

R 54

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI



FACULTAD DE INGENIERIA

AREA CIENCIAS DE LA TIERRA

TECNICAS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS EN LA PERFORACION DE
POZOS PROFUNDOS OCASIONADOS POR ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS

TRABAJO RECEPCIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO

PRESENTA

Jorge Rivas Ramos



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

FACULTAD DE INGENIERIA

Dr. Manuel Nava No 8 Zona Universitaria

Teléfonos: 13-11-86, 13-52-38, 13-63 35 y 13-82-22

Fax: (48) 13-09-24

78290, San Luis Potosí, S. L. P., México

OCTUBRE 25, 1993.

Al Pasante Señor Jorge Rivas Ramos
P r e s e n t e.-

En atención a su solicitud de autorización de Temario, presentada por el - Ing. Ramiro Gallegos González, Asesor del Trabajo Recepcional que desarrollará Usted, con el objeto de sustentar Examen Profesional en la Licenciatura de Ingeniero Geólogo. Me es grato comunicarle que en la Sesión de Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 25 de Octubre del presente año, - fué aprobado el Temario propuesto:

"TECNICAS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS EN LA PERFORACION DE POZOS PROFUNDOS OCASIONADOS POR ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS"

TEMARIO:

- I.- GENERALIDADES
 - II.- CARACTERISTICAS DE LAS ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS
 - III.- EQUIPO DE PERFORACION
 - IV.- PROBLEMAS DE PERFORACION, EFECTOS Y SOLUCIONES
 - V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA

Ruego a Usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesionales, debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

" MODOS ET CUNCTARUN RERUM MENSURAS



ING. DAVID ATISHA CASTILLO
DIRECTOR DE LA FACULTAD

DIRECCION

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES A QUIENES AGRADEZCO INFINITAMENTE EL HABERME DADO LA OPORTUNIDAD DE CONCLUIR MIS ESTUDIOS, PUES SIN SU APOYO ME HUBIESE SIDO IMPOSIBLE.

A TODOS MIS MAESTROS Y MUY EN ESPECIAL AL C. ING. RAMIRO GALLEGOS GONZALEZ QUIEN ME DIO LAS HERRAMIENTAS PRINCIPALES, QUE PERMITIERON LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO RECEPCIONAL.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DEL AREA CIENCIAS DE LA TIERRA.

A MIS HERMANOS QUIENES EN TODO MOMENTO ME APOYARON MORALMENTE, MAGDALENA, JOAQUIN (Q.E.P.D) JOAQUIN, DIOS TE LLAMO PERO YO NO OLVIDARE LA AYUDA QUE ME BRINDASTE, SIEMPRE FUISTE UN GRAN HERMANO. Y AUN ME CUESTA TRABAJO EL PENSAR QUE YA NO ESTAS AQUI, GRACIAS HERMANO MIO.

C
.
v

.
v

"TECNICAS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS EN LA PERFORACION DE POZOS
PROFUNDOS OCASIONADOS POR ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS"

INDICE

INTRODUCCION	1
I.- GENERALIDADES	3
II.- CARACTERISTICAS DE LAS FORMAS LINEAS Y SEDIMENTARIAS ..	4
Formas lineales.....	4
Rocas sedimentarias.....	8
III.- EQUIPO DE PERFORACION.....	14
Sistema de soporte.....	14
Sistema motriz.....	15
Sistema de izaje.....	16
Sistema de tubos.....	17
Sistema de circulación.....	18
Sistema de seguridad.....	19
Sistema de almacenamiento.....	19
IV.- PROBLEMAS DE PERFORACION, EFECTOS Y SOLUCIONES.....	20
Lodos de perforación, funciones y propiedades.....	20
Tipos de barrenas.....	28
Pérdidas de circulación.....	30
Derroches.....	30
Atrapamientos de tubería.....	30
Recuperación de tubería de perforación pegada.....	31
Desviaciones de pozos.....	31
Pescas.....	31
Contaminaciones.....	32
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
GLOSARIO.....	35
BIBLIOGRAFIA.....	37
ANEXOS.....	38
TABLAS.....	39

INTRODUCCION

La humanidad en el transcurso de su existencia, ha tenido la necesidad de buscar el agua como medio de subsistencia, y lo ha hecho de diferentes maneras. Una de ellas ha sido buscándola en el subsuelo cuando la que escurre no ha sido la suficiente.

