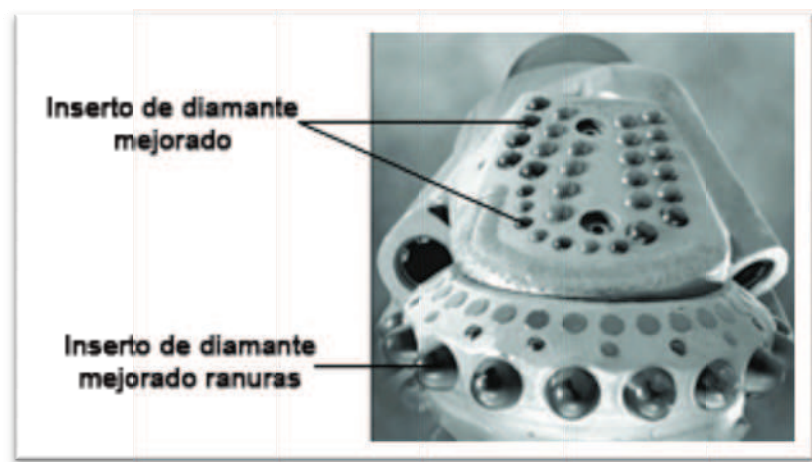


FIGURA 8 Insertos de Diamante
(Schlumberger, 1999, Diamonds Drillbits)

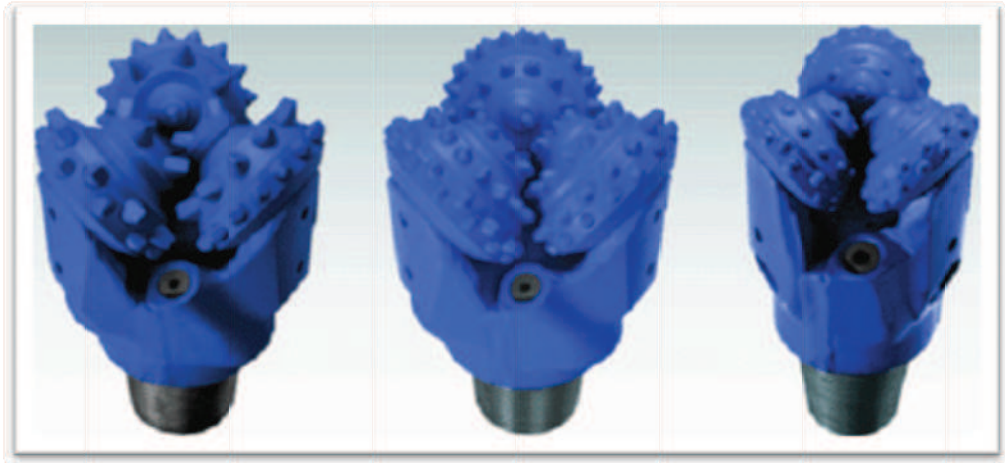


FIGURA 9 Brocas de Diamante
(Schlumberger, 1999, Diamonds Drillbits)

Tan solo un veinte por ciento de los diamantes en su forma natural son para la fabricación de joyas, el otro ochenta por ciento se lo maneja para uso industrial, esto se lo hace ya que el diamante es un material extremadamente duro.

Los avances que se ha logrado en cuanto al diseño y al material empleado para su fabricación son responsables de los resultados favorables que se han logrado con la broca de diamante, así como las constantes mejoras que se ha hecho en los procedimientos de perforación.

Para disminuir las posibilidades de tener una fractura lo más conveniente es utilizar diamantes más grandes las cuales poseen superficies cortadoras mas profundas. Gracias a los avances tecnológicos en cuanto a la perforación y desarrollo de brocas de diamante podemos aplicar pesos considerables a la broca como por ejemplo es posible aplicar un peso de 60.000 libras a una broca de 8½ pulgadas.

La utilización de lagunas herramientas como, estabilizadores de lastrabarrenas y cuadrados de perforación puede afectar de manera positiva a la velocidad de rotación de la broca. Es conocido que el régimen de penetración mejorará si se tiene una mayor velocidad de rotación. Las altas temperaturas que se crean entre la roca y los diamantes del contorno de la broca hacen que la velocidad de rotación esté limitada.

2.4.6 BARRENAS TSP

Este tipo de barrenas consta de un cuerpo carente de partes móviles es decir tiene un cuerpo fijo, se las emplea generalmente para perforar arenas finas duras, roca caliza dura y basalto. Estas suelen ser una mejor opción que las de diamante natural en lo que respecta a una perforación convencional.

Es una herramienta cortante constituida por diamantes fabricados, tienen la particularidad de ser más resistentes que los de diamantes naturales en cuanto a la temperatura se refieren, es seguro hasta los 1000-1200 grados C. Este tipo de brocas está provisto de diamantes los cuales logran ser orientados en el cuerpo de la barrena y tiene la característica de ser autoafilables.

A diferencia de los diamantes PDC, este tipo son más complicados de ensamblar al material de soporte por lo cual solo se utilizan en brocas de tipo cuerpo de matriz.

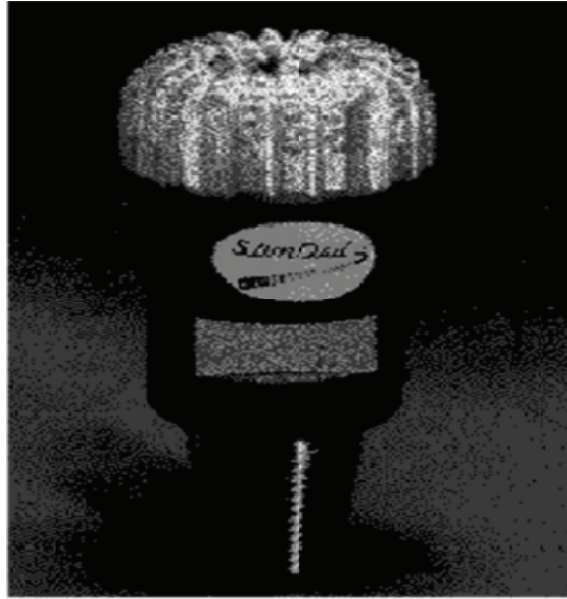


FIGURA 10 Barrenas de Diamante TSP

(Schlumberger, 2000, Manual para ingenieros de Petróleo)

Su uso en formaciones es igual que las de diamante natural, es decir limitado, ya que las vías de circulación que posee esta barrena se encuentra en constante contacto con la formación y la rotación de la sarta crea altas torsiones en la tubería de perforación y son muy útiles si es que quiere utilizarlas como motor de fondo.

Su estructura de corte se encuentra constituida por diamantes sintéticos los cuales poseen una forma triangular, a diferencia de las barrenas de diamantes naturales los cuales tienen forma redonda. Sus diferentes características son establecidas por los fabricantes y se las emplea en desviaciones de pozos y corte de núcleos dependiendo de lo que se necesite realizar en la formación.

2.5 DISEÑO DE UNA BROCA

El diseño con dientes fresados en cono rotatorio hizo que se tuviera una mejor eficacia en lo que respecta al sistema rotatorio en comparación con los anticuados equipos provistos de cables y poleas. Desde la aparición de este diseño han existido grandes avances de las barrenas en cuanto a durabilidad, resistencia y perforabilidad, hasta el punto que ahora se fabrican brocas especiales para poder perforar con una mayor eficacia todo tipo de formaciones desde blandas hasta formaciones duras.

Desde los primeros cambios que ha sufrido el diseño de la broca hasta nuestros días ha sido de gran utilidad para el constante desarrollo y rendimiento de la broca para lo cual los diseñadores tienen altos estándares de fabricación. Luego se incorporan una serie de modificaciones con las cuales tienen por objetivo lograr el máximo desempeño posible.

Las limitaciones que se tienen en cuanto al diámetro del hoyo requerido tal vez sea uno de los primeros factores a tomar en cuenta por parte de los diseñadores. Esto significa que un incremento en alguno de los parámetros como la altura de los dientes ocasionará una disminución proporcional de otro parámetro, esto se debe a que cada uno de los dispositivos de la broca tiene que encajar en el diámetro del pozo.

2.5.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS BROCAS TRICÓNICAS

Como ya se había mencionado las brocas tricónicas constan de tres conos los cuales giran sobre su eje, estos pueden cambiar dependiendo de la

estructura de corte y pueden estar provistos de dientes de acero fresados o de insertos de carburo de tungsteno.

La estructura de corte se encuentra posicionada sobre los cojinetes los cuales están sobre unos pernos y conforma una parte importante de la barrena. El elemento exterior de los cojinetes absorben las cargas radiales cerca de la base del mismo o de la punta del cono ya sea de balero sellado, de chumacera sellada o de rodillo. Los cojinetes de balines cumplen la función de detener los conos y también absorben las cargas radiales.

Normalmente se emplean diversas clases de elementos de corte y de cojinetes entre los que tenemos a continuación:

2.5.2 ELEMENTOS DE CORTE:

2.5.2.1 Dientes de acero

Maquinados desde un cono básico de material

2.5.2.2 Insertos de carburo de tungsteno

Se ponen a presión en orificios perforados en la superficie de los conos.

En formaciones blandas la broca no requiere de mucho peso para poder perforar sin ningún inconveniente, en este tipo de formaciones los cojinetes tienden a ser mas pequeños y el espesor de los conos es menor y la sección

de patas es mucho mas estrecha que en las barrenas utilizadas para la perforación de formaciones duras. Estos detalles hacen que haya más espacio para los dientes largos. Barrenas con cuerpos mas vigorosos, cojinetes mucho mas amplios y elementos de corte robustos son los que se deben utilizar en el caso de que se este trabajando con formaciones duras.

El cono rueda el en fondo del pozo sin ninguna acción de arrastre o deslizamiento debido a que el mismo tiene una forma cónica y su eje se encuentra en el centro de rotación de la barrena. Los conos que se utilizan en las formaciones blandas no tienen un buen rodamiento debido a que tienen dos ángulos de cono básicos los cuales no tienen su centro en la parte central de la barrena. La superficie exterior cónica rueda alrededor de su eje y las hileras interiores ruedan cerca de su centro de su propio eje.

2.6 SELECCIÓN DE BROCAS

2.6.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE BROCAS

En el proceso de selección de brocas es importante tener claro los objetivos a cumplir en el proceso de perforación, también es crucial reunir toda la información posible a cerca del pozo lo cual servirá para poder establecer el tipo barrena mas conveniente y sus respectivas características con las cuales se podrá satisfacer los requisitos de perforación.

2.6.1.1 Rendimiento

La meta principal en los trabajos que se realizarán es completar la perforación exitosamente en el menor tiempo posible. Teniendo esto en

cuenta es conveniente seleccionar una barrena que tenga un excelente desempeño y sea durable. Una vez que tengamos la barrena seleccionada para el trabajo de perforación lo que se tratará de alcanzar es la mayor cantidad de pies perforados en un tiempo admisible.

2.6.1.2 Direccional

Para los pozos direccionales normalmente se utilizan barrenas de diamante o tricónicas con las que se deben seleccionar las características apropiadas de la barrena. Las posibilidades de tener un gran alcance si como el poder perforar de forma horizontal hace que la barrena de diamantes tenga ciertas ventajas sobre otro tipo de barrenas ya que estas suelen ser aptas para pozos que poseen secciones prolongadas y homogéneas. Se debe conocer una serie de parámetros los cuales son primordiales para el correcto estudio de las aplicaciones direccionales, estos parámetros son la densidad de los cortadores, cantidad de aletas, control de la vibración y el calibre de la barrena.

2.6.1.3 Economía

Para que la utilización de las barrenas con diamante sea tomada en cuenta como una buena opción se realizará en respectivo estudio económico con lo cual se determinará la aceptación o el rechazo de la barrena de diamante en un trabajo de perforación. En el caso de que se llegue a la conclusión de que no se utilizará este tipo de barrenas existe una buena gama o tipos de barrenas más económicas que probablemente satisfagan las necesidades y los respectivos requerimientos en lo que se refiere a la perforación de formaciones.

2.6.1.4 Coeficiente de Penetración Típico

Hay que ser cauteloso en la forma en que seleccionamos la barrena ya que si lo hacemos de una forma errónea esta puede ocasionar problemas al momento de determinar las características de dureza de la roca. Este coeficiente de penetración nos ayuda a determinar la dureza de la roca, de manera que podemos establecer que barrena utilizar de acuerdo al coeficiente que posee. Generalmente las mas duras tiene una tolerancia superior dependiendo de su diseño, esto se debe a la proyección de sus dientes o también a la densidad en sus cortadores. Cada vez que se llega a profundidades mayores se usarán barrenas mas duras pero esto no siempre sucede ya que en algunas ocasiones es viable utilizar barrenas blandas en partes bastante profundas.

2.6.1.5 Fluidos de Perforación

Los fluidos de perforación pueden ayudar a obtener un mejor rendimiento de la barrena dependiendo del tipo de fluido y de su calidad. Algunos de estos fluidos pueden ser beneficiosos para cierto tipo de barrenas, por ejemplo para las barrenas PDC es posible utilizar un fluido de base aceite el cual optimizará el rendimiento de su estructura de corte. Algunos fluidos también pueden mostrar ciertos inconvenientes como las de base de agua los cuales presentan problemas de limpieza, es se debe a que la base acuosa de este fluido puede provocar reactividad en la formación. Mediante cierta información recopilada es posible saber que tan efectivo puede llegar a ser un fluido de perforación que se utilizará en la formación.

2.6.1.6 Energía Hidráulica

Esta energía también es llamada (Hydraulic Horse Power per Square Inch) lo cual significa caballos de fuerza por pulgada cuadrada, esta energía suministra un enfriamiento de la barrena y también provee limpieza a la misma. Mediante los análisis históricos se pueden obtener datos acerca del campo con lo cual es viable determinar si es posible un mejor manejo de la energía hidráulica a través de los parámetros de operación y de la selección de barrenas. Con la finalidad de garantizar la eficiencia en cuanto a limpieza y enfriamiento, el funcionamiento de las barrenas de diamante está sujeto a escalas hidráulicas. Existen ciertos factores que ocasionan problemas tales como daños térmicos en la estructura de los cortadores o podrían tener repercusiones en el enfriamiento, estos factores son, el índice de potencia hidráulica y los regímenes de surgencia limitados. Si se produce una deficiencia del rendimiento de la barrena lo más probable es que sea por una incorrecta limpieza, lo que ocasionará que la barrena se embole. El uso de los parámetros más adecuados en lo que a hidráulica se refiere hará que sea posible lograr un buen desempeño de las barrenas de diamante.

2.6.1.7 Escalas de Revoluciones por Minuto

Para mantener a la barrena en buenas condiciones y que tenga un desgaste lento es primordial conocer algunos parámetros como los de vibración y resistencia al desgaste, estos parámetros se los indica a través de la velocidad en la barrena conocidos como RPM o revoluciones por minuto.

2.6.1.8 Formaciones Nodulares

Existen formaciones las cuales se les conoce como nodulares, este tipo de formaciones no son mas que piritita, y conglomerado. Las barrenas de diamantes normalmente sufren daños por impacto en la estructura de sus cortadores cuando se las utiliza en este tipo de formaciones así que es mejor no usar este tipo de barrenas en las formaciones nodulares.

2.6.1.9 Pozos Profundos

En estos pozos puede ser posible que ocurra un incremento considerable en el tiempo de viaje en relación al tiempo de perforación, con lo cual se origina una reducción en la eficiencia de perforación. Con la finalidad de realizar una reducción significativa en el número de viajes se podría considerar el emplear una barrena de diamante y también se tendría una mayor duración de la barrena.

2.6.1.10 Pozos de Diámetro Reducido

En pozos con diámetro reducido será obligatorio realizar una disminución del tamaño de los cojinetes en las barrenas de roles, esto generalmente se debe hacer en pozos con diámetros menores a 6 ½ pulgadas. Si esto ocurre también será necesario ejecutar una reducción del PSB lo que provocara un incremento en el coeficiente de penetración. Si se requiere que la barrena sea capaz de permanecer en el pozo periodos largos de tiempo lo más conveniente será utilizar una barrena de diamante.

2.6.1.11 Aplicaciones con Motores

Normalmente hay motores que se mueven a altas velocidades cuando se encuentran en el interior de un pozo como por ejemplo a una velocidad mayor a 250 RPM. Si se abusa de la velocidad a la que funciona el motor es decir una RPM alta, es probable que haya problemas con barrena como por ejemplo un aumento de la carga térmica de los cojinetes.

2.6.1.12 Atributos de Medio Ambiente

Si se quiere solucionar la mayoría de inconvenientes que se tiene con las barrenas es recomendable efectuar un análisis por secciones. Se procederá a analizar la primera sección que corresponde al diámetro del pozo la cual es vital para escoger a la barrena mas adecuada. También se puede subdividir las secciones del pozo en intervalos que posean propiedades similares con respecto a su medio ambiente.

2.6.1.13 Tipo de Roca

Para la selección de la estructura de corte y de la densidad que necesita la aplicación es preciso tener la información sobre la formación que se esta intentando perforar.

2.6.1.14 Litología

Los datos litológicos son la primera cosa que se requiere para una buena selección. El saber que tipo de roca se tiene en frente es primordial para

establecer la clase de corte que se requiere para someter su resistencia ya sea corte, surcado o molido.

2.6.1.15 Características Litológicas

En el caso de las barrenas de diamante las características litológicas pueden ayudar a establecer la densidad ideal para los cortadores, la configuración hidráulica nos ayuda a realizar una apreciación a cerca de la duración de la broca y su coeficiente de penetración.

2.6.1.16 De Transición

Esto hace que se pueden indicar los cambios que suceden en la dureza de la formación. Es posible que surjan algunas cargas dispares en el perfil de la broca, algunos otros factores pueden ser las vibraciones de torsión, vibraciones axiales y laterales. Los criterios de selección estarán establecidos por la calidad y densidad específica de los cortadores.

2.6.1.17 Homogeneidad

Esta se refiere a la consistencia de la formación, para algunas características de la broca las cuales suelen ser mucho más agresivas, existe más flexibilidad de selección por ejemplo una densidad menor de los cortadores. En el caso de las brocas tricónicas se las selecciona de acuerdo a la dureza que tiene la roca.

2.6.1.18 Interestratificación

Estas características de interestratificación tienen que ver con las formaciones de transición vistas anteriormente las cuales revelan ciertos cambios en la litología del intervalo en estudio. También es primordial el considerar la elección de algunos tipos de dientes y de cortadores, al igual que su densidad y calidad.

2.6.1.19 Fracturados o Nodulares

En este tipo de casos la mejor opción es evitar el utilizar las barrenas de diamante ya que esta es considerada una situación de alto impacto. No obstante existen algunas baremas que pueden llegar a perforar exitosamente como las barrenas impregnadas y las de diamante natural con fijaciones dorsales.

2.6.1.20 Vibración

La vibración representa un parte muy importante en lo que significa los trabajos de perforación, ya que tiene relación directa con lo que es el rendimiento y la durabilidad de las barrenas. El controlar la vibración en la barrena es muy importante a tal punto que existen algunos parámetros de selección relacionados con la vibración y forma una parte fundamental en el diseño de la barrena. Para poder establecer en nivel de control de la vibración es necesario realizar una correcta selección del calibre que este acorde con el diseño de la barrena

2.7 SELECCIÓN EN FUNCIÓN DE LA FORMACIÓN QUE SE VA A PERFORAR

Primero se debe realizar una descripción lo mas detallada posible sobre la formación en la que se va a realizar los trabajos de perforación, esto se lo hace con el objetivo de seleccionar de manera correcta la barrena que se ha de utilizar ya que el conocer a cabalidad las propiedades de la formación nos dará una idea clara de el tipo de barrena que usaremos en la perforación de la misma.