El hombre se ha encargado de perforar agujeros de diferente tipo y de profundidades variadas en el alumbramiento del agua subterránea. En esta actividad, cae el de los pozos profundos, cuya tecnología ha venido mejorando conforme avanzan los descubrimientos de la ciencia.

Como es de suponer, al principio se tuvo un sinnúmero de errores que, conforme ha pasado el tiempo, se están tratando de aplicar lo mejor de la técnica en el uso de las herramientas para que simplifique más la operación, minimice los costos y eficiente los procesos.

En este trabajo, se trata de dar una idea de la solución a la mayoría de los problemas ordinarios en la perforación; y por consiguiente, la prevención de otros a manera de evitarlos.

De igual forma, se indica cuales son los mejores criterios que efficienten la operación de perforación, para disminuir los costos en cuanto a insumos de materiales y al uso de mano de obra.

Los capítulos no se han dispuesto en una secuencia lógica, sino más bien por el tipo de problema en la perforación en cuanto a su ocurrencia y, que ésta sea de gran ayuda profesional en el campo para quienes la usan, así como una guía para la materia de perforación de pozos de los alumnos que se preparan para ello.

I.- GENERALIDADES

El interés creciente en disminuir los tiempos y riesgos de operación en la perforación de pozos para agua, nos obliga a establecer procedimientos, eficientar sistemas e instalaciones y, programar oportunamente los materiales y herramientas necesarias para la ejecución de los trabajos requeridos.

Con este tema se ha tratado de proveer a las personas íntimamente ligas a este trabajo, un medio rápido y fácil de consulta.

Antes de iniciar el capítulo relacionado con problemas de perforación, se ha creído conveniente tener los conocimientos necesarios de geología especialmente el tipo de rocas a perforar, su permeabilidad, porosidad y el tipo de estructuras primarias y secundarias de cada roca más que su propia naturaleza litológica.

Es por esto, que antes de iniciar los trabajos de perforación se tienen que programar y tomar en cuenta los factores tales como la litología, para así poder elegir el tipo de barrena, el diámetro, el equipo así como las condiciones de operación.

Una parte importante que conforma el equipo de perforación es su columna, ya que esta está compuesta de distintas herramientas y accesorios que son mencionados dentro del equipo de perforación.

En el caso de la barrena, es importante saber como funciona, ya que únicamente lo realiza cuando se encuentra en el fondo, de esta manera hace agujero.

Al final del trabajo se encuentra un glosario, el cual puede ser de gran utilidad, ya que menciona palabras que sólo son utilizadas dentro del lenguaje de perforación.

Se espera que al concluir la lectura de este tema, el estudiante este familiarizado mucho más con la perforación, ya que exige más preparación, profesionalismo y criterio, de esta forma se pueden lograr importantes ahorros a una compañía y que la obra resulte favorable.

II.- CARACTERISTICAS DE LAS ROCAS IGNEAS Y ROCAS SEDIMENTARIAS

ROCAS IGNEAS

Dentro del grupo de las rocas volcánicas, existen materiales de propiedades hidrogeológicas muy diferentes. Algunos acuíferos en terrenos basálticos recientes poseen una de las más altas transmisibilidades conocidas en todo tipo de terrenos, lo que contrasta con el caso de las tobas volcánicas que, aunque poseen porosidades muy elevadas, tienen permeabilidades muy bajas, y con los diques volcánicos, en los que tanto la porosidad como la permeabilidad son muy bajas.

Aunque las transmisibilidades de algunos basaltos y andesitas suelen ser muy elevadas, puede ocurrir que la explotación del agua subterránea de sus acuíferos presente grandes dificultades.