Cuando se ha comenzado la perforación es posible que la formación se deforme en el instante en que se comprime, esto puede deberse a que lo formación es elástica y sin importar si la misma posee una resistencia a la compresión relativamente baja es probable que la barrena no genere recortes fácilmente. Si se presentan este tipo de situaciones mientras se esta ejecutando los trabajos de perforación con barrenas PDC es recomendable usar cortadores grandes.

Las barrenas PDC fueron concebidas principalmente para utilizarlas en perforaciones de formaciones desde blandas hasta medianas, en formaciones blandas este tipo de barrenas logran alcanzar una penetración tres veces mas alta que con las barrenas de rodillos, antes de las barrenas PDC las formaciones blandas se las perforaba con brocas de dientes fresados y con insertos de carburo de tungsteno.

Este aumento en la penetración de las barrenas PDC se logran debido al mecanismo de corte que poseen, a que los diamantes que se usan son muy resistentes a la abrasión, a su duración y también se debe a que este tipo de barrenas posee un cuerpo fijo lo que reduce el riesgo de que falle, a

diferencia de las barrenas que tienen piezas móviles. Las formaciones que son de tipo uno hasta siete son consideradas ideales para ser perforadas con barrenas PDC, también se pueden emplear algunas aplicaciones para perforar areniscas blandas de tipo ocho o ciertas evaporitas de tipo nueve, diez y once. También existen cierto tipo de formaciones las cuales no se pueden perforar con barrenas PDC, estas son las de tipo doce o mayor a este.

La lista que se muestra a continuación representa los tipos de rocas que existen en un orden decreciente en su dificultad para ser perforadas.

- Arcilla
- Barro compacto
- Marla
- Evaporita
- Yeso
- Lutita
- Limo
- Anhidrita
- Caliza
- Dolomita
- Conglomerado
- Horsteno
- Roca volcánica

Es posible que existan algunos subgrupos de formaciones los cuales se encuentran localizados dentro de cada grupo los cuales no se logran perforar fácilmente con barrenas PDC. La roca y su resistencia pueden estar ligadas a la litología, Es muy sencillo confundir el nombre de la formación con el tipo de la roca sobretodo cuando estamos hablando de lutitas.

2.8 FACTORES QUE AFECTAN EL DESGASTE DE LA BROCA

Ciertos factores pueden afectar el desgaste de la barrena como los factores geológicos, operativos, factores de manejo y de transporte. No todos estos parámetros son importantes excepto el primero ya que los factores geológicos son indispensables en la selección de la barrena de perforación, por esa razón este parámetro debe ser muy bien estudiado con el objetivo de determinar que clase de barrena se utilizará. Esto ayudará en minimizar el desgaste y también se podrá establecer el rendimiento de operación en las formaciones que se han de perforar.

2.8.1 FACTORES GEOLÓGICOS

Estos factores suelen ser muy importantes ya que el conocer la geología del área que se está por perforar es decisivo para una operación óptima de la barrena. La formación posee propiedades físicas entre las que podemos mencionar.

2.8.1.1 Abrasividad

La estructura de la barrena puede presentar un desgaste prematuro debido a materiales abrasivos en la estructura de la roca como pedernal o pirita, esto también afecta al calibre en una mayor proporción.

2.8.1.2 Resistencia Específica de la Roca

Esta se encuentra fuertemente relacionada con los acontecimientos geológicos que se han experimentado y con la litología. Se pueden encontrar rocas las cuales se hallan a una gran profundidad y que gracias a los levantamientos tectónicos han quedado a profundidades someras. Debido a esto las rocas se vuelven mas compactas que otras de clase similar pero las cuales no han cambiado de profundidad. La forma y tamaño de los granos también son fundamentales así como la cementación de los mismos están relacionados con la resistencia específica de la roca.

2.8.2 FACTORES OPERATIVOS

Estos factores operativos se pueden crear acorde a la geometría del agujero y a la geología. Dependiendo del desempeño que se puede apreciar en el campo dichos factores pueden ser modificados. Los factores operativos son el peso sobre la barrena, velocidad de rotación, limpieza en el fondo del pozo, geometría del agujero, manejo y transporte.

2.8.2.1 Peso sobre la Barrena

El peso que se aplica en la barrena tiene repercusiones en la perforación, normalmente es necesario aplicar una gran cantidad de peso a medida que se avanza en la los trabajos de perforación del pozo, ya que mientras más tiempo perfora la barrena sus dientes o cortadores sufren un mayor desgaste. El peso es tolerado por la cara de la barrena y por los conos, para poder llegar a la profundidad deseada y tener un buen ritmo de penetración es recomendable aumentar el peso sobre la barrena o de no ser así la barrena sufrirá un desgaste prematuro.

2.8.2.2 Velocidad de Rotación

Esta velocidad se la conoce con las siglas “RPM” o revoluciones por minuto, la operación de la barrena no es limitada por una velocidad de rotación alta especialmente en las de diamante que generalmente pueden ser utilizadas como motor de fondo o turbina gracias a su diseño. Existen algunas barrenas exclusivas de conos para las altas velocidades en la rotación, pero es posible que otros factores hagan que se pueda alcanzar valores máximos de RPM en estas aplicaciones. Algunos de los factores que si pueden limitar el funcionamiento de la barrena pueden ser el mecanismo impulsor y la sarta de perforación. Una buena velocidad de rotación se puede definir como aquella que genera un máximo ritmo de penetración sin provocar ningún tipo de problema. En formaciones blandas el aumento del ritmo de penetración no es más que una consecuencia del incremento de la velocidad de rotación. También es posible que en formaciones más duras se logre el efecto inverso ya que si se supera el límite en la velocidad de rotación a los cortadores les era más difícil cumplir con su trabajo de perforar la roca, esto podría afectar a la barrena en lo que se refiere al desgaste.

En algunos casos como en las barrenas de conos es posible tener velocidades de rotación altas ya que el diseño de estas barrenas permite que puedan ser utilizadas como motor de fondo o turbina, dependiendo de algunas características es posible tener velocidades de cincuenta hasta seiscientos revoluciones por minuto en lo que respecta a los motores de fondo, también hay que tomar en cuenta la marca, el tipo, diámetro, gasto y otros factores importantes. En las turbinas la velocidad puede ser mayor a cien revoluciones por minuto, su diseño radica en tener algunos avances en lo que es el sistema de rodamiento e hidráulica, para que esto sea posible se debe proteger las piernas de la abrasión mediante un recubrimiento de carburo de tungsteno y en situaciones donde exista una carga extrema es importante mantener el sello.

2.8.2.3 Limpieza en el Fondo del Pozo

Este es un factor que el cual tiene relación con el desgaste que sufre la barrena ya que la limpieza del pozo se lo realiza utilizando los fluidos de perforación para quitar cualquier material extraño que pudiera provocar una obstrucción en alguna parte del pozo. La limpieza es muy necesaria ya que también impide que la barrena se embole, aparte de esto también cumple el trabajo de enfriar los cortadores y que puedan conservarse a una temperatura aceptable. El enfriamiento de la barrena también es un factor significativo ya que evita que la barrena alcance altas temperaturas e impide el desgaste del mismo por un exceso de temperatura, aparte de cumplir una función de lubricación.

2.8.2.4 Geometría del Agujero

En algunas casos en donde es necesario intentar una desviación en el pozo a veces se tiene que manejar algunas condiciones de operación las cuales podrían no ser tan recomendables como, revoluciones por minuto, el peso en la barrena, uso de sartas navegables para el aumento, disminución o para mantener le ángulo. Una de las desventajas es que se producirá un desgaste de barrena el cual no hay forma de evitar, el saber el desgasté que se esta produciendo solo es posible gracias a la experiencia que se tenga en este tipo de pozos.

2.8.2.5 Manejo- Transporte

El manejo de las barrenas se lo debe realizar con mucho cuidado ya que si no se tienen las debidas precauciones es posible que se produzca un desgaste, para evitar que esto ocurra hay que tener las siguientes

precauciones: primero se procede a remover el embalaje con el que esta cubierto y se lo ubica sobre alguna alfombra de caucho o sobre madera, en el caso de las barrenas de diamante donde sus dientes suelen ser muy frágiles se debe tener la precaución de no rodarlos en la cubierta del piso de perforación. A las barrenas se las debe tener un tratamiento especial y evitar que la barrena tenga algunos golpes, si estos consejos no se los tiene en cuenta es posible que los cortadores sufran daños irreparables lo cual mermaría su uso de una forma bastante rápida. Se realizan varias inspecciones a la barrena con el objetivo de encontrar alguna falla o si pueden existir objetos extraños que pueden provocar problemas en las toberas, también es posible que durante su transportación haya sufrido una serie de golpes o daños que acortaran su vida útil si no son detectados a tiempo.

2.9 EVALUACIÓN DEL DESGASTE DE LAS BROCAS

2.9.1 SISTEMA IADC DE CLASIFICACIÓN DE DESGASTE

Para que se puede sacar el mayor provecho al rendimiento que pueda tener las barrenas hay que conocer la manera de evitar el desgaste de la misma y de esta manera prolongar la vida su vida útil. Para poder escoger el tipo de barrena que se utilizará después se debe poner mucha atención en el desgaste que sufren las barrenas ya utilizadas, también es posible que las prácticas de operación se modifiquen de acuerdo a la barrena que se usa en ese momento.



FIGURA 11 Característica de Desgaste de los Cortadores

(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

Los valores que se pueden llegar a obtener tras la evaluación del desgaste de las barrenas son muy relevantes, dichos valores son avalados por la IADC (International Association of Drilling Contractors) cuando se creó los sistemas para poder realizar una evaluación de las barrenas de cono en cuanto a su desgaste. Para algunos aspectos importantes en los trabajos de perforación como la hidráulica, las revoluciones por minuto y el peso sobre la barrena es necesario efectuar una evaluación sobre el desgaste lo cual puede alargar su vida útil si se lo realiza de la manera correcta y también elegir la barrena que más convenga utilizar en la perforación.

En el sistema que se utiliza para la evaluación del desgaste que se adoptó por la IADC se encuentran los datos que se usan para el análisis del desgaste tanto de las barrenas de conos como las barrenas fijas.

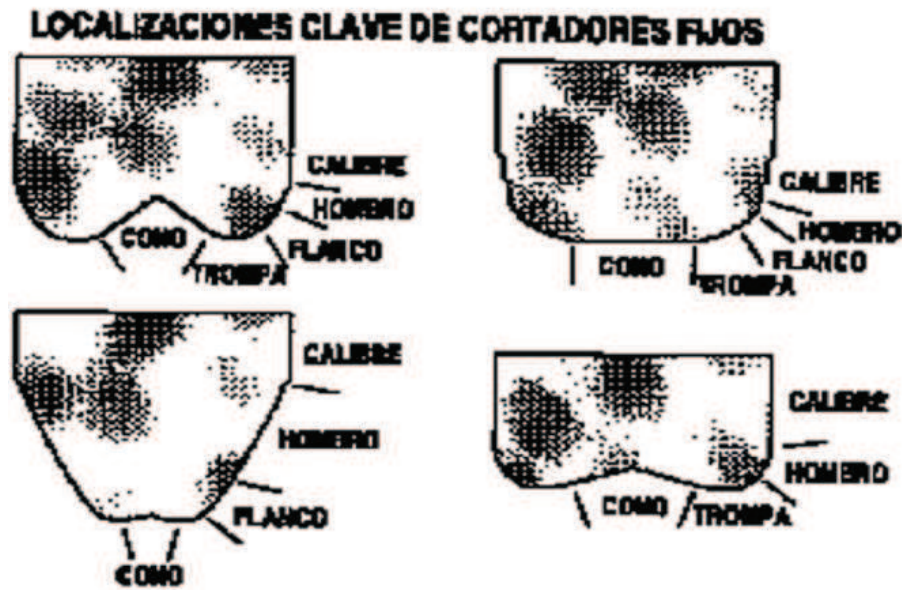


FIGURA 12 Localización de Desgaste de Cortadores Fijos
(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

En el siguiente sistema que se detalla a continuación para determinar el desgaste se usaran ocho factores importantes como: la estructura cortadora la cual se localiza en las primeras cuatro columnas, en las siguientes dos columnas se definen el grado de desgaste que sufren los dientes, de insertos o cortadores fijos de las barrenas conos o de diamante, generalmente se tiene una escala del cero al ocho mientras mayor sea el desgaste mayor será el numero con el que se lo clasifique, siendo el cero el numero que se utilizará para cuando no existe ningún tipo de desgaste y el número ocho para cuando los cortadores o dientes tienen un desgaste total.

Para las barrenas de diamante la primera columna simboliza a los cortadores que esta localizados en el interior de los dos tercios de radio de la barrena, para otro tipo de barrena como las de conos simboliza las hileras de los dientes exteriores. Si se quiere evaluar el desgaste de una barrena de diamante primero se procederá a reconocer el promedio de desgaste de los dos tercios del radio los cuales simbolizan a las hileras internas, en el caso

de que tengan 6 cortadores y presenten un desgaste de 8, 6, 7, 4, 2 y 3 el desgaste se lo calcula de la siguiente forma:

$$\frac{(8+6+7+4+2+3)}{6}$$

La segunda columna será el tercio sobrante en el caso de las barrenas de diamante. Para las brocas tricónicas si se presenta un desgaste de 2, 1 y 3 en la hilera exterior se tendrá un desgaste de:

$$\frac{(2+1+3)}{3}=2$$

Para poder determinar el desgaste de las hileras interiores como exteriores de las barrenas de conos es importante tener experiencia en el campo, el desgaste se determinará e el momento de analizar la barrena. Las características sobre el desgaste de la barrena es decir los cambios más evidentes físicamente hablando corresponderán a la tercera y séptima columna, estos cambios podrían ser interferencia de conos, tobera perdida, embolamiento, cono roto, tobera perdida.

La parte donde se mostrará las características de desgaste primario y su ubicación será en la cuarta columna. En la columna numero cinco se anotará una x si se trata de una barrena de cortadores fijos ya que esta casilla se refiere a los sellos del cojinete y las únicas que los tiene son las barrenas de rodillos.



BARRENAS DE DIENTES MAQUINADOS

- T0** = Diente nuevo
- T1** = Desgaste de $1/8$ " de la altura original del diente
- T2** = Desgaste de $1/4$ " de la altura original del diente
- T3** = Desgaste de $3/8$ " de la altura original del diente
- T4** = Desgaste de $1/2$ " de la altura original del diente
- T5** = Desgaste de $5/8$ " de la altura original del diente
- T6** = Desgaste de $3/4$ " de la altura original del diente
- T7** = Desgaste de $7/8$ " de la altura original del diente
- T8** = Desgaste total del diente

FIGURA 13 Desgaste de la Broca con Dientes Maquinados

(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

En la columna número seis se puede registrar la condición del calibre de la barrena. En el caso de que la barrena se encuentre bien calibrada se colocará una "1" pero si la barrena esta descalibrada se usará una medida que este muy cerca a $1/16$ pg. La columna número ocho se encuentra reservado para que se registre el motivo de la salida de la barrena.

Un factor que no se suele usar demasiado es el análisis de records de las barrenas, en este se pueden registrar información valiosa como la profundidad de inicio, condiciones de operación, termino de perforación, tiempo de perforación, toberas usadas etc.

En conclusión se podría decir que allí se anota una serie de consideraciones en las que se expone las condiciones en las que la barrena fue operada como:

- Inicio de desviación
- Velocidad de perforación controlada por pérdida de circulación
- Utilización de martillos para atrapamientos
- Perforar con condiciones no óptimas del equipo de perforación
- Mantener, incrementar o reducir el ángulo
- Uso de motores de fondo o turbinas
- Perforar con pérdida total de circulación
- Perforar con presencia de gases

Tomando en cuenta las consideraciones que se detalló anteriormente se podrá mostrar un mejor juicio al momento de valorar el desgaste de la barrena lo cual mantendrá a la misma en un buen estado y no se acortará su vida útil. Una barrena de conos podría tener un desgaste considerable en unos cuantos pies perforados, sin embargo esto es aceptable cuando se realizan operaciones exigentes con un fin determinado. Es conveniente tener los records de las barrenas.

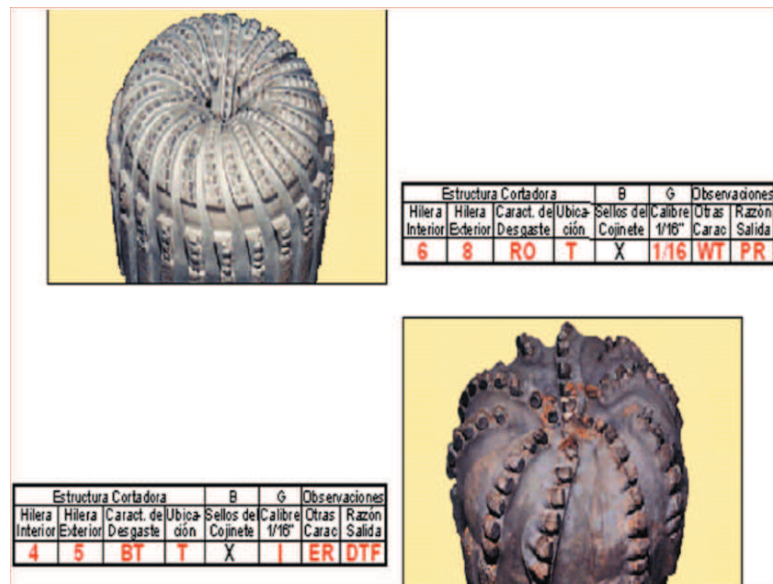


FIGURA 14 Evaluación de Broca de Arrastre (Diamante y PDC)
 (Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

2.10 DETERMINACIÓN DE MOMENTO ÓPTIMO PARA CAMBIO DE BROCA

Uno de los procedimientos que generalmente se usan para saber en que momento se debe detener la perforación y cambiar la barrena es el calcular el costo por pie y graficarlo, se realiza el mismo procedimiento para el tiempo.

Al comenzar la perforación sin importar la clase de barrena que se esté utilizando presentará un costo bastante alto ya que los pies que se han perforado son escasos, es decir que a mientras que el tiempo y la longitud perforada aumentan el costo comenzará a bajar. Después de cierto tiempo se podrá observar estabilización, uno de las formas de saber si la vida útil de la barrena esta por finalizar es cuando se observa un incremento en el costo, es decir que el costo esta relacionado con el desgaste que sufren los cortadores de la barrena.

En conclusión el momento más apropiado para realizar un cambio de barrena es en el instante en que se observa un aumento en el costo ya que en este punto la barrena empieza a experimentar un desgaste importante en su estructura de corte y esto a su vez ocasiona que aumente el tiempo de perforación pero no los pies perforados.

En el caso de no poseer la suficiente experiencia en el campo la aplicación de esta técnica se puede tornar compleja. Es fundamental el poder interpretar con precisión lo que sucede con algunos parámetros, por ejemplo si el contacto geológico es igual ya que a veces las propiedades que este posee pueden llegar a ser muy diferentes, también hay que considerar la dureza ya que este factor es uno de los mas significativos en lo que al

rendimiento de la barrena se refiere. Cuando los tiempos de perforación aumentan y la barrena es capaz de perforar en el cambio del contacto geológico no es muy conveniente el tratar de cambiarla y lo mejor sería seguir con el trabajo de perforación.

Se puede dar el caso de que existan algunos puntos, los cuales son susceptibles de proveer información errónea a cerca de que la barrena pueda no ser la más indicada para la perforación, los puntos son los siguientes:

- Realizar un cambio de fluido por cuestiones de operación.
- Comenzar a efectuar una desviación con un aumento, disminución o conservación del rumbo y del ángulo.
- Redefinir los parámetros de perforación establecidos debido a alguna razón de fuerza mayor como el gasto, peso sobre la barrena, etc.
- El descarte o utilización de sargas navegables ya que es posible incluir motores de fondo en la sarga de perforación.

Existe un parámetro el cual se lo define como “Tiempo máximo permisible” y se lo usa ya que no siempre es sencillo realizar las graficas del costo contra el tiempo de perforación debido a ciertas circunstancias que suelen presentarse. Para el cálculo del TMP (Tiempo máximo permisible) se usa la siguiente formula:

$$TMP = (Cp / R) (60) \quad [1.1]$$

El cálculo del TMP significa que se debe ubicar el instante en que se tiene el menor costo para poder dar por finalizada la vida útil de la barrena, debido a

que en la perforación es muy complicada la precisión al momento de marcar un pie sobre la flecha es recomendable tratar de compensar los errores que se cometen en la medición y en los registros de los datos con una tolerancia.

En el momento en que se ha finalizado el cálculo del costo en un instante dado, se calculará simultáneamente el tiempo máximo permisible el cual representa la base para los pies que se perforarán mas adelante. De esta manera podemos concluir que el tiempo máximo promedio se lo puede describir como el tiempo que se utilizará para la perforación de los pies o metros siguientes.

Si la penetración real se torna mayor que el tiempo máximo permisible quiere decir que se esta produciendo un incremento en el costo parcial y que lo mas conveniente será cambiar la barrena lo antes posible. Se puede dar el caso de que la penetración real sea menor que el tiempo máximo permisible lo cual es un indicio de que los procesos de perforación todavía son viables ya que el costo parcial continúa disminuyendo.

2.11 SELECCIÓN DE BROCAS DE TRES CONOS

Las barrenas tricónicas en algunos casos se pueden correr en las mismas aplicaciones que las de cortadores fijos, sin embargo las barrenas de conos suelen ser mucho más lentas en cuanto a su perforación y una duración corta en cuanto a pies perforados. Por este motivo se debe tener en cuenta el análisis de costo por pie ya que esto es imprescindible al momento se seleccionar la barrena que se va correr ya sea de conos o PDC. Una de las ventajas que presenta la broca de conos es que su precio es menor que las de PDC.

Para la selección de las barrenas de conos se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- La caliza presenta un mejor comportamiento a la hora de la perforación al peso sobre barrena.
- Es probable que las barrenas con alta excentricidad puedan llegar a provocar una mayor desviación del hueco.
- Las barrenas de cortadores fijos se pueden correr a mayores RPM que las de conos.
- Las barrenas que poseen una alta excentricidad de conos pueden presentar un mayor desgaste en el calibre.
- Las barrenas de conos dentados con cojinete de muñón se pueden correr con un peso mayor que las de conos con cojinetes de rodillo.
- Las barrenas con cojinetes de rodillos se pueden correr con un RPM mayor que las barrenas con cojinetes de fricción.
- La lutita presenta una mejor respuesta a los RPM.
- Las barrenas con cojinetes sellados tienen una vida útil más extensa que los de cojinetes abiertos.

Las aplicaciones donde se pueden manejar barrenas de conos en vez de barrenas de cortadores fijos, contienen:

2.11.1 POZOS EXPLORATORIOS

En donde no existe mucha información para comprobar la dureza de las formaciones como para perforarla con una barrena PDC. En ocasiones no es conveniente correr barrenas PDC ya que los recortes de barrenas de este tipo son mucho más pequeños que las de barrenas de cono.

2.11.2 INTERVALOS CORTOS

Donde la durabilidad (vida útil) de una barrena de tipo PDC, no se puede nivelar a un menor costo por pie.

2.11.3 SITUACIONES DE ALTO RIESGO

Donde existe la posibilidad de que la barrena sufra algunos daños.

2.11.4 ÁREAS DE PERFORACIÓN DE BAJO COSTO

Donde el tiempo que se ahorra debido a la rápida perforación de la barrena PDC, no alcanza para desviar el alto precio de la misma.

2.11.5 FORMACIONES EXTREMADAMENTE DURAS

Donde las barrenas PDC aun no pueden ser más económicas en lo que respecta a la perforación.

2.11.6 ÁREAS ALTAS EN FALLAS CON INTERCALACIONES DURAS

Donde es muy difícil saber en que momento será encontrado alguna formación dura.

2.12 SELECCIÓN DE BROCAS PDC

Si se quiere seleccionar una barrena PDC de forma correcta, será imprescindible seguir los siguientes pasos:

- Recopilar la mayor información posible a cerca de los pozos como por ejemplo el respectivo diámetro del agujero, clase de formación, litología, datos del intervalo a perforar, saber cual es el objetivo del pozo, condiciones especiales del pozo, limitaciones de la perforación.
- Elegir el cuerpo y el perfil mas adecuado de la barrena, seleccionar su estructura de corte, identificar el tamaño y tipo de los cortadores que su utilizaran así como su densidad, inclinación y distribución.
- Realizar el respectivo análisis económico con la finalidad de determinar ganancias y ahorro estimado utilizando este tipo de barrenas. Esto se lo logra mediante un cálculo de costo por pie o por metro.
- Escoger un diseño hidráulico con el objetivo de poder saber la hidráulica más eficiente en el momento de perforar, determinar el tipo de fluido de control que se usará, basándose en el enfriamiento de la barrena.

2.13 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA IADC PARA BROCAS DE CONOS

Este sistema de clasificación no es más que una forma de catalogar a las barrenas de acuerdo a su aplicación y diseño. Para esto se utiliza un código que tiene cuatro caracteres, tres de los cuales son números dejando al cuarto siendo alfabético.

2.13.1 PRIMER CARACTER

Estos números se refieren a la información general. Los números que van del uno al tres se usa para identificar a barrenas de conos dentados y los que van del cuatro hasta el ocho se las utiliza para las de insertos. A medida que el valor numérico aumenta significa que la formación es mas dura.

2.13.2 SEGUNDO CARACTER

Cada una de las series anteriores se divide en cuatro tipos, los cuales se refieren al grado de dureza. El tipo uno determina las brocas que pueden ser utilizadas en formaciones blandas y el tipo cuatro para barrenas de formaciones duras.

FORMATION TYPE			BEARINGS & GAUGE							
Series	FORMATIONS	Type	1	2	3	4	5	6	7	
MILLED TOOTH BITS	1	Soft formations with low compressive strength and high drillability including gumbo clays, red beds, top hole clays, and unconsolidated formations with occasional sharp sand	1	Standard Roller Bearings	Roller Bearing, Air Cooled	Roller Bearing, Gauge Protected	Sealed Roller Bearing	Sealed Roller Bearing, Gauge Protected	Sealed Friction Bearing	Sealed Friction Bearing, Gauge Protected
			2							
			3							
			4							
	2	Medium to medium hard formations with high compressive strength	1							
			2							
			3							
			4							
	3	Hard, semi-abrasive and abrasive formations including firm sandy shales, softer shales, gypsum, salt and chalk.	1							
			2							
			3							
			4							
TUNGSTEN CARBIDE INSERT BITS	4	Soft formations with low compressive strength and high drillability including hard shale, siltstone, limestone, sand, and shaly limestone	1							
			2							
			3							
			4							
	5	Soft to medium formations with low compressive strength	1							
			2							
			3							
			4							
	6	Medium hard formations with high compressive strength including hard abrasive limestone, dolomite, silty shale, and quartzitic material or streaks	1							
			2							
			3							
			4							
7	Hard, semi-abrasive and abrasive formations including hard abrasive sandstone, dolomite, silty shale, and quartzitic material or streaks	1								
		2								
		3								
		4								
8	Extremely hard and abrasive formations including chert or granite	1								
		2								
		3								
		4								

TABLA 1 Tabla de Clasificación AID para Brocas de Conos
(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

2.13.3 TERCER CARACTER

Se utiliza para determinar el diseño del cojinete y la protección del calibre. Estos pueden ir desde el uno al siete, es decir que existen siete tipos diferentes de diseño de cojinete.

2.13.4 CUARTO CARACTER

La forma de simbolizar las características disponibles se utilizan los caracteres alfabéticos antes mencionados, estos pueden ser diez y seis caracteres.

2.14 CÓDIGOS IADC PARA BROCAS DE CORTADORES FIJOS

1er CARACTER		2do CARACTER		3er CARACTER			4to CARACTER							
TIPO DE CORTADOR	MATERIAL DEL CUERPO	PERFIL DEL CUERPO			DISEÑO HIDRÁULICO			TAMAÑO Y DENSIDAD DE CORTADORES						
		ALTURA DEL FLANCO	ALTURA DEL CONO		DISTRIBUCION DE CORTADORES	TIPO DE ORIFICIO		TAMAÑO	DENSIDAD					
			Alta	Media		Baja	Toberas		Orificio fijo	Salida abierta	Alta	Media	Baja	
D	DIAMANTE NATURAL	MATRIZ	Alto	1	2	3	En Aletas	1	2	3	Grande	1	2	3
M	PDC	MATRIZ	Media	4	5	6	En Costillas	4	5	6	Mediano	4	5	6
S	PDC	ACERO	Bajo	7	8	9	No agrupados	7	8	9	Pequeño	7	8	9

TABLA 2 Codigos AIDC para Brocas de Diamante

(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

Este es un método de con el cual es posible la identificación de barrenas de cortadores fijos, hay muchos tipos de barrenas de cortadores fijos de los cuales podemos citar los siguientes.

- Barrenas de diamante natural
- Barrenas de compacto de diamante poli cristalino
- Barrenas de diamante térmicamente estables

Este sistema consta de cuatro caracteres los cuales se dividen en un carácter que consiste en una letra y otros tres que radican en tres números, estos caracteres en conjunto constan de ciertas características como las que citamos a continuación.

- Tipos de cortadores
- Material del cuerpo de la barrena
- Perfil de la barrena
- Diseño hidráulico para el fluido
- Distribución del flujo
- Tamaño de los cortadores
- Densidad de los cortadores

Para el diseño de las barrenas de diamante se observan cinco puntos primordiales con los cuales se hace posible su identificación en el sistema de la IADC. Estos factores son:

- Forma de cortadores
- Tipo de protección al calibre
- Longitud de la sección

- Ángulos de inclinación lateral y de retardo

El propósito fundamental del código IADC es el hacer mucho mas sencillo la determinación de las características principales de las barrenas de diamante y de esta manera tener claro la clase de broca que se va a utilizar.

El código IADC que se utiliza específicamente para las barrenas de diamante solo sirve para la identificación de las características básicas de la barrena, mientras que el código utilizado para las barrenas de conos muestra una relación con la formación a perforar. Este tipo de relación entre la formación y la barrena no la podemos observar en el código utilizado para las brocas de diamante.

2.14.1 TECNOLOGÍA DE LA BROCA PDC

2.14.1.1 Nomenclatura de la Barrena

Cono

La función del cono es el de brindar la estabilidad suficiente en el momento que se esta perforando.

Lanza o Nariz

Es recomendable tener una cantidad suficiente de cortadores en la parte de la nariz debido a que este segmento es el primero en detectar algún cambio en la formación.

Parte angular de la barrena (Taper)

Normalmente la longitud de la parte angular de la barrena depende de la densidad de corte y también depende de su aplicación, no obstante es posible aumentar el número de aletas de corte o de cuchillas como una manera de obtener un alta densidad de corte pero sin el incremento de la parte angular de la barrena.

Radio del diámetro exterior (ODR)

Esta parte de la barrena es muy significativa sobretodo en aplicaciones a motor o turbina donde la velocidad de rotación es alta, ya que debido a su posición radial sobre la cara de la barrena los cortadores deben tolerar los efectos de las altas velocidades. El ODR se encuentra en donde el radio al final del flanco de la barrena nos transporta al interior del calibre de la misma.

La velocidad angular de los cortadores en los conos es la misma velocidad angular del calibre, ya que la velocidad tangencial es una función de localización radial esta suele ser mucho mayor que las otras dos antes mencionadas.

Longitud Del Calibre

Un aumento de estabilidad en la barrena puede deberse a un calibre largo. Con el propósito de aumentar la sensibilidad direccional se utilizará un diseño de calibre corto y para la perforación de hoyos de desvío lateral se utilizarán los diseños ultracortos del calibre.

Protección

En el caso en que se requiera una barrena para aplicaciones direccionales sobretodo si se piensa en la utilización de una turbina o un motor, será crucial reforzar la protección del calibre, ya que esto es necesario para evitar tener un hueco de un menor tamaño que el habitual.

Para proteger el tamaño en las barrenas de cuerpo matriz se utilizan diamantes naturales los cuales también se usan en las barrenas de insertos de carburo de tungsteno y en el calibre de las brocas con cuerpo de acero.

2.14.2 ACCIÓN CORTADORA DE LAS BARRENAS PDC

Estas utilizan un método de perforación muy parecido al que se utiliza en los tornos, esta forma de cortar a la roca se la llama fuerza cizallante. La roca falla deslizándose en un plano de falla de 4 grados a horizontal debido en gran parte a las cargas compresivas verticales. La acción cortadora que posee la broca es muy importante en cuanto a la cantidad de energía para la perforación de una determinada formación se refiere, a esta energía se la conoce como energía específica la cual no es mas que la energía necesaria que se requiere para cortar una unidad de volumen de formación.

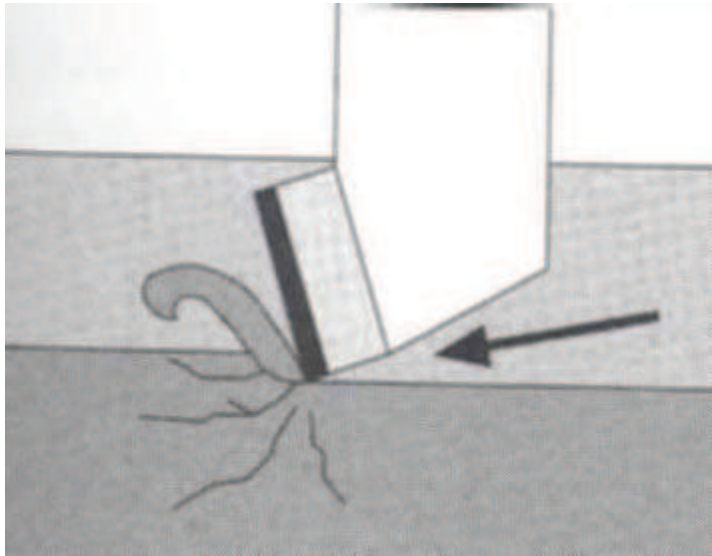


FIGURA 15 Acción Cortadora de las Brocas PDC
(Schlumberger, 2004, Drilling School)

2.14.2.1 Desgaste Auto Afilable

Es muy importante mantener muy bien afilados los bordes de corte de los PDC para conservar la eficiencia de energía en el elemento de corte en un alto rango. Mientras más se usa el cortador y se forma un desgaste plano se produce un incremento en la energía específica del cortador lo cual hace que se necesite más peso para que la profundidad de corte se mantenga constante.

Normalmente el carburo de tungsteno en cual se localiza en la parte posterior de la capa de diamantes tiende a desgastarse mucho mas rápido que el diamante poli cristalino, esto se debe que presenta una baja resistencia a la abrasión y por tal motivo los cortadores PDC siempre conservan un borde afilado mientras se produce la acción de desgaste del mismo.

Mientras mas se utiliza una barrena de diamantes estos se van desgastando de tal modo que se comienzan a tornar lizos, esto también produce una reducción considerable en su eficacia al momento de cortar la roca lo cual sucede también con los dientes en una barrena de conos y comienzan a perforar a una menor velocidad de la habitual. A diferencia de las barrenas de cono esto no sucede con las PDC ya que estas conservan una velocidad más alta de perforación a lo largo del intervalo perforado.

2.15 TECNOLOGÍA DEL CORTADOR PDC

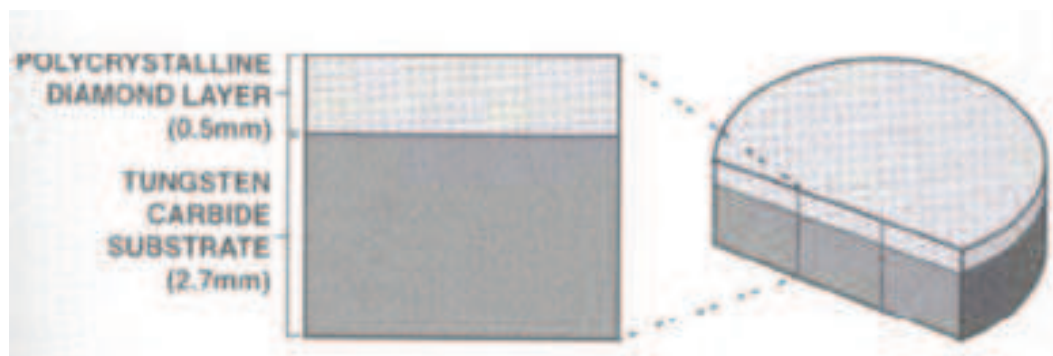


FIGURA 16 Cortador PDC

(Schlumberger, 2004, Drilling School)

El cortador PDC posee un elemento cortante que se encuentra incorporado a un sustrato de carburo de tungsteno el cual se mantiene afianzado en el interior del cuerpo. Estos cortadores normalmente se hallan afianzados a los sustratos cilíndricos o en algunos casos al poste angular aunque pueden variar el tipo de ensamble dependiendo de los que produce el fabricante. Se pueden obtener una mayor densidad del cortador en el caso de que se utilice un soporte cilíndrico debido a que estos cortadores en forma cónica se pueden ubicar mas cerca uno con otro.

2.15.1 DENSIDAD DEL CORTADOR

Se necesitaran una mayor cantidad de cortadores a medida que las formaciones se tornen más duras sin embargo mientras mas cortadores se coloquen en la barrena estas serán más costosas ya que los cortadores constituyen una parte importante en lo que respecta al cuerpo de la barrena, una gran cantidad de cortadores incorporados a la barrena no solo afecta al costo del mismo sino que también hace que la perforación se haga más lenta.

2.15.2 TAMAÑO DEL CORTADOR

Los cortadores con mayor tamaño son los que crean una mayor torsión, generalmente son más agresivos pero a diferencia de las barrenas con cortadores de menor tamaño estos son más propensos a dañarse por causa de algún impacto, de manera que son ideales para la perforación en formaciones blandas.

Existe una gran gama en cuanto a tamaños de cortadores de refiere, pueden ir desde un diámetro de 8mm hasta 50mm.