Esto se debe al hecho de que el agua subterránea, al fluir libremente hacia los puntos de descarga natural - constituidos por los cauces de los ríos o por el mar -, puede encontrarse en muchos casos a profundidades demasiado elevadas, o incluso puede llegar a no existir siquiera una zona permanente de saturación.

PERMEABILIDAD Y POROSIDAD

La porosidad de las rocas volcánicas no fracturadas varía desde menos del 1 por ciento en el caso de basaltos compactos, hasta más del 85% en la piedra pómez.

De modo general, puede decirse que los diques volcánicos poseen una porosidad inferior al 5%, que las coladas volcánicas masivas poseen una porosidad inferior al 5%, que las coladas volcánicas masivas poseen una porosidad media comprendida entre el 1 y el 10% y que las rocas volcánicas porosas poseen una porosidad variable entre el 10 y 50%.

Aunque la porosidad de las rocas volcánicas pueda ser a veces muy elevada, su permeabilidad varía muchísimo, en función siempre del conjunto de estructuras primarias y secundarias de cada roca más que de su propia naturaleza litológica. Los diaclasas originadas por enfriamiento, los túneles de lava, las

pequeñas burbujas intercomunicadas, los moldes de árboles, sepultados, las grietas originadas por la resistencia a la deformación plástica de las corrientes de lava parcialmente solidificadas y los espacios huecos que pueden quedar entre 2 coladas superpuestas, son algunos de los factores principales que proporcionan a la andesita y a los basaltos recientes su frecuentemente elevada permeabilidad.

Además de los factores citados que determinan la permeabilidad de estas rocas, existe otra serie de factores que actúan directamente sobre la porosidad, tales como los efectos de la descomposición y alteración meteórica de las rocas.

Los suelos enterrados suelen ser muy frecuentes en las potentes series de lavas superpuestas; estos suelos suelen ser, en la mayoría de los casos, menos permeables que la roca volcánica que los sepulta, constituyendo así horizontes impermeables que dan lugar a la formación de acuíferos colgados.

Cuando existen valles próximos a los focos de erupción volcánica, las lavas suelen correr por su fondo sepultando todas las formaciones aluviales que encuentran a su paso. Cuando estos valles corresponden a extensas áreas de drenaje, pueden existir grandes espesores de grava que, al quedar enterradas, llegan a constituir acuíferos muy importantes. Los ríos que accidentalmente quedaron bloqueados por las corrientes de lava dieron lugar a la formación de lagos cuyo fondo quedo eventualmente colmatado por fangos, arcillas y cenizas volcánicas; estos sedimentos finos así depositados pueden constituir excelentes niveles impermeables que confinan las formaciones aluviales por ellos sepultadas. En el caso de las zonas que han experimentado una intensa actividad volcánica pueden estar representadas en una misma vertical los más complicados tipos de secuencias de materiales aluviales, volcánicos y lacustres.

Cuando se consideran grandes volúmenes de roca, las series volcánicas en las que no existen importantes intercalaciones de formaciones sedimentarias y piroclásticas, suelen poseer una porosidad relativamente baja.

Las formaciones sedimentarias intercaladas entre lavas contribuyen a aumentar considerablemente la porosidad media de los grandes volúmenes de roca volcánica. Bajo circunstancias favorables, estas formaciones sedimentarias proporcionan

grandes espacios vacíos para el almacenamiento del agua subterránea, al mismo tiempo que las rocas volcánicas que las sepultan proporcionan la elevada transmisibilidad necesaria para conducir el agua hasta los pozos de bombeo. El volumen de los depósitos sedimentarios enterrados entre las formaciones volcánicas suelen ser sin embargo muy pequeños.

La permeabilidad horizontal de las rocas volcánicas se debe en su mayor parte a la presencia de los espacios huecos que suelen existir entre 2 coladas de lava superpuestas, mientras que la permeabilidad vertical se debe principalmente al resquebrajamiento de las lavas durante los últimos momentos de su fluidez y a las fracturas de contracción como consecuencia de su posterior enfriamiento.

La permeabilidad vertical de las rocas volcánicas por lo general suele ser muy pequeña en comparación con su permeabilidad horizontal.