Los cortadores de 8mm de diámetro son idóneos para ser utilizadas en formaciones duras pero con cortadores más pequeños se puede obtener un WOB más alto y un ROP mas bajo. Debido a que el punto de carga reducido que se produce por la repartición del WOB sobre los cortadores, origina una torsión localizada en la cara de la barrena, estos cortadores se pueden utilizar para algunas aplicaciones direccionales.

El diámetro estándar de los cortadores PDC es de 13mm ya que estos son los que más se usan en formaciones desde media hasta dura y también se pueden aplicar a formaciones abrasivas.

Los cortadores de diámetro de 16mm se los puede asociar a formaciones desde media- blanda hasta media-dura.

Los cortadores de 19 mm de diámetro normalmente son utilizados cuando se necesita una perforación rápida de formaciones blandas hasta medias. Para formaciones elásticas en donde es más factible que se produzca una deformación en vez de fracturarse se usan cortadores con un gran diámetro. ya que estas tienen un muy buen desempeño en las formaciones antes mencionada y también trabajan favorablemente cuando están sujetas a bajas fuerzas compresivas.

Los cortadores de 24 mm tienen un mejor desempeño en formaciones blandas. El espacio que existe en la cara de la barrena es bastante limitado lo que hace más difícil emplear cortadores de gran tamaño y también limita su uso. En el momento en que se detecta alguna falla importante en los cortadores se podría tener que sacar la barrena del agujero.

Los daños más comunes que se pueden observar pueden ser en la capa de diamantes debido al desgaste de los cortadores, ya que cuando esto sucede aparece una superficie de contacto lo que hace que el calor aumente y esto hace que la capa de diamantes comience a arruinarse por las altas temperaturas. También es posible combinar diferentes tamaños de cortadores y usar dos cortadores en la misma barrena dependiendo la tecnología que se tenga a disposición.

2.15.3 DISTRIBUCIÓN DEL CORTADOR

Los cortadores se encuentran localizados en la cara de la barrena para que de alguna manera esto permita optimizar el manejo de los elementos PDC y alargar lo más posible la vida útil de la barrena.

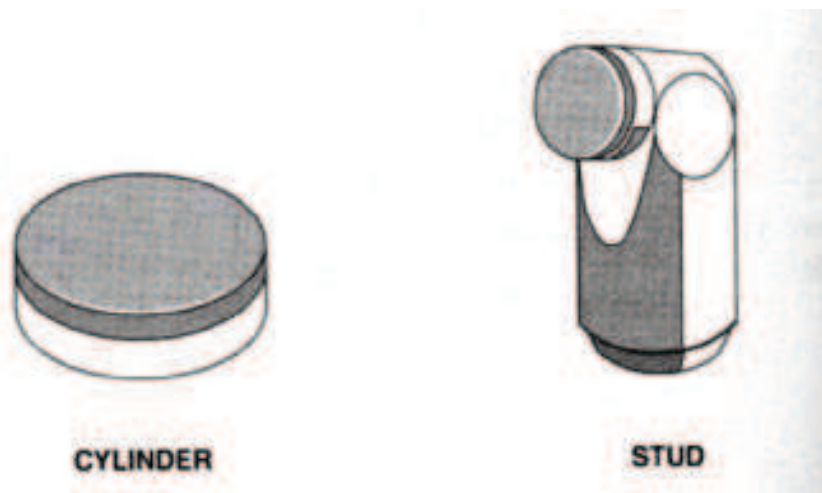


FIGURA 17 Distribución del Cortador

(Schlumberger, 2004, Drilling School)

2.15.4 ORIENTACIÓN DEL CORTADOR

La orientación del cortador se da por el ángulo de inclinación hacia los lados y hacia atrás los cuales pueden ser ambos positivos, negativos o puede ser cero. Esta orientación del cortador puede ser un factor muy importante al momento de evaluar el desempeño de la barrena.

2.15.5 INCLINACIÓN HACIA ATRÁS

Este ángulo de inclinación desde la vertical del elemento cortante es el responsable de controlar la agresividad con la que se va a trabajar y también es determinante en el tiempo de vida útil del cortador. Es posible que la inclinación hacia atrás sea mucho más agresiva en el momento en que el cortador se encuentre ubicado de tal manera que un peso en la barrena permita una mayor profundidad de corte. Para que el cortador se torne más agresivo será necesario pequeñas inclinaciones de manera que una inclinación de unos 5 grados será mucho más efectiva que una de 30 grados.

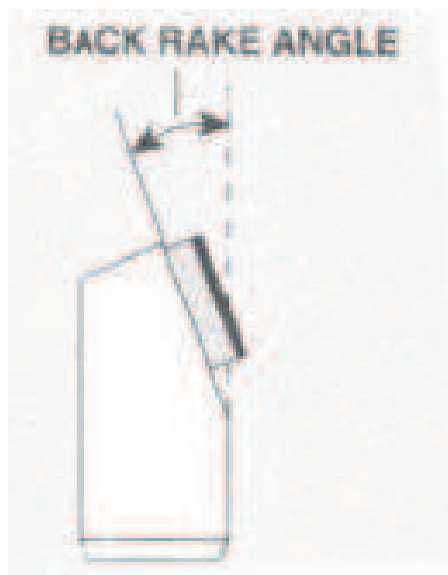


FIGURA 18 Angulo Hacia Atrás
(Schlumberger, 2004, Drilling School)

Si en los trabajos de perforación lo que se desea es llegar a formaciones más suaves a una alta velocidad de perforación a través de la barrena, entonces es posible que se utilice una inclinación hacia atrás más agresiva.

Se podría dar una vibración del cortador en las formaciones más duras, si se tiene una inclinación demasiada agresiva.

Las barrenas mas idóneas para la perforación en formaciones duras son las que poseen un ángulo de inclinación mayor en sus cortadores, ya que estos suelen ser menos agresivos. También son ideales para las aplicaciones direccionales ya que poseen una navegación mejorada, esto se debe a una menor torsión establecida para un peso determinado en la barrena. La forma como se ordenan los cortadores en las barrenas PDC es desde el cono de la barrena con el más agresivo hasta el ODR con el menos agresivo.

2.15.6 INCLINACIÓN LATERAL

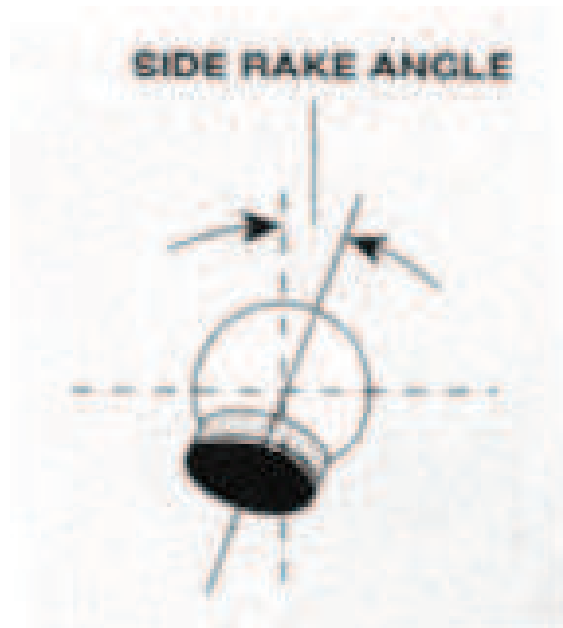


FIGURA 19 Inclinación Lateral
(Schlumberger, 2004, Drilling School)

Esta inclinación lateral sirve para guiar a los cortadores de forma mecánica ya sea con un inclinación lateral positiva la cual va hacia los espacios de desecho o también se los puede guiar hacia el cono de la barrena, lo cual se conoce como una inclinación lateral negativa, la inclinación lateral positiva también puede ayudar a limpiar la cara de la barrena pero su uso es limitado ya que el aumento de la inclinación causa una disminución del ancho operativo de los cortadores.

2.15.7 DISEÑO DEL CORTADOR

Los bodes biselados hace que la resistencia a los impactos sea mucho mas eficiente, estos normalmente se ubican cerca de la circunferencia de los discos de diamante.

2.15.8 GEOMETRÍA DEL CORTADOR

Algunos discos de diamantes PDC los cuales se encuentran incorporados al poste del cortador esta sujeto a una gran probabilidad de fallas los cuales se pueden presentar en forma de dientes quebrantados debido a algún golpe o también podemos encontrar capas de diamantes fraccionados provocado por un intercambio de calor a través del cortador, por lo cual este tipo de averías en el cortador suele tener secuelas negativas en el comportamiento de la barrena.

En un cortador PDC normal se forma una interface plana a causa de la conexión entre el sustrato de carburo y la capa de diamantes. Gracias al mejoramiento del agarre mecánico, al incremento del volumen de los diamantes y el esfuerzo reducido del carburo y el disco de diamante se

puede llegar a obtener una mayor resistencia a la abrasión y a los distintos impactos que puede tener.

2.16 APLICACIONES DE LAS BROCAS DE CORTADORES FIJOS Y CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Algunos adelantos en la tecnología de las barrenas de tipo PDC han logrado incrementar el tipo de formaciones que pueden ser perforados con esta barrena, sin embargo al momento de usar PDC es recomendable hacerlo para formaciones blandas hasta medias-duras generalmente de composición homogénea las cuales no sean abrasivas. Existen ciertas restricciones concernientes a la perforación de ciertas rocas con esta barrena como por ejemplo rocas volcánicas, conglomerados y rocas cuarzosas.

Otro tipo de barrenas como las de diamantes naturales y las TSP suelen ser mucho más eficiente en formaciones duras y mucho más abrasivas que las barrenas PDC, pero en formaciones más blandas su efectividad disminuye.

Las formaciones que mejor desempeño muestran las barrenas TSP y de diamante natural son de media hasta dura como por ejemplo las arenas, dolomitas, lutitas, calizas, areniscas duras intercaladas y anhidritas.

Las barrenas PDC necesitan un menor WOB debido a su mecanismo cortante, así mismo las barrenas de cortadores fijos tienen un mejor desempeño con lodos de base aceite que en los lodos base agua ya que de esta manera las barrenas de conos presentan un menor daño y una mejor eficiencia.

Se puede tener un avance considerable en el ROP en el momento en que se optimiza de mejor manera los parámetros de perforación para una formación dada en el momento en que es comparada con barrenas de conos convencionales, sin embargo es aconsejable realizar una evaluación económica general ya que estas barrenas suelen ser mas costosas que los diseños normales de las barrenas de conos.

2.16.1 ALTAS VELOCIDADES DE ROTACIÓN

Estas altas velocidades normalmente están relacionadas con el motor y mayormente con las turbinas debido a su ineficacia cuando de tolerar altas velocidades rotatorias por parte de los sellos de cojinetes de las barrenas tónicas se trata. Las barrenas de cortadores fijos tiene menos probabilidades de dejar desechos en el hueco. Este tipo de barrenas con cortadores fijos se fabrican con un perfil prolongado y con un ahusado largo, además de un nariz que se encuentra muy cerca del eje de la barrena, todo esto hace que sea posible un aumento en la redundancia del cortador sobretodo en zonas de alto desgaste, generalmente este tipo de barrenas se las diseña para aplicaciones con turbinas.

2.16.2 PERFORACIÓN DE AGUJEROS ESTRECHOS O DE DIÁMETRO REDUCIDO (SLIM HOLES)

Las preferidas para las perforaciones con tubería flexible donde el intercambio del peso a la cara de la barrena es limitada son generalmente las barrenas PDC y de diamantes naturales. Las barrenas de cortadores fijos son mejores al momento de perforar que las barrenas de conos con poco peso en la barrena.

2.16.3 PERFORACIÓN DIRECCIONAL Y HORIZONTAL

El diseño que poseen algunas brocas de tipo PDC puede llegar a ser el más idóneo cuando se requiere lograr un peso menor en la barrena, este se puede evidenciar cuando se tiene como objetivo la perforación direccional. En el caso de que al utilizar las barrenas PDC se provoque una gran torsión cuando la navegación esta envuelta, se podría analizar la opción de cambiar a la barrena de tres conos.

Se deben tomar en cuenta algunas características de diseño cuando se requiere seleccionar la barrena PDC adecuada para aplicaciones direccionales.

2.16.4 PERFIL DE LA BARRENA

Incorpora un perfil de cara plana y un cono poco profundo que posee un quiebre afilado desde la nariz del codo de la broca. Se pueden tener una distribución mas efectiva del WOB, lo cual hace que la carga en los puntos de los cortadores individuales sea mucho menor es decir se reduce. Esto también hace que la broca sea más navegable y la torsión también se reduce considerablemente.

2.16.5 ORIENTACIÓN DEL CORTADOR

Con el objetivo de conservar el control de la cara de la herramienta es necesario tener cierto grado de inclinación hacia atrás en los cortadores, generalmente se necesita tener un alto grado de inclinación lo cual hace que tengamos un diseño no tan agresivo por parte de la barrena.

2.16.6 TAMAÑO DEL CORTADOR

El tamaño de los cortadores que representan la mejor opción en las barrenas PDC son los de 13 mm de diámetro ya que mientras mas pequeño sea el diámetro del cortador que se esta utilizando menor será la torsión reactiva que se provoque y otra ventaja de utilizar un cortador de diámetro menor es que esto le da mucho mas estabilidad que al utilizar un cortador de mayor diámetro.

En el caso de que se tenga un motor de lodos corriéndose simultáneamente con la barrena es de suma importancia usar las características que ayudan a reducir la torsión, ya que en el caso de que la barrena este originando recortes en exceso el motor podría sufrir algunos daños o podría sufrir un ahogamiento.

2.16.7 LONGITUD DEL CALIBRE

Es muy necesario conocer el calibre que se va a utilizar en las perforaciones direccionales ya que si lo que se requiere es una mayor sensibilidad con la finalidad de obtener una mejor navegación, entonces será mucho más conveniente una longitud de 2.5 pulgadas o inferior a esta lo cual se considera como una longitud corta. También se puede considerar una longitud de calibre más larga en ocasiones donde es necesario perforar secciones horizontales y largas.

2.16.8 CARACTERÍSTICAS ADICIONALES DE DISEÑO

Los cortadores de ampliación los cuales se encuentran ubicados en un extremo inferior de la superficie del calibre proporcionan un trabajo cortante lateral.

2.17 CLASIFICACIÓN DE LAS BARRENAS PARA CORTADORES FIJOS

En este caso y a diferencia de las barrenas de conos no se encuentra un método que pueda relacionar al tipo de la barrena con su correspondiente aplicación.

El código de la IADC que sirve para la clasificación de las barrenas de cortadores fijos, solamente facilitan los recursos para que de forma muy general sea posible caracterizar su aspecto físico. Algunas barrenas que posean un código similar o semejante son capaces de poseer capacidades de desempeño diferentes.

Para las barrenas que poseen cortadores fijos, el método de categorización de la IADC está expresado en un procedimiento de codificación que tiene cuatro cifras. Lo que detallan estas cifras es el material del cuerpo, densidad del cortador, tamaño y tipo del cortador y el perfil de la barrena, correspondientemente.

- S – Acero
- M – Matriz

2.17.1 DENSIDAD DEL CORTADOR

El carácter que corresponde a la densidad del cortador y en especial en las barrenas PDC se lo podría relacionar al balance total de cortadores, los cuales pueden incluir a los cortadores estándar del calibre y se los catalogan desde el número uno hasta el número cuatro, siendo el número uno el juego mas ligero y el cuatro el juego mas pesado.

En otro tipo de barrenas como en las de diamante en la superficie de la matriz (diseños impregnados de diamante, diamante natural o TSP) la manera en la que se escoge la densidad de los cortadores es a través de números, que pueden ir del seis al ocho. En este tipo de barrenas el significado del carácter sería el tamaño que tienen los diamantes que se manejan en el diseño de la barrena.

- 6 - volumen de diamante más grande que 3 piedras por quilate
- 7 - 3 piedras por quilate a 7 piedras por quilate
- 9 - más chico que 7 piedras por quilate

En definitiva el carácter que se utiliza para la clasificación no es más que un indicador de forma muy general de cuan abrasiva o dura puede llegar a tornarse la aplicación utilizada. En el caso de formaciones duras y abrasivas es factible usar una barrena de diamante codificado con un numero ocho, siendo el ocho el numero que se utiliza para poder representar a la densidad del cortador, esto también significaría poseer diamantes mucho mas chicos.

2.17.2 TAMAÑO O TIPO DE CORTADOR

Los siguientes dígitos simbolizan el tamaño de cortadores en las barrenas PDC.

- 1 – cortadores mas grandes que 24 mm de diámetro.
- 2 – 14mm a 24 mm de diámetro
- 3 – 8mm a 13 mm de diámetro
- 4 – cortadores de 8mm o menos
- El tercer digito representa el tipo de diamante para las barrenas con juegos en superficie.
- Diamantes naturales
- TSP
- Diamantes mezclados (diamantes naturales y elementos TSP)
- Diseños impregnados de diamantes

2.17.3 PERFIL DE LA BARRENA

El carácter que se encuentra en la última posición tiende a representar el diseño del perfil de la barrena hasta la longitud de la cara cortante de la barrena. Su categorización va desde el numero uno hasta el cuatro, siendo el uno el perfil plano y el cuatro el estilo turbina larga afilada.

Existe una excepción concerniente a las barrenas PDC las cuales corresponden al tipo “cola de pez” y una de sus características más significativas es la capacidad de limpieza en le momento de perforar en las

diferentes formaciones tomando en cuenta las altas velocidades de la perforación en rocas blandas.

2.18 MANEJO DE LA BROCA Y PROCEDIMIENTOS DE CONEXIÓN

Se debe tener mucha atención en el momento en que se trabaja con brocas de tres conos con insertos de carburo de tungsteno o de cortadores fijos y evitar el contacto entre las superficies de acero en el equipo de perforación y la estructura cortante de la broca de cortadores fijos.

Es imprescindible que las barrenas sean reguladas antes de la conexión inicial, esto se logra mediante anillos, los cuales gradúan a la barrena y se los conoce como "Go" y "No Go". La razón por la que estas necesitan ser graduadas o medidas es por que generalmente las barrenas de tipo diamante y de conos son confeccionadas a tolerancias diferentes. Los medidores "GO" se los utiliza para las barrenas de conos porque si se los utiliza para otro tipo de barrenas como los de cortadores fijos es probable que el medidor "GO" exprese un calibre por debajo de la medida. Es por eso que si se quiere graduar una barrena de cortadores fijos lo mas conveniente es utilizar un medidor "No Go"

Es de suma importancia que se examine meticulosamente a la barrena en busca de algún problema o avería o algún bloqueo en las toberas lo cual es común. Tanto el número de serie como el diámetro y tipo de la barrena tienen que ser registrados. También es factible variar el área total de flujo y para esto se necesitará un expansor, con el propósito de cambiar las toberas. Se debe supervisar que las toberas se encuentren situadas de una manera correcta sin excepciones. En otros casos tenemos lagunas barrenas

que poseen un área total de flujo fijo por lo que no puede ser cambiada en la localización del pozo, estas barrenas son las TSP, barrenas de diamantes naturales y las barrenas impregnadas.

2.19 DINÁMICA DE LA PERFORACIÓN RELACIONADA CON LA BROCA

Un factor que podría ocasionar varios perjuicios a la barrena son las vibraciones de fondo ya que podrían perjudicar el desempeño de la misma y también podrían afectar a las herramientas de fondo como los motores de lodo. Éstas vibraciones ocurren debido al contacto de la broca con la formación en el momento de perforar y son la consecuencia de la agresividad de estas. Normalmente se los relaciona con los diseños PDC ya que su estructura cortante suele ser bastante agresivo, no obstante este tipo de vibraciones también se pueden presentar en las barrenas de conos y tener problemas muy similares a los que se tendría con las PDC.

Las vibraciones de fondo se dividen en tres y existe la posibilidad que ocurra de manera independiente o de forma simultánea.

- Vibraciones axiales
- Vibraciones laterales
- Vibraciones de torsión

2.19.1 VIBRACIONES AXIALES

A este tipo de vibración se lo conoce comúnmente como rebote de barrena y ocurre cuando se produce un movimiento axial de la barrena en forma periódica, en la dirección del eje central de la sarta. El peso que se utiliza para cada cortador de manera específica empieza a sufrir cambios en la medida que la barrena que se encuentra en el fondo del hueco vibra hacia arriba y hacia abajo. La profundidad de corte que normalmente poseen los cortadores sufren cambios en el instante en que la barrena se encuentra hacia arriba, ya que esto hace que la profundidad de corte quede reducida al mínimo, en cambio cuando la barrena retorna al fondo del hueco la profundidad aumentara hasta su máximo. Estos cambios que se dan en la profundidad de corte hacen que se produzca cierta variación en la torsión. Este tipo de variaciones podrían desencadenar en muchos problemas como por ejemplo un atrapamiento de corrida, aunque esto puede llegar a ser mucho mas serio cuando se esta corriendo barrenas de conos.

2. 19.2 VIBRACIONES LATERALES

A esta se le conoce también como giro de barrena y no es mas que el movimiento lateral que ocurre en el plano “x-y” de la barrena de forma periódica. Estas vibraciones se producen en el momento en que penetran en el agujero las fuerzas dinámicas, ocasionando un desplazamiento del centro de rotación de la barrena de su centro geométrico.

En el instante en que se produce un agarre de formación por parte de un cortador de PDC individual el centro de rotación de la barrena es trasladado hacia donde se encuentra el punto de contacto. Esto ocasiona un movimiento de giro hacia atrás lo cual produce una carga en los cortadores

PDC en el punto opuesto del centro de rotación. Estos daños que generalmente son producidos por el giro, lo ocasionan altas cargas de impacto que se originan en la parte trasera de los cortadores.

En el mismo instante en que se implanta una fuerza de desbalance es cuando ocurre el giro, exactamente igual que cuando se empieza a perforar un pozo inclinado. Gracias a una mala estabilización puede surgir una vibración en la sarta de perforación.

Estas situaciones generalmente se encuentran fuera de todo control del diseñador de la barrena, no obstante en un afán de remediar lo más posible este tipo de situaciones se emplea todos los medios y esfuerzo para obtener un balance apropiado entre la masa y la fuerza en los diseños de la barrena PDC.

El diseñador es capaz de controlar la dirección y la magnitud relativa de la fuerza que se está utilizando en los cortadores gracias a los diseños por computador. Las fuerzas individuales que están sobre los cortadores tienen la capacidad de sumarse o anexarse, lo cual hace que se originen ciertas fuerzas como las torsión o torque, radiales y axiales. La fuerza radial que también se la conoce como fuerza de balance y generalmente es evidenciada como un porcentaje del WOB el cual se lo distribuye en una cierta dirección en particular. A menudo en el diseño que tiene la barrena es muy común asociar el balance de la fuerza de los cortadores con el balance dinámico de la masa. También es posible que se produzca una fuerza que puede ser generada por la distribución de masa en la barrena, esto ocurre en el instante en que se rota la barrena.

La fuerza en los cortadores es proporcional a la masa de la barrena, si como es igualmente proporcional a la distancia entre el centro de la masa y el eje de rotación. Generalmente no tendrá una distancia tan grande entre el centro de la masa y el eje de rotación, esto sucede por la simetría existente en el diseño de la barrena PDC. La distribución evidente de la masa de la barrena puede ocasionar un efecto de desbalance, pero cuando se hace una comparación con la fuerza generada por la estructura cortante esta puede considerarse como despreciable.

2.19.3 VIBRACIONES DE TORSIÓN Y ATRAPAMIENTOS DE CORRIDA

Se puede decir que hay dos clases de variaciones de torsión pero antes se debe tener una idea bastante clara de lo que significa la fuerza de torsión. Esta fuerza se origina en el momento en que una punta de algún objeto se dobla o se tuerce en tanto que la otra punta se conserva fija, también puede ser producida cuando las puntas se doblan en direcciones opuestas. Se pueden desarrollar vibraciones de torsión debido a la presencia de ciertas fluctuaciones en la torsión que se presentan en el interior del hueco. Las vibraciones transitorias tiene que ver con ciertos tipos de litología los cuales pertenecen cambios de las condiciones en el pozo.

Las vibraciones estacionarias se dan debido a algunas acciones en la sarta de perforación como las fuerzas de roce que se da entre la tubería y la pared del hueco.

Estas vibraciones de torsión que se presenta en la sarta de perforación tienden a producirse con frecuencia, pero cuando estas se tornan críticas se pueden transformar en una oscilación de atrapamiento de la corrida, esto

podría causar un paro de la barrena y para poder superar la fricción estática se debe desenvolver la suficiente torsión en la broca.

Las velocidades rotacionales que alcanza la barrena en el momento en que consigue soltarse después de estar detenida son de 2 a 10 veces la velocidad rotacional en superficie. En el mismo instante en que se suelta recorre una onda de torsión desde la barrena de perforación hasta la superficie, pasando por la sarta de perforación. Después de que esto ocurre la onda rebota de regreso a la barrena mediante el equipo de perforación, una vez que esto sucede la barrena vuelve a detenerse.

En el caso que los parámetros de perforación no se calibren debidamente para que el ciclo se interrumpa este seguirá repitiéndose continuamente. La barrena puede comportarse de manera poco usual como por ejemplo que esta gire hacia atrás, si esto sucede probablemente se deberá a vibraciones de torsión graves. Es recomendable no usar esta barrena en formaciones duras ya que se corre el riesgo de que la barrena sufra daños en un breve intervalo de tiempo.

Existe una manera para poder reconocer las vibraciones de torsión, esto se lo hace mediante las oscilaciones cíclicas de la torsión que se presentan en superficie, en la corriente de entrada para el motor de la rotaria y es posible que también se encuentren en la presión del tubo vertical.

Las oscilaciones de torsión y velocidad de rotación se hacen presentes cuando se origina un atrapamiento de corrida. Una buena señal para saber si existen vibraciones de torsión en la sarta de perforación son los comportamientos cíclicos de torsión y los periodos de oscilación medidos en la superficie. Las características que posee la oscilación obedecen a muchos

factores, entre los cuales tenemos a las propiedades mecánicas del sistema de perforación, el lugar donde se origina o se produce la fricción en el interior del hueco, el peso de la tubería de perforación y la velocidad de rotación en superficie.

Es posible concluir el desenvolvimiento del movimiento de atrapamiento de corrida de la barrena manejando el promedio de la torsión e superficie y los valores máximos y mínimos. Para tratar de aplacar este tipo de inconvenientes se podría probar con una reducción en la velocidad de rotación y en el peso de la barrena. También es posible intentar una modificación de las características de lubricación en el sistema de lodos en el caso de que la situación sea grave.

La durabilidad o vida útil tanto de la barrena como de la sarta de perforación podría verse severamente amenazado por las vibraciones de torsión que se producen en la sarta de perforación y también por las oscilaciones de atrapamiento de corrida. Esto podría traducirse en una serie de problemas como por ejemplo una falla por fatiga prematura en la tubería de perforación, todo esto se produce gracias a las oscilaciones de intorsión cíclicas.

Existen varias ventajas que se producen en el instante en que ha logrado reducir las oscilaciones de atrapamiento de corrida al mínimo o incluso en el caso de que se llegue a eliminarlos, pero en el caso de que esto no ocurra podría conllevar varias consecuencias negativas para la barrena y la sarta de perforación ya que una vez que se ha producido un atrapamiento también se está aumentando considerablemente la posibilidad de tener que lidiar con una tubería atrapada e incluso si la rotación continuase se podría presentar una partición por torsión, de igual manera se pueden tener problemas en la etapa de corrida ya que las altas velocidades de rotación de la barrena en el

instante en que se libera podría ocasionar un desenrosque de las conexiones.

2.20 CLASIFICACIÓN DE BROCAS DESGASTADAS

Es primordial adquirir toda la información concerniente a la corrida de la barrena para de esa forma obtener el mejor desempeño posible. Esta información será usada por el ingeniero de perforación y el fabricante de la barrena para optimizar el diseño de la barrena y la selección de la misma.

Es necesario que los siguientes factores deban ser registrados con precisión así como el grado de desgaste de la barrena.

- Longitud perforada.
- Clases de formación.
- Porcentaje de perforación para la corrida.
- Las propiedades concernientes al fluido de perforación.
- Topes de formación.
- Velocidad de aumento angular.
- Clases de equipos de perforación.
- Parámetros de perforación promedio.

2.20.1 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN PARA BARRENA DESGASTADA

Para esta clasificación se utilizará una tabla de IADC con la cual es posible registrar hasta ocho criterios de perforación de desgaste. Es posible utilizar

la tabla de clasificación para brocas de conos y para brocas de cortadores fijos, aunque normalmente los caracteres de desgaste suelen ser diferentes para cada una de ellas.

ESTRUCTURA DE LOS ELEMENTOS CORTANTES				B	G	OBSERVACIONES	
FILAS INTERNAS	FILAS EXTERNAS	CARÁCT. DESGASTE	LOCALIZ	COJINETE Y SELLO	1.2 CALIBRE EN 1/16"	OTRAS CARCAT	RAZON PARA SACAR

TABLA 3 Sistema de Clasificación para Brocas Desgastadas
(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

2.20.1.1 Desgaste de la Estructura de los Cortadores

La manera de evaluar el desgaste se lo realiza mediante un rango que puede ir desde 0 hasta 8, siendo cero el menor rango posible hasta ocho con el cual se produce una perdida total de estructura de corte.

En el caso de las barrenas PDC la forma de clasificar a los cortadores se la efectúa mediante la condición del compacto de diamante visible, sin tomar en cuenta la forma o exposición del cortador. En el caso de que al empezar la corrida de la barrena un cortador PDC posee expuesto un cincuenta por ciento del compacto de diamantes y posteriormente de que la corrida se haya realizado y el diamante expuesto se ha desgastado, entonces se podría clasificar el desgaste sufrido con el numero cuatro. Es un error común el clasificar el desgaste sufrido por el cortador con un rango ocho.

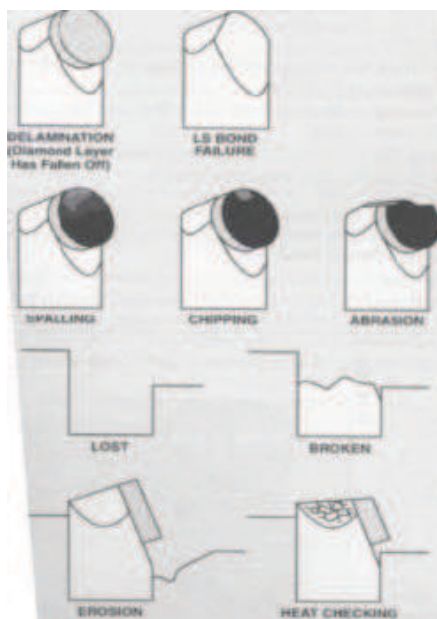


FIGURA 20 Desgaste de los Cortadores
(Schlumberg, 2004, Drilling School)

En el caso de que se requiera realizar una clasificación de barrenas TCP e impregnada de diamantes se establece el desgaste sufrido elaborando una comparación entre la elevación del cortador inicial evidente con la cantidad remanente, después de que la broca haya sido corrida. Es indispensable que previamente de que la barrena haya sido corrida se debe realizar un reconocimiento de la estructura de elementos cortantes.

2.20.1.2 Localización del Desgaste de los Cortadores para Barrenas de Conos

Para esto se debe manejar conjuntamente con el número de conos los códigos que se mencionaran a continuación.

- N= Fila de nariz.
- M= Fila del medio.

- G= fila del calibre.
- A= Todas las filas.

2.20.1.3 Códigos de Localización para Barrenas de Cortadores Fijos

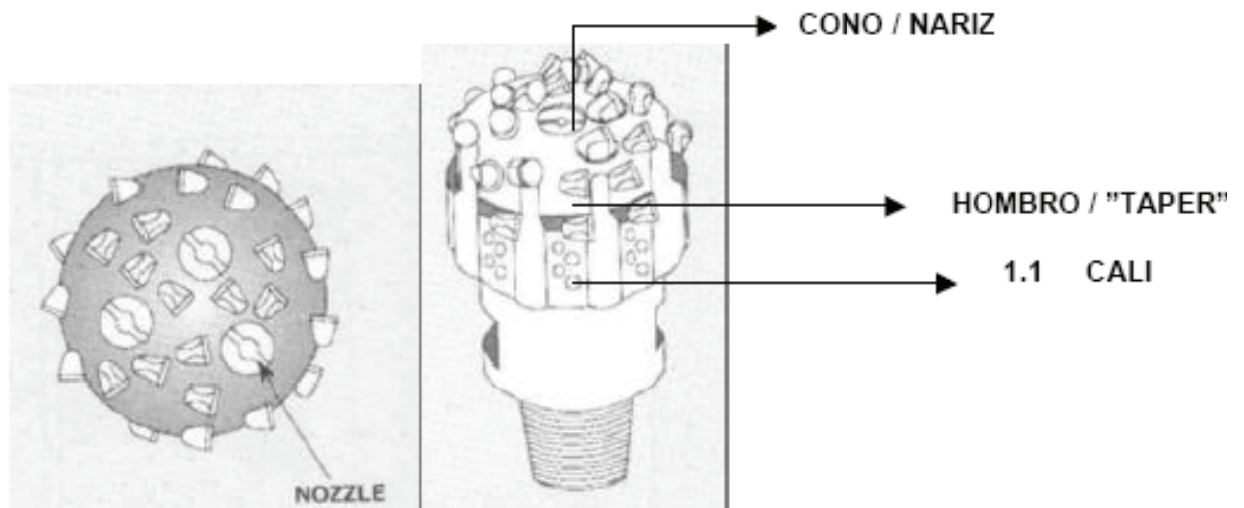


FIGURA 21 Código de Localización de Brocas de Cortadores Fijos

(Schlumberger,2004, Drilling School)

2.20.1.4 El calibre de Diámetro Externo

Las barrenas deben ser calibradas de la manera más adecuada ya que las barrenas de diamantes y de conos no poseen la misma tolerancia al momento de su fabricación, para una correcta calibración se utilizará un anillo medidor. En el caso de que al calibrar una barrena esta muestra estar bajo –calibre es posible de que se haya cometido un error con el medidor ya que generalmente los medidores de tipo “GO” solo se los usa para calibrar

barrenas de conos, mientras que para las barrenas de cortadores fijos se utilizará un medidor de tipo "NO-GO".

2.20.2 CONDICIONES DE BARRENAS USADAS

2.20.2.1 Barrena de Conos

Condición del Desgaste	Posible Causa	Posibles Soluciones
Desgaste excesivo de los cojinetes	Velocidad excesiva de rotación Tiempo excesivo de rotación WOB excesivo Exceso de arena en el sistema de circulación Lastra barrena desestabilizada Tipo de barrena inapropiado	Disminución de RPM Reducción de las horas de rotación WOB más ligero Remoción de arena del sistema circulatorio Estabilización de lastra barrenas Uso de un tipo de barrena para formaciones más duras y con una estructura de cojinetes más fuerte
Quiebre excesivo de dientes	Tipo inapropiado de barrena Procedimiento de arranque inadecuado para la barrena nueva WOB excesivo	Uso de un tipo de barrena para formaciones más duras y con una mayor cantidad de dientes Uso del procedimiento de arranque apropiado para la nueva barrena WOB más ligero
Desgaste desbalanceado de dientes	Tipo inapropiado de barrena Procedimiento de arranque inadecuado barrena nueva	Uso de tipo diferente de barrena basado en las filas de dientes que están excesivamente desgastados en la barrena embolada. Uso apropiado de procedimiento de quiebre para la nueva barrena
Desgaste excesivo de dientes	Velocidad excesiva de rotación Tipo de barrena inapropiado Uso de un tipo de barrena con dientes sin recubrimiento	Disminuya la velocidad de rotación Utilice un tipo de barrena para formaciones más duras y con una mayor cantidad de dientes Use un tipo de barrena que tenga dientes recubiertos
El fluido corta los dientes y conos	Tasa de flujo (gasto) excesiva Exceso de arena en el sistema de circulación	Reducción en tasa de circulación Remoción de arena del fluido de circulación
Deslizado debido al embolamiento	WOB excesivo Tipo inapropiado de barrena Tasa de flujo insuficiente	WOB más ligero Use un tipo de barrena para formaciones más blandas con dientes más espaciados Incrementa tasa de flujo
Excesiva disminución de calibre	Tipo inapropiado de barrena Tiempo excesivo de rotación	Use una barrena que tenga mayor protección contra la disminución de medidas Reducción de horas de rotación

TABLA 4 Condiciones de Desgaste de Brocas de Conos

(Schlumberger, 2004, Drilling School)

2.20.2.2 Barrenas de cortadores fijos

Condición del Desgaste	Posible Causa	Posibles Soluciones
Diamantes pulidos	Rotando en una formación dura sin perforar	Adicione WOB o seleccione una barrena con diamantes / cortadores más pequeños
Diamantes rotos	Estabilización inadecuada Vibraciones anormales Manejo inadecuado	Corrija la estabilización Reduzca la vibración, cambiando el RPM Manejo adecuado
Diamantes trasquilados	Arranque inadecuado ó Cortadores de Naríz partidos	Corrija procedimiento de arranque, limpieza de fondo,
Diamantes quemados (aplanados)	Enfriamiento inadecuado	Incremente el la tasa de circulación para mejorar el enfriamiento
Barrena quemada	Sobrecalentamiento como resultado de taponamiento y / o embolamiento	Cuide que exista la hidráulica apropiada
Revisión de calor de los soportes de la PDC o el cuerpo de la barrena (matriz)	Sobrecalentamiento	
Revisión de calor de los soportes de la PDC o el cuerpo de la barrena (matriz)	Sobrecalentamiento	
garganta desgastada	Fragments de formación dura rodando dentro de la garganta	Hidráulica apropiada
Perdida de Calibre (Tamaño)	Largos intervalos ampliados con enfriamiento inadecuado, debido a los espacios taponados con desechos	Mientras este ampliando, reduzca las RPM y el peso sobre la barrena
daños por desechos	Desechos en el agujero justo delante de la primera barrena de diamantes utilizada	Limpie el fondo sobre la barrena previa, corra con ella la canasta chatarrera en la sarta

TABLA 5 Condiciones de Desgaste para Brocas de Cortadores Fijos
(Schlumberger, 2004, Drilling School)

2.21 ACTIVIDAD ECONÓMICA DE LA CORRIDA DE BROCAS

Si se realiza un análisis de todos los gastos en equipos de perforación, podremos encontrar que solo una pequeña parte del costo total de dichos equipos corresponde a lo que son las barrenas de perforación, sin embargo este puede llegar a convertirse en una parte crucial para el cálculo económico que se debe hacer en la parte de perforación. Se debe tener mucho cuidado al momento de utilizar barrenas que son mucho más costosas como las de diamante o PDC ya que el costo debe estar estrechamente ligado a la eficiencia que esta proporciona.