La permeabilidad vertical es tan pequeña en muchos casos que en algunas regiones ciertos niveles volcánicos pueden dar lugar a la formación, en una misma vertical, de diversos acuíferos confinados totalmente independientes entre sí. En la perforación de las potentes masas de lava en las que existen formaciones que actúan como niveles confinantes se han encontrado diferencias de alturas piezométricas de unos acuíferos a otros de una misma vertical, superiores a 30 m.

Tanto la permeabilidad como la porosidad de las rocas volcánicas tienden a decrecer lentamente con el tiempo geológico. Parte de esta disminución se debe a la compactación de las rocas; sin embargo el relleno de los espacios nuevos mediante minerales secundarios suele ser la causa más importante.

Hasta aquí hemos hablado principalmente de las rocas basálticas y andesíticas, que tienden a salir en forma de coladas fluidas.

Las lavas ricas en sílice, tales como la riolita y la dacita, son más viscosas que las anteriores y tienden a ser erupcionadas en forma de flujos muy espesos muy poco fluidos y compactos o incluso, más comúnmente, en forma de piroclásticos.

Los piroclásticos inalterados, al igual que los aluviones, poseen porosidades y permeabilidades directamente relacionadas

con el tamaño de los clastos, con la uniformidad de su tamaño y con su grado de cementación.

Cuando la clasificación de los tamaños de los clastos presentes en una misma formación piroclástica es mala y existe al mismo tiempo abundante material fino ocurre que aún manteniéndose elevada la porosidad, la permeabilidad es más bien baja. Las tobas soldadas poseen una porosidad media más bien baja y una permeabilidad baja.

Las rocas piroclásticas son generalmente porosas, aunque no muy permeables. Constituyen una excepción los materiales fracturados en bloques, los materiales complicados situados al pie de los focos de erupción y las tobas que han sido removidos por la acción del agua.

En las zonas de rocas volcánicas, al igual que en los restantes terrenos geológicos, el primer paso a dar en la determinación de nuevos emplazamientos de pozos y en la confección de un plan racional de explotación de las aguas subterráneas de una región es la realización de un reconocimiento hidrogeológico previo de toda la región tan completo como sea posible.

La recopilación de datos sobre caudales y regímenes de los ríos, las medidas de niveles de agua en los pozos, así como los demás aspectos del inventario de datos hidrológicos, deben ser semejantes en todo a los realizaos para cualquier tipo de terreno.

En los terrenos volcánicos suele ocurrir con cierta frecuencia que prácticamente no existan cursos de agua superficial debido a la capacidad de infiltración extraordinariamente elevada de las rocas y del suelo de estas regiones.

Los estudios hidrogeológicos sobre regiones volcánicas deben partir de un reconocimiento, quizás un tanto teórico, de la historia geomorfológica de la región encaminado a determinar el posible emplazamiento de antiguos valles y suelos enterrados, así como otra serie de hechos que ejercen una notable influencia sobre la circulación del agua subterránea.

En algunas zonas los reconocimientos geológicos de superficie pueden llegar a determinar la secuencia estratigráfica de las coladas de lava, lo que servirá para

orientarse de la posible localización de las zonas más permeables del subsuelo.

El reconocimiento fotogeológico de una región, junto con el estudio de sus afloramientos, sirve para determinar las zonas de mayor concentración de diques. Los diques constituyen las principales barreras verticales de las rocas volcánicas jóvenes, frente al desplazamiento horizontal de las aguas subterráneas. Por la acción de fallas verticales, las formaciones impermeables pueden venir a situarse frente a formaciones permeables, dando con ello origen a nuevas e importantes barreras verticales.

Las técnicas geofísicas tienen generalmente una aplicación limitada en el caso de terrenos volcánicos, la principal razón reside en la ausencia de grandes contrastes de susceptibilidades magnéticas, densidades, módulos medios de elasticidad y conductividades eléctricas.

Cuando las rocas volcánicas incluyen depósitos aluviales y otro tipo de depósitos no consolidados, algunos