Para poder determinar el desempeño de una barrena económicamente hablando es necesario calcular el costo por pie perforado, la razón es que una barrena PDC puede llegar a costar mucho más que una de conos. Es por eso que si se decide usar una de estas brocas mucho más costosas el comportamiento de estas debe ser superior en los trabajos de perforación. Para realizar el cálculo del costo por pie perforado se debe emplear la siguiente fórmula.

$$C = \frac{R(T + D) + B}{F} \quad [2.1]$$

Donde:

R= Costo operativo del equipo de perforación

T= Tiempo del viaje

F= Pies perforados

C= Costo de perforación por pie

B= Costo de la barrena

T= Tiempo de perforación

Se empleará la misma fórmula para toda clase de barrenas sin excepción y es posible usarla antes de que se tenga que correr la barrena con valores pretendidos, de igual forma se puede calcular el costo por pie perforado después de que la barrena haya sido corrida, para esto se utilizarán los datos reales obtenidos.

Es necesario realizar un estudio para identificar la eficiencia o desempeño de la barrena, este estudio se llama (break-even) ya que con este análisis se puede determinar si es conveniente usar una broca PDC en superficies donde habitualmente se utilizarían brocas de conos. Es decir que en el caso de decidirse por la barrena PDC esta debe demostrar que es capaz de obtener un costo similar al de las barrenas de conos.

2.22 FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DE PENETRACIÓN

La presencia de la tecnología de la perforación tubo tuvo un periodo en el que se desarrolló considerablemente, esto fue a principios de los años 20 hasta finales de los 40. Hoy en día resulta muy complicado imaginar la perforación de un pozo sin realizar la debida planeación y diseño los cuales pueden abarcar una gran cantidad de tecnologías. De esta manera la perforación de pozos se ha desarrollado de tal manera que hoy se considera una auténtica ingeniería.

Normalmente las tácticas de planeación y perforación están establecidas por las prácticas más habituales del área como la destreza del personal y la experiencia. Otro factor que ocupa una gran relevancia es la seguridad que se debe tener en el pozo, esto involucra tanto al medio ambiente como al personal y a las instalaciones. Uno de los puntos que pueden repercutir

directamente en los costos son las variables que logran afectar a la velocidad de perforación, esto nos siempre significa que el lograr un aumento en la velocidad de penetración esto provoque un costo bajo en los trabajos de perforación.

Las variables que afectan a la velocidad de penetración se dividen en dos clases:

- Variables inalterables.
- Variables alterables.

2.22.1 VARIABLES INALTERABLES

Constituyen todo tipo de variables las cuales no son susceptibles de ser alteradas por el operador como:

2.22.1.1 Personal

El personal es un factor primordial en lo que se refiere a la perforación de pozos por lo influyen en un alto porcentaje en la velocidad de penetración, entre el personal podemos encontrar aquellos que están encargados de la organización y supervisión de todas las operaciones que se realizan en el pozo, también existe el personal que trabaja en grupo o en equipo como los técnicos, cuadrilla de perforación, perforadores.

Habilidad

El éxito que se puede lograr en las diferentes operaciones que se efectúan depende en gran parte en la habilidad que tenga el personal para trabajar en equipo. La habilidad también puede describirse como la destreza necesaria para realizar o completar una tarea asignada.

La destreza o la capacidad que pueda tener un trabajador esta relacionado con la experiencia y entrenamiento que este posee o que haya adquirido con el tiempo. Con la finalidad de que las operaciones se las realice con mayor eficiencia y rapidez es aconsejable el contar con personal apto para las tareas que se le asignan.

Experiencia

La experiencia es muy necesaria para realizar las operaciones de perforación ya que esta nos ayuda a minimizar los riesgos de cometer algún error o de ocasionar un accidente. A esta se la puede detallar como un conjunto de conocimientos prácticos obtenidos gracias la presencia o conocimiento de un hecho.

El personal que a logrado recopilar una mayor experiencia es el campo normalmente es el que se encarga de supervisar o realizar las operaciones que se llevan a cabo en los procesos de perforación, esto se debe a que estas operaciones representan un alto riesgo para el personal que no esta capacitado debidamente para este tipo de trabajo.

Entrenamiento

Al entrenamiento se lo puede definir como una practica repetitiva de alguna actividad con la finalidad de mejorar se realización. A esto también se lo puede considerar como una capacitación y se lo hace con el objetivo de que el personal tenga más confianza y logre ser más eficiente en el trabajo que esta desempeñando.

Uno de los objetivos a conseguir es el de que el personal logre tener un mismo nivel desempeño ya que como se dijo anteriormente el trabajo en equipo es fundamental para lograr una mayor eficiencia. Para que esto se logre es preciso realizar prácticas de campo y cursos de capacitación de manera constante. También se tiene como objetivo el integrar al personal de recién ingreso con los conocimientos necesarios para que realicen el trabajo sin inconvenientes.

Factores Psicológicos

Esto abarca a todos los factores que externos o internos que de alguna manera podrían afectar el desempeño del personal. Estos factores también podrían determinar mas adelante que tan eficiente o capaz resulte ser el personal.

Relación Empresa-Trabajador

La relación entre el trabajador y la empresa resulta ser un factor muy importante que puede determinar la eficiencia y las ventajas que esto le puede traer a la compañía.

El aumento de la productividad de cada uno de los trabajadores podría ser el resultado de una buena relación con la empresa, así mismo una disminución de la eficiencia por parte del trabajador podría deberse a problemas relacionados con la empresa.

Motivación

Una manera de obtener un buen rendimiento por parte de los trabajadores es el mantenerlos motivados para que así se logre un mayor desempeño de sus tareas, el tener la seguridad de que su esfuerzo será reconocido hace que el personal pueda desenvolverse de una mejor manera.

2.22.1.2 Equipo de Perforación

A este equipo se lo utiliza con el objetivo de perforar el agujero, bajar y cementar las tuberías de revestimiento así que para tener un programa de perforación que resulte eficaz es muy importante la capacidad y flexibilidad del equipo de perforación.

Este programa puede presentar algunas modificaciones con la finalidad de acoplarse a las características de algún equipo en específico. También hay que prestar la debida atención a factores relevantes como:

- Diámetros de los agujeros a perforar.
- Configuración y tipo de sartas de perforación.
- Posibles problemas del agujero.
- Requerimientos de potencia hidráulica.
- Programas de tubería de revestimiento.

De esta forma se puede establecer la capacidad del equipo propuesto para ejecutar el trabajo, sujeto a las condiciones de operación ya previstas. Hay un riesgo de que las operaciones de producción y terminación no sean las esperadas en el agujero que se va a perforar debido a que el equipo de perforación no haya sido el más apropiado para el trabajo. Por estos motivos para la debida realización de las operaciones de perforación en un pozo el proceso de selección del equipo es primordial.

2.22.2 VARIABLES ALTERABLES

Este tipo de variables abarca a todas las que se modifican dependiendo de las necesidades de penetración.

2.22.2.1 Propiedades del Fluido de Perforación

El fluido de perforación puede ser uno de los factores más significativos y a la vez uno de los más simples, el cual tiene la capacidad de afectar a la velocidad de penetración. Es muy importante seleccionar el fluido de perforación más apropiado tomando en cuenta cada una de sus propiedades, para un área específica. La correcta selección así como el debido mantenimiento de las propiedades de los fluidos de perforación nos facilitará el uso de una hidráulica adecuada la cual tiene como finalidad alcanzar una limpieza eficaz tanto del fondo del pozo como de la barrena.

El diseño y la selección de los fluidos de perforación se realizan tomando en cuenta las características de la formación. Para esto deberá cumplirse ciertas funciones como las siguientes:

- Remover los recortes del fondo del agujero.
- Minimizar el daño de la formación.
- Mantener la estabilidad del agujero.
- Lubricar y enfriar la barrena y la sarta de perforación.
- Permitir las operaciones de toma de riesgos.
- Minimizar los problemas de contaminación ambiental.
- Aumentar la velocidad de penetración.
- Reducir la torsión y fricción.
- Minimizar la corrosión de la sarta de tuberías.
- Transportar los recortes del fondo del agujero.
- Controlar las presiones del agujero.

Densidad del Fluido

La presión diferencial entre la presión hidrático del fluido y la presión de poro de la formación la cual interviene en el fondo del pozo generalmente es capaz de causar una disminución en el ritmo de penetración.

$$\text{Presión diferencial} = P_h - P_f \quad [3.1]$$

Donde:

P_h = Presión hidrostática

P_f = Presión de formación

Presión diferencial > 0 si $P_h > P_f$

Presión diferencial < 0 si $P_h < P_f$

Presión diferencial = 0 si $P_h = P_f$

El valor de la presión diferencial en una formación depende del peso específico de la columna de fluido, esta presión suele operar en la misma dirección o sentido que la gravedad. Todo esto tiene como resultado que los recortes que produce la barrena permanezcan en el fondo del pozo, gracias a la fuerza neta que se ejerce sobre estos.

La sustracción de los recortes sufrirá un retraso debido a esta presión, lo que provoca que se tenga una disminución en la velocidad de penetración ya que los dientes de la barrena comenzarán triturar un y otra vez los recortes que ya se crearon sin penetrar la roca. A esta retención se la conoce también como el efecto "HOLD DOWN", y a pesar que esta noción todavía no esta muy bien definido su presencia en el pozo es innegable.

La velocidad de perforación que se logra alcanzar puede ser mayor si se utiliza gas como fluido de perforación que si se utiliza agua, esto es debido a que el aire o gas tiene posee una densidad menor.

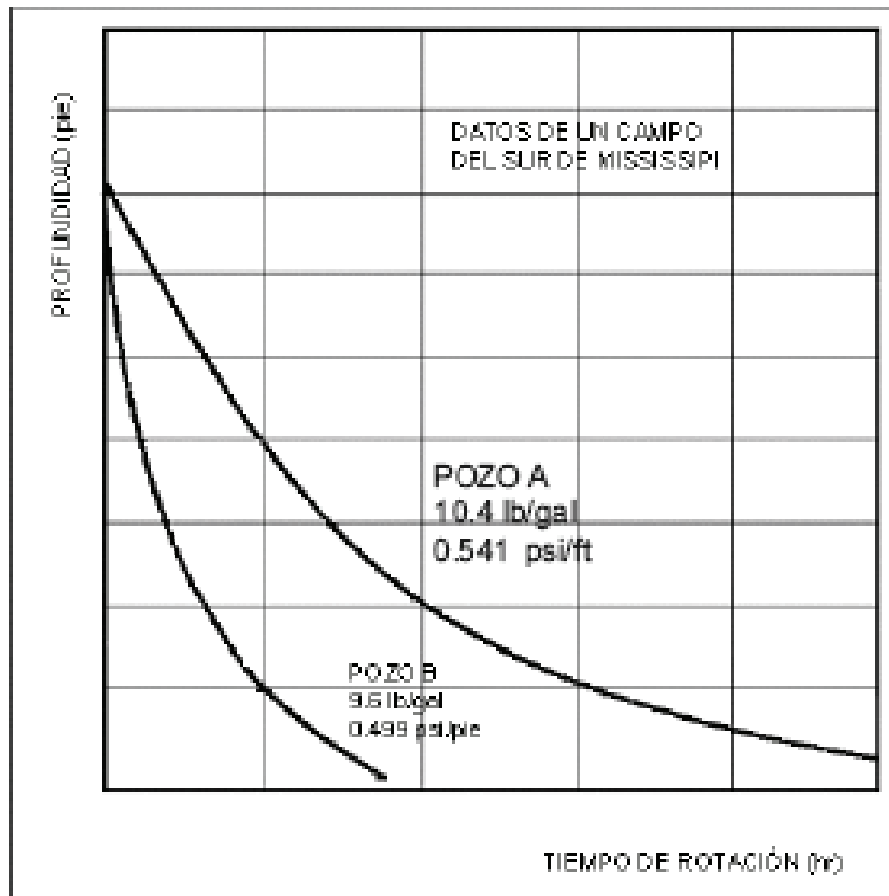


FIGURA 22 Efecto de la Densidad del Lodo sobre la Velocidad de Perforación
 (Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

Viscosidad

Debido a la densidad del fluido en los recortes que son creados por la barrena se puede tener dificultades con la limpieza en el fondo del pozo. De esto modo el problema de limpieza de los recortes tiene que ver el efecto de viscosidad que posee el fluido sobre la velocidad de penetración.

Tomando en cuenta lo citado anteriormente si lo que se desea es tener un fluido eficaz en cuanto a la limpieza de los recortes en el pozo se debe utilizar fluidos de perforación con una viscosidad baja con un flujo turbulento.

Varios estudios de laboratorio realizados han llegado a demostrar que una de las funciones de la velocidad de flujo que al mismo tiempo es una función de la velocidad del fluido a través de las toberas en todo el fondo del pozo es la sustracción de los recortes. Con esto presente podemos decir que si la viscosidad es menor, la velocidad del fluido que pasa por las toberas y hacia todo el fondo del pozo será mayor.

Otra de las causas de que la velocidad de penetración se vea mermada con la viscosidad se debe a que el fluido presenta una restricción de flujo a través de las fracturas las cuales son generadas por la barrena. De la viscosidad puede depender la velocidad a la que el fluido alcanza a las fracturas, también puede ser la responsable de que la presión diferencial disminuya lo cual causa una descenso en el efecto de retención de corte.

Existe la posibilidad de que la disminución de la velocidad de penetración puede originarse por los sólidos que se encuentran en el fluido, este podría pasar por que la viscosidad que tiene el fluido esta relacionada al contenido de sólidos. Pero esta idea fue desechada mediante la realización de pruebas de laboratorio en donde se usaron fluidos con sólidos como agua y bentonita y otro con agua y glicerina, este experimento pudo demostrar que no hay efecto dañino alguno sobre la velocidad de penetración por parte de la viscosidad por si sola. El efecto que causa la viscosidad se debe tomar en cuenta cuando los valores son menores a 40 cp, en el caso de que este valor sea mayor se lo puede considerar despreciable.

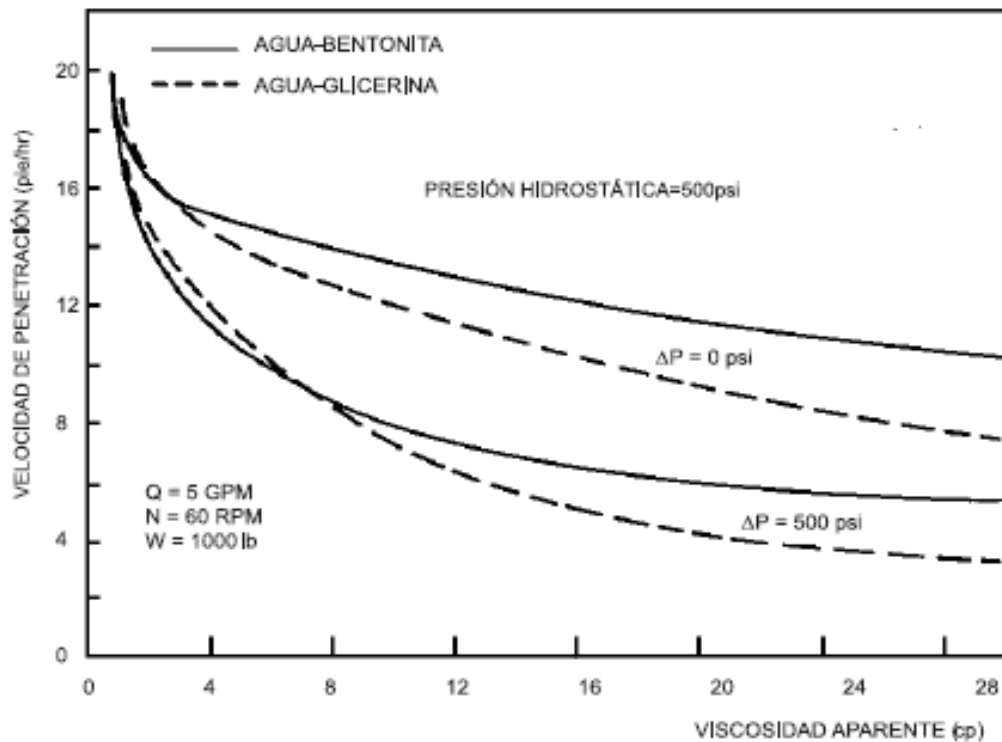


FIGURA 23 Efecto de la viscosidad Sobre la Velocidad de Perforación
(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

Un inconveniente que tiene la viscosidad es que esta no se la puede alterar a menos que también se alteren otras propiedades ya que depende del contenido de sólidos, la repulsión o atracción entre las partículas solidas y otros factores mas, por todas estas razones una de los efectos que cuesta mas trabajo comprender es el de la viscosidad.

Contenido de Sólidos

En el ritmo de penetración existen una serie de propiedades que tienen un efecto significativo sobre la misma, pero quizás la propiedad que tiene un mayor efecto sea el contenido de sólidos. Ya que se tiene una relación muy estrecha entre el contenido de sólidos, densidad, viscosidad y perdida de

filtrado resulta muy complicado la separación del efecto del contenido de sólidos del de la densidad. Esto también hace que se complique la separación de la información que se obtiene del laboratorio y del campo.

El añadir sólidos es lo más conveniente para que el peso del fluido aumente, de esta forma se tendrá presentes ambos efectos. Sin embargo el aumento del contenido de sólidos puede ocasionar que la velocidad de penetración sea menor. Además del contenido de sólidos puede haber otros factores que ocasionen una reducción en la velocidad de penetración como el estado y tipo de dispersión de los sólidos.

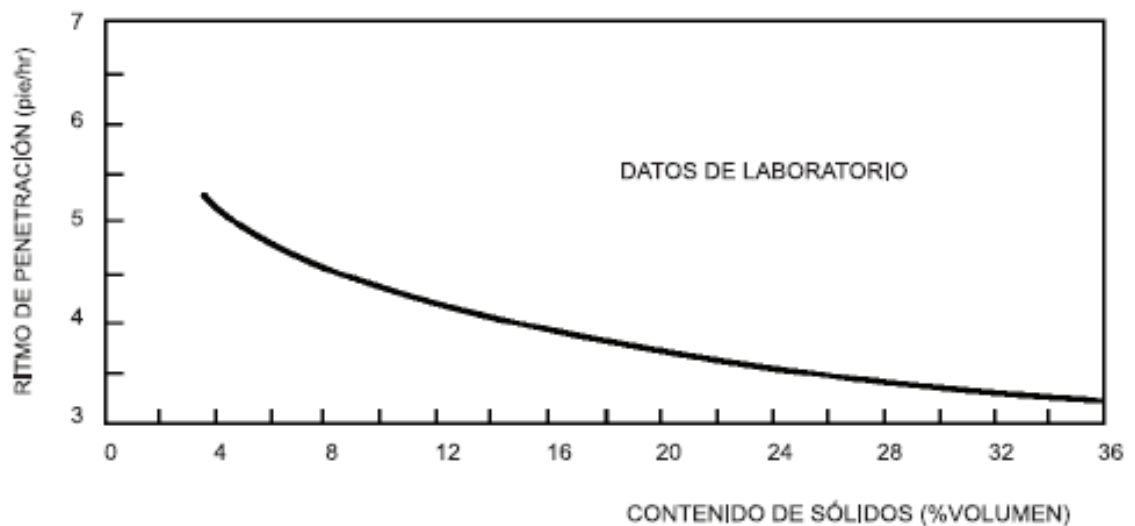


FIGURA 24 Contenido de Sólidos contra la Velocidad Perforación
(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

Después de realizar algunos exámenes de campo y de laboratorio se puede concluir que es necesario conservar el contenido de sólidos con un valor menor al 6% en cuanto al volumen para poder tener una mejor eficiencia en la perforación y en la velocidad de penetración. También es recomendable tratar de conservar a las partículas lo mas grande que se pueda ya que

cuando estas partículas tienen un tamaño pequeño afectaran a la velocidad de penetración.

Es probable que se puedan hallar diversos factores los cuales ejercen una gran influencia en la velocidad de penetración como el contenido, distribución del tamaño y el estado de dispersión de partículas solidas.

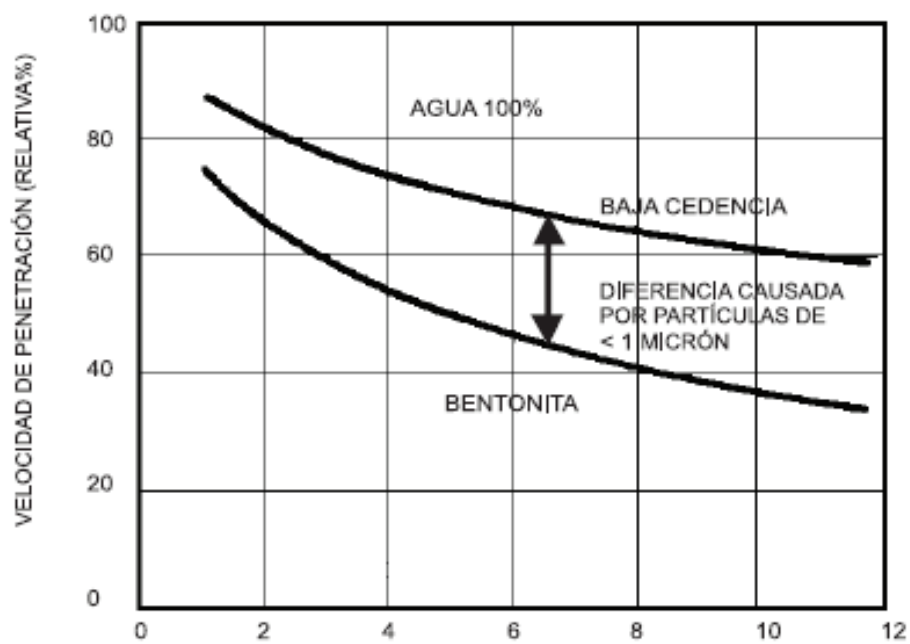


FIGURA 25 Efecto del Tipo de Sólidos sobre la Velocidad de Penetración
(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

Perdida de filtrado

Mediante varias observaciones de campo se puede concluir que la velocidad de penetración aumenta en el momento en que la perdida de filtrado de fluido de perforación se incrementa. El contenido de sólidos que se

encuentra en el fluido así como su tipo juegan un factor muy importante en la pérdida de filtrado del fluido.

Dependiendo del contenido y tipo de sólidos el fluido comenzará un proceso de filtración de su fase líquida a la formación y colocará una capa impermeable en las paredes del pozo, a esto también se lo conoce como enjarre. Esta filtración es posible debido a la función de permeabilidad que tiene la formación.

Cuando es formado el enjarre la filtración a la formación se impide lo cual retrasa el equilibrio de las presiones a través de los recortes lo que los conserva en el fondo del pozo. La velocidad de penetración tiende a aumentar cuando la igualación de las presiones se retarda.

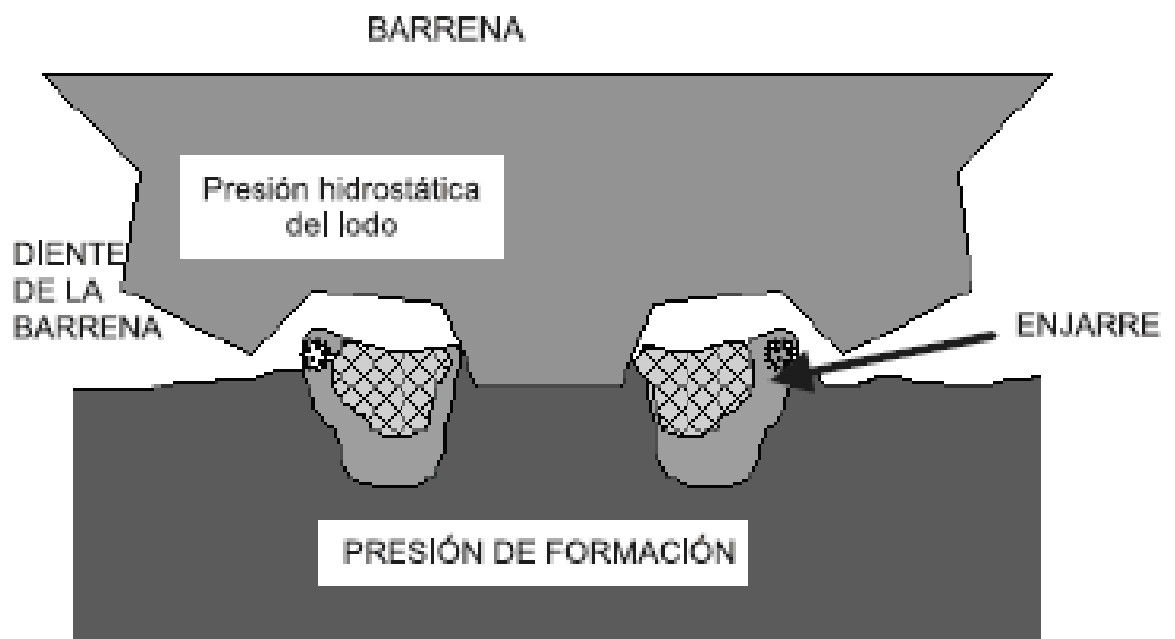


FIGURA 26 Teoría del Efecto de Retención
(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

Paradoja del Control de Fluido

La pérdida de filtrado puede tener ciertas ventajas y desventajas por ejemplo Si se busca un aumento en la velocidad de penetración sería bueno tener una pérdida inicial de filtrado elevada pero con una pérdida de filtrado baja se puede tener una mejor estabilidad en el agujero se logra una disminución en los daños a la formación.

Contenido de Aceite

Para los fluido base agua se puede añadir aceite para que esto ayude a incrementar la velocidad de penetración, esto se lo puede realizar para casi todo tipo de formaciones, sobretodo en las que contengan arcillas ya que en este tipo en especial se pueden presentar problemas como el embolamiento de la barrena o dificultades en la estabilidad del hueco, esto se debe a al hidratación de las lutitas.

Para las formaciones suaves es posible que sea más notorio el efecto del contenido de aceite que en formaciones mucho más duras donde este efecto será reducido. Puede haber varios motivos por los que el contenido de aceite en el fluido puede aumentar la velocidad de penetración y estos son:

- Las características que posee el aceite impedirán que los recortes se peguen a la barrena de manera que se disminuirá las posibilidades de embolamiento.
- Cuando se produce reducción de la fricción entre las paredes del hueco y la sarta de perforación el mismo aceite causará que se administre un peso mayor sobre la barrena en el fondo.

- Puede suceder que se produzca una reducción en la velocidad de penetración en el caso de que el contenido de aceite logre un valor superior al 20% en volumen. La razón es que hay la posibilidad de que se tenga un aumento en la viscosidad del fluido.

2.22.2.2 Hidráulica de Perforación

Este factor ha sido ampliamente estudiado ya que puede influir en el desempeño de la perforación. El fluido de perforación no causa un daño severo en la roca consolidada en ningún nivel, sin importar la velocidad que puede llegar a tener a lo largo de las toberas de la barrena. Una de las funciones que realiza tanto el fluido de perforación como la hidráulica es la de deshacerse de los recortes que genera la barrena en el fondo del agujero.

El uso idóneo de la energía hidráulica puede lograr que la cantidad de recortes que se encuentran en el fondo del pozo sean lo menor posible para que de alguna manera se pueda impedir que sean remolidos por la barrena y que la velocidad de penetración no sea minimizada. Como resultado podemos determinar que la función principal de la hidráulica no es el de perforar el agujero, ya que su finalidad es la sustracción de los recortes lo antes posible.

Con la finalidad de realizar una limpieza en la barrena se necesita un gasto de flujo aceptable y que la velocidad del fluido a lo largo de las toberas sea la suficiente como para quitar los recortes que se encuentran debajo de la barrena. Generalmente los recortes se encuentran confinados en el fondo del pozo gracias a los efectos de la presión diferencial. De la misma manera se han determinado ciertos factores que logran tener un efecto mayor sobre la

velocidad de penetración que otros como el gasto de flujo, uno de los actores es la velocidad que tiene el fluido debajo de la barrena.

En ocasiones resulta complicado establecer el límite de limpieza que se requiere para poder lograr una velocidad de penetración alta, esto generalmente curre en formaciones suaves y medias. A veces se podría creer que se esta excavando el hueco por la operación de la hidráulica y el fluido, esto ocurre debido a las altas velocidades de penetración. La velocidad de penetración es directamente proporcional al peso ejercido por la barrena, por desgracia esto solo se cumple cuando la limpieza en el pozo es perfecta lo cual es muy difícil que suceda la mayoría de las veces.

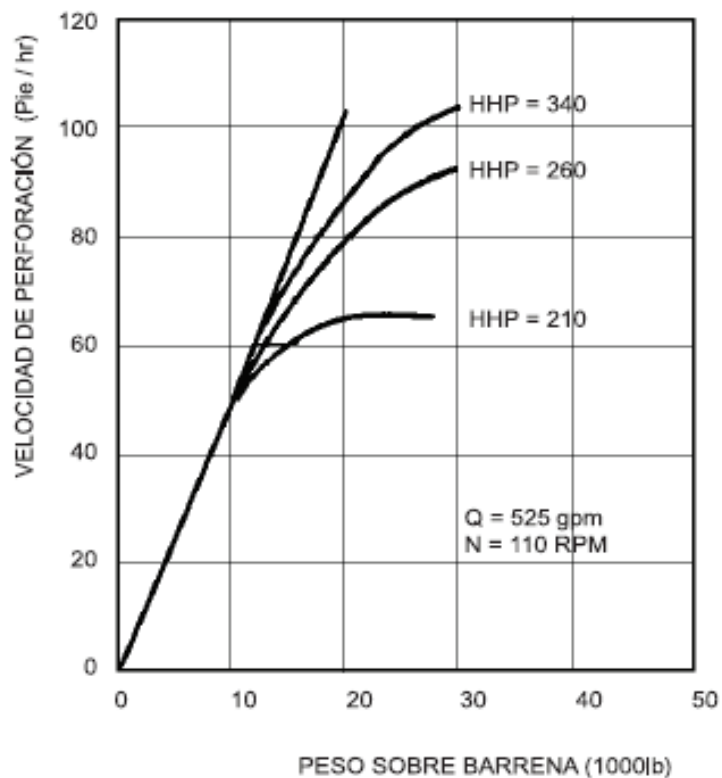


FIGURA 27 Efecto de la Potencia Hidráulica sobre la Velocidad de Perforación
(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

De acuerdo a la información obtenida en el campo se puede establecer que se puede aumentar el ritmo de penetración a medida que se incrementa la potencia hidráulica, esto ocurre en formaciones suaves y medias. Entonces la velocidad de penetración puede ser una función de la potencia hidráulica en la barrena o también puede convertirse en una función de la fuerza de impacto en el fondo del pozo.

En formaciones mas duras cuando se produce un aumento en la velocidad del fluido también se produce una reducción del remolido de los recortes esto se debe a que el aumento en la velocidad del fluido hace que se origine un mejor rendimiento en la velocidad de penetración. Dependiendo de la dureza de la formación la limpieza en el fondo del pozo puede variar.

2.22.2.3 Barrenas

La selección de la barrena apropiada es un proceso vital para tener un comportamiento óptimo en las operaciones de perforación. Las diferentes características que posee la formación así como el tipo, fluido de perforación y las condiciones de operaciones son los factores más importantes a tomar en cuenta para elegir al tipo de barrena que se ajuste a las exigencias de la formación.

2.22.2.4 Factores Mecánicos

Hay una gama de factores que son difíciles de cambiar durante el proceso de perforación pero sin duda los mas importantes son aquellos que se los puede modificar ya que de ellos depende el comportamiento y eficacia dela barrena en el fondo del pozo. Estos factores son la velocidad de rotación y el peso sobre la barrena.

Casi siempre la velocidad de penetración esta sujeta o influenciada en la mayoría de deformaciones por la velocidad de rotación o el peso que se ejerce sobre la barrena. Sin embargo la aplicación de todos estos factores posee ciertas restricciones las cuales tienen que ver con la potencia hidráulica de la que se puede disponer, la capacidad que tiene el equipo, falla de la barrena y algunas fallas estructurales de la sarta de perforación.

A pesar de que algunos factores conocidos como el peso que se ejerce sobre la barrena y la velocidad de rotación se han estudiado tanto en el campo como en el laboratorio todavía hay discrepancias en la manera de como estos factores pueden optimizarse. Pero lo más probable es que la razón sea al efecto de desgaste que se produce en la barrena.

Peso Sobre la Barrena

El efecto que produce el peso sobre la barrena en la velocidad de penetración puede variar dependiendo del peso que se ejerce, tomando en cuenta que los demás factores que se presentan en el pozo no cambien y exista una limpieza optima en el fondo.

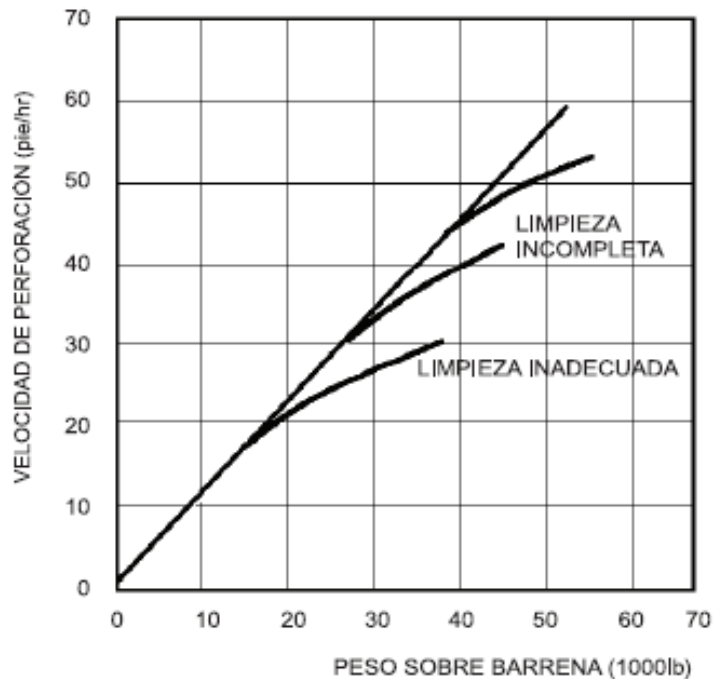


FIGURA 28 Peso sobre la Barrena contra la Velocidad de Perforación
(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

Velocidad de Rotación

La velocidad de rotación se puede considerar como la rapidez a la que la mesa rotatoria hace girar a la sarta de perforación la cual hace lo mismo con la barrena. La velocidad de penetración suele tener una relación directa con la velocidad de rotación generalmente en formaciones suaves. En lo que respecta a formaciones la relación existente entre la velocidad de rotación y la velocidad de penetración se encuentra mucho mejor especificada debido a que se tiene una relación de tipo exponencial.

Tomando todo esto en cuenta es aconsejable no utilizar velocidades de penetración muy altas cuando se trabaja con formaciones duras ya que de lo

contrario se tendrá una disminución en la velocidad de penetración lo que a su vez causará un aumento en la velocidad de de rotación.

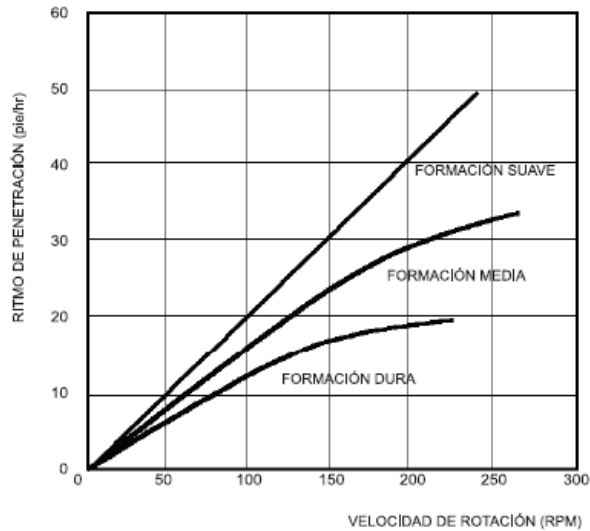


FIGURA 29 Efecto de la Velocidad de Rotación Sobre el Ritmo de Perforación

(Schlumberger, 2000, Manual para Ingenieros de Petróleo)

Efecto del peso sobre la barrena y la velocidad de rotación

Estos dos parámetros se encuentran estrechamente relacionados ya que en el momento en que se produce un aumento en alguno de estos parámetros generará una disminución en el otro con el objetivo de tener una operación eficiente. Debido a esto es aconsejable que estas variables no sean consideradas separadas una de la otra sino en forma conjunta.

Para obtener un incremento en la velocidad de penetración se debe realizar un aumento de la energía mecánica sobre la barrena, pero para que esta se lo pueda realizar sin mayores inconvenientes es necesario tener la suficiente energía hidráulica para se realice una limpieza eficaz en el fondo del pozo. A diferencia del peso sobre la barrena, un aumento de la energía mecánica en

la velocidad de penetración ocasionará una reacción negativa en la misma. Esto se debe a que este incremento ocasiona el desgaste prematuro en los cortadores de la barrena.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

La metodología usada para el presente trabajo es la que se describe a continuación:

3.1 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la elaboración del presente trabajo es necesario emplear una técnica de investigación con la cual recopilará la información necesaria que se obtendrá en libros, paginas web, revistas o cualquier documento que se encuentre relacionado con el tema que vamos a desarrollar, posteriormente se realizará un análisis con el objetivo de determinar los diferentes tipos de brocas para la perforación de pozos petroleros.

3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Con la finalidad de su correcto desarrollo se empleará el método inductivo y analítico para lograr una adecuada descripción de las diferentes clases de brocas que existen así como su adecuada utilización en el campo petrolero.

3.3 MÉTODO DEDUCTIVO

El método que se empleará será el deductivo debido a que será necesario el análisis de los aspectos generales del trabajo para que posteriormente podamos profundizar más en el tema.

3.4 MÉTODO ANALÍTICO

Este método será utilizado con la finalidad de estudiar de forma adecuada la información obtenida para su análisis respectivo.

3.5 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Investigación bibliográfica, la cual consiste en estudio de la documentación relacionada con el tema que se esta desarrollando.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Existen diferentes clases de brocas con las que se pueden lograr un buen resultado en los trabajos de perforación, sin embargo es preciso estar al tanto de las principales características que tienen las mismas para poder escoger la herramienta que se acople de manera adecuada a nuestras necesidades de manera que tengamos el menor número de problemas posibles con la broca.

Se debe tomar en cuenta el diseño de la barrena al momento de escoger la misma así como su durabilidad, perforabilidad y resistencia con el propósito de obtener un desempeño óptimo de la herramienta escogida. Todos los componentes de la broca deben poder caber en el diámetro del hueco, es por eso que es importante tener un diseño con el cual no se tenga que cambiar algunos parámetros debido a inconvenientes con el diámetro del pozo.

Para que el proceso de selección de la barrena sea exitoso es importante recolectar toda la información que sea posible en cuanto al pozo se refiere, también se necesita tener claros los objetivos que se piensa lograr con los trabajos de perforación. Todo esto se lo hace para seleccionar la broca que sea más idónea para la perforación del pozo. Una de las metas que se plantean en todos los trabajos de perforación es el cumplimiento del mismo en un corto periodo de tiempo, es por esto que se busca obtener una broca que tenga una buena durabilidad y que responda a las exigencias que se presentan en la perforación.

Es preciso conocer y comprender a cabalidad las condiciones en el fondo del pozo, para esto es necesario un análisis del mismo con lo cual también se podrá determinar sus limitaciones en cuanto a la perforación y que barrena tiene las características que lograrán que tenga un mejor desempeño dentro del pozo.

Para el análisis respectivo será preciso tener un amplio historial de registros e información a cerca de las barrenas y del comportamiento del pozo, esta información debe estar actualizada con todas las clases de barrenas que se han utilizado, claro que esta información no será posible de obtener en pozos exploratorios o muy antiguos donde no se ha perforado en mucho tiempo ya que la información que se recopila no puede pasar de menos de dos años de antigüedad.

En el caso de que nos topemos con este tipo de situaciones se recurrirá a la información geológica. Se puede obtener una información valiosa realizando una investigación objetiva de los registros de las barrenas

Generalmente lo que se busca es emplear una herramienta que sea eficiente en el trabajo que realice pero sin llegar a un alto costo, si esto se logra llevar a cabo generalmente se escogerá a la herramienta mas idónea y también con un bajo costo. Se debe tomar en cuenta todos los posibles inconvenientes que afectarán en los costos de un pozo, es por eso que se debe hacer todo lo posible para la selección de una barrena de alta calidad teniendo en cuenta su efectividad en el pozo y el tiempo que logra en la perforación. Cuando se haya elegido algún tipo de barrena hay que observar que posea las características necesarias para la perforación de un pozo reduciendo las posibilidades de tener graves inconvenientes y que se lo realice en el menor tiempo posible y a un costo razonable. También es importante manejar estas herramientas con mucho cuidado y mantenerlas

en buen estado hasta después que se haya finalizado los trabajos en el pozo, esto se hace con la finalidad de que se puede volver a utilizar la herramienta si es requerido y tendrá un impacto significativo en el aspecto económico.

Para que una barrena sea capaz de brindar mejores beneficios algunos parámetros operativos que se manejan deberán estar dentro de un rango considerado admisible. En el caso de que estos parámetros se salgan del rango establecido provocarán que la eficiencia del costo del producto se reduzca considerablemente. En algunas ocasiones estas restricciones ofrecen la oportunidad de poder seleccionar una barrena de diamante.

Con el propósito de poder obtener un mejor beneficio de la broca se debe conocer la forma de impedir un desgaste prematuro de la herramienta mencionada de manera que se logre extender su vida útil lo más posible. Para tener un criterio de selección de la broca se debe poner énfasis en el desgaste que tienen las brocas que ya han sido usadas de manera que se pueda realizar un estudio de las brocas que tienen una mayor durabilidad y utilizarlas en la perforación.

El sistema el cual se usa para determinar el desgaste que puede presentar la barrena tiene múltiples aplicaciones, de esta manera algunos de los fabricantes generalmente se encargan de evaluar la aplicación y el diseño de la barrena, mientras que los operadores realizan mejoras constantes en los programas que utilizan para la perforación. El emplear este sistema tiene como finalidad lograr un cuadro estándar de la barrena sin tomar en cuenta bajo que situaciones se ha usado. Es posible sincronizar las aplicaciones de las barrenas mediante la elaboración de una base de datos usando el sistema computarizado.

Las compañías que se dedican a la elaboración de barrenas muchas veces tratan de tener un control mucho más preciso de su producto efectuando varias evaluaciones de desgaste para después poder aplicar los arreglos necesarios. En las barrenas PDC los cortadores son examinados uno por uno, con la información que se obtiene se lo divide en nueve categorías. En las primeras dos podemos encontrar la ubicación del cortador respecto a las aletas, en la tercera tenemos el porcentaje de desgaste del cortador. En las otras dos categorías se puede mostrar a cada uno de sus cortadores y su estatus general, en las categorías siguientes tiene que ver con la erosión.

El diseño de barrenas bicéntricas y excéntricas está concebido para que su diámetro sea menor al diámetro del hueco que se perfora. Esto se lleva a cabo con un aumento del cuerpo en un lado del eje así como realizando un diseño para que haya una asimetría en la estructura. En el momento en que la broca se encuentra en funcionamiento la parte aumentada también girará y realizará un corte en la formación. Gracias a la asimetría del diseño es posible para la barrena sin rotación, el paso a través de un hueco mucho más estrecho que el que estaba perforando.

Si se necesita perforar formaciones salinas muy resbaladizas o lutitas en lodazales las barrenas que se mencionaron anteriormente probablemente sean las adecuadas además estas poseen muchas aplicaciones.

También es posible realizar una selección por medio de recursos geofísicos, es decir por medio de registros, los cuales constituyen una fuente de datos acerca de la formación bastante confiable

Los diferentes registros que se obtienen de la formación sirven para poder medir y estudiar a cabalidad las propiedades de las rocas. Muchos de estos

registros son necesarios para la evaluación de aplicaciones de barrenas como las diamante y pueden ser registros de neutrones, de densidad, sónicos y de rayos gama.

Generalmente los registros de neutrones evalúan a las formaciones y su capacidad de disminuir los flujos de neutrones. Es posible medir el hidrogeno de la formación debido a que es muy difícil para los neutrones el fluir a través de la formación si es que este contiene altos niveles de hidrogeno, la razón por la que los neutrones no pueden fluir fácilmente es por que la masa atómica se encuentra muy cercana al hidrogeno.

En el caso de los registros de rayos gama tienen la capacidad de descubrir la cantidad de radiación natural expresados en las formaciones. Algunas rocas como la lutita son capaces de generar niveles de radiación altas y con estos registros es posible identificar los diferentes intervalos lutita. También tienen la capacidad de separar las lutitas de las areniscas y de los carbonatos y puede identificar lechos delgados de arcillas o de lutitas debido a su gran capacidad de precisión.

Los registros sónicos tienen que ver con las ondas acústicas y su difusión a lo largo de la formación, estas ondas son originadas mediante un transmisor el cual se encuentra localizado en la herramienta. Es posible monitorear y calcular el tiempo de desplazamiento así como las ondas de retorno a través de receptores que también se encuentran localizados en la herramienta. Para saber que tan densa puede ser la formación se debe poner atención a los intervalos entre la emisión y recepción de las ondas ya que si estos intervalos son cortos significará que la formación es bastante densa.

Con los registros de densidad es posible medir la densidad en masa de la formación. Esta también posee varios detectores y una fuente de rayos gamma. Esta herramienta funciona dispersando los rayos gamma en las formaciones de baja porosidad. En las formaciones en donde la porosidad es alta tendrán una baja capacidad de dispersión de rayos gamma.

También es posible realizar un análisis de resistencia a la compresión la cual constituye una nueva modalidad que logra el cálculo de la dureza de la roca lo cual ayuda enormemente a establecer el momento en que se debe usar las barrenas. Hay otras maneras con la cual se pueden calcular la dureza de las rocas, uno de estos métodos se los hace mediante los registros eléctricos sónicos los cuales se fundamentan en el uso de registros de la velocidad de las ondas sonoras. También se pueden emplear ciertos programas con los cuales se puede conseguir valores que correspondan a la resistencia a la compresión de rocas no confinadas es decir rocas que están a presión atmosférica, con las cuales se pueden calcular valores relacionados a la dureza de la roca no confinada mediante la información de la velocidad sónica. Normalmente los cálculos de la dureza en rocas no confinadas suele ser mas bajo que el de las rocas confinadas que se llegan a perforar

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se describirán las debidas conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

5.1 CONCLUSIONES

- El correcto empleo de la barrena así como el resto de las herramientas de perforación son importantes para que los procesos de perforación se completen de manera exitosa y sin ningún tipo de inconvenientes. También es importante aplicar los diferentes procesos de la mejor manera.
- La adecuada selección de la broca de perforación minimizará los inconvenientes que puedan llegar a surgir mientras se está trabajando. También se debe conocer las principales características de la formación en la que se perfora, esto hará que se aproveche de mejor manera toda la capacidad de la barrena.
- Los métodos de perforación así como sus instrumentos se encuentran en permanente evolución lo cual hace que se logre los objetivos trazados en el menor tiempo posible y al menor costo, lo que provocará un ahorro considerable de dinero a la compañía que este a cargo de perforar un pozo.
- Los diferentes tipos de brocas que existen en el mercado están diseñados de tal manera que los trabajos en cuanto a la perforación se refieren sea más sencillo. Estos también pueden brindar mayor seguridad

en el fondo del pozo evitando derrumbes que dificultarían y retrasarían los trabajos que se está ejecutando.

- El desarrollo de la tecnología de perforación de pozos petroleros se ha convertido en un factor casi imprescindible en el momento de utilizar las barrenas seleccionadas para emplearlas en le fondo del agujero. Así como la aplicación de dispositivos para monitorear lo que esta sucediendo en el interior del pozo.

5.2 RECOMENDACIONES

- La selección de la barrena se lo debe realizar de acuerdo a una serie de factores los cuales pueden afectar su rendimiento en el instante de la perforación. Es importante tener en cuenta el diseño, ya que existe una amplia gama ha elegir lo cual se hace dependiendo de el tipo de roca que se tiene en el fondo del pozo.
- Es imprescindible mantener a las brocas en buen estado para evitar el desgaste prematuro de la misma y para impedir que se tenga que cambiarla de manera precoz. Si se logra un mantenimiento óptimo de la barrena esta se encontrará en condiciones de volver a ser empleada en otras operaciones.
- Es importante que los operadores que se encargan de la perforación se encuentren debidamente capacitados para cualquier tipo de inconveniente que se pueda presentar y resolverlo de la manera más rápida y eficiente.
- La debida inspección de los equipos de perforación que se van a utilizar es un factor que se debe tomar en cuenta ya que existe la posibilidad de que algunos de ellos no se encuentren en buen estado a causa de una mal manejo.
- Se debe elegir la broca que mas se apegue a nuestras necesidades de perforación y que logre cumplir todas las expectativas y objetivos propuestos, también se debe tomar en cuanta el costo que tendrá y el beneficio que traerá a la empresa el uso de la herramienta en el momento en que se inicien las operaciones de perforación.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aceite lubricante

Aceite lubricante usado para facilitar el trabajo de las uniones mecánicas y partes móviles.

Anticlinal

Plegamiento de las capas superiores de las rocas similar a un arco en forma de domo. Las anticlinales constituyen excelentes prospectos para perforación puesto que el aceite en los depósitos se elevará en forma natural al punto más alto de la estructura, en virtud de que tiene una gravedad específica menor que la del agua.

Barrena de perforación

Es una herramienta cortante con la cual es posible la trituración de la roca, en casos donde las rocas son blandas la perforación será mucho mas sencilla que en otros donde a causa de la dureza de la roca su penetración en la misma será mas complicado.

Boca de pozo

Equipamiento que se coloca sobre un pozo productivo y que está destinado a regular la salida del flujo de los hidrocarburos.

Circulación de gas

Un proceso en el cual el gas producido es re inyectado al yacimiento después de haberle quitado el condensado. Esto es para mantener la presión del yacimiento y para impedir que el condensado se "condense" dentro del yacimiento y después se dificulte recuperarlo.

Combinación de calor y potencia

Aplicado a la generación de potencia se refiere a la generación de electricidad y vapor (o calor) simultáneamente a partir del mismo combustible, generalmente para satisfacer todas las necesidades de las instalaciones comerciales o industriales para las cuales ha sido diseñado.

Desviación del pozo

Cambio de dirección de la vertical absoluta durante la perforación de un pozo.

Dureza

Término usado para indicar que el agua contiene en solución sales de calcio o magnesio. Calidad de duro. Dícese del cuerpo sólido, difícil de romper, perforar o triturar.

Elemento

Término químico referente a una sustancia que no puede ser subdividida químicamente en una forma más simple.

Embolada

Movimiento del vaivén del embolo de una bomba. También se le llama cilindrada.

Embolo

Disco cilíndrico que se desplaza recíprocamente en el cilindro de la bomba.

Emulsión

Líquido constituido por dos sustancias inmiscibles, una de las cuales se halla dispuesta en la otra en forma de pequeñas gotas. El fluido de perforación es, generalmente una emulsión agua-aceite.

Empuje

Fuerza vertical que ejerce hacia arriba sobre todo cuerpo sumergido en líquido. El empuje del fluido de perforación sobre la tubería de revestimiento alivia el peso total de la tubería. Se conoce como efecto de flotación

Energía geotérmica

Energía obtenida del calor bajo la superficie de la Tierra.

Esquisto de petróleo

Roca sedimentaria compacta impregnada de materiales orgánicos (principalmente queroseno) que rinde aceite al ser calentada.

Falla

Una estructura geológica que consiste de una fractura en la roca, a lo largo de la cual ha habido un perceptible deslizamiento.

Fluido de Perforación

Mezcla de líquidos de varios componentes los cuales tienen la función de extraer pedazos de formación del pozo, proteger las paredes del pozo para que no se produzca un derrumbe y mantener aislados en su sitio a los fluidos de formación. Pueden incluir aceite, arcilla, aditivos químicos, agua etc.

Fracturación

Forma de abrir artificialmente una formación para incrementar la permeabilidad y el flujo de petróleo al fondo del pozo.

Exploración

Es la búsqueda de yacimientos de petróleo y gas y comprende todos aquellos métodos destinados a detectar yacimientos comercialmente explotables. Incluye el reconocimiento superficial del terreno, la prospección (sísmica, magnética y gravimétrica), la perforación de pozos de exploración y el análisis de la información obtenida.

Explotación

Operación que consiste en la extracción de petróleo y/o gas de un yacimiento.

Golpeteo

Un sonido metálico de golpeteo en un motor causado por un desajuste entre las características del combustible y el diseño del motor, particularmente su relación de compresión, da como resultado una pre ignición

Gravedad específica

La relación de la densidad de una sustancia a determinada temperatura con la densidad de agua a 4°C.

Hidrocarburo

Cualquier compuesto o mezcla de compuestos, sólido, líquido o gas que contiene carbono e hidrógeno

Índice de viscosidad

Medida de la relación entre la temperatura y la viscosidad de un aceite.

Indicios

Presencia de petróleo crudo o de gas en las muestras, testigos cilíndricos, ripios y lodo de inyección de un pozo de perforación.

Inyección

Mezcla de arcilla, agua y ciertos productos químicos inyectada en forma continúa durante las operaciones de perforación.

Levantamiento sismológico

Método para establecer la estructura detallada subterránea de roca mediante la detección y medición de ondas acústicas reflejas de impacto sobre los diferentes estratos de roca.

Lodo de perforación

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

On shore

Es la actividad petrolera que se realiza en tierra.

Operador

Compañía, organización o persona con autoridad legal para perforar pozos y extraer hidrocarburos. Puede emplearse un contratista de perforación para llevar a cabo la perforación en sí.

Petróleo

Nombre genérico para hidrocarburos, incluyendo petróleo crudo, gas natural y líquidos del gas natural. El nombre se deriva del latín, óleum, presente en forma natural en rocas, petra.

Perforación

Operación que consiste en perforar el subsuelo con la ayuda de herramientas apropiadas para buscar y extraer hidrocarburos.

Permeabilidad

Es la conductividad de un cuerpo poroso a los fluidos o capacidad de los fluidos para desplazarse entre los espacios que conectan los poros de una masa porosa.

Poder calórico

Cantidad de calor desprendido por la combustión completa de un metro cúbico de gas.

Pozo

Agujero perforado en la roca desde la superficie de un yacimiento a efecto de explorar o para extraer aceite o gas.

Poder Calórico

Cantidad de calor desprendido por la combustión completa de un metro cúbico de gas.

Porosidad

Porcentaje del volumen total de una roca constituido por espacios vacíos.

La porosidad efectiva es el volumen total de los espacios porosos interconectados de manera que permitan el paso de fluidos a través de ellos.

Presión

El esfuerzo ejercido por un cuerpo sobre otro cuerpo, ya sea por peso (gravedad) o mediante el uso de fuerza.

Presión absoluta

Esta es la presión manométrica más la presión atmosférica.

Presión Atmosférica

El peso de la atmósfera sobre la superficie de la tierra.

Presión manométrica

La presión que registra un dispositivo de medición normal. Dicho dispositivo mide la presión en exceso de la atmosférica.

Rocas sedimentarias

Son aquellas que se producen debido a la acumulación de sedimentos los que han sido transportados a cualquier parte.

Sarta de perforación

Tuberías de acero de aproximadamente 10 metros de largo que se unen para formar un tubo desde la barrena de perforación hasta la plataforma de perforación. El conjunto se gira para llevar a cabo la operación de perforación y también sirve de conducto para el lodo de perforación.

Sinclinal

Plegamiento en la roca estratificada en la forma de palangana.

Trampa

Estructura geológica en la cual se acumulan hidrocarburos para formar un campo de aceite o gas.

Trampa estratigráfica

Trampa de hidrocarburos formada durante la sedimentación y en la cual los hidrocarburos fueron encapsulados como resultado del cambio de roca de porosa a no porosa, en lugar del plegamiento o falla de los estratos de roca.

Trampa estructural

Trampa de hidrocarburos formada por la distorsión de estratos de roca por movimientos de la corteza terrestre.

BIBLIOGRAFÍA

Corrales, M, (2005). *Curso de levantamiento Artificial*. Quito: Institucional.

Economides, M, (1998). *Petroleum Well Construction* . Wiley: Institucional.

International Association of Drilling Contractors , (1998), *Integrated Drilling Systems*. Houston : Institucional.

Petroecuador, (2001), *Glosario de la industria Hidrocarburífera*. Quito: Institucional.

Quiroga, K, (1991). *Manual de pruebas, completacion y reacondicionamiento de pozos petrolíferos*. Quito : Institucional.

Schlumberger, D, (2000). *Engineering Manual*. Texas: Institucional.

Schlumberger,(1999),Bits, Recuperado el 22 de Febrero de 2012, de Seed.slb: <http://www.seed.slb.com/es/scictr/watch/diamonds/drillbits.htm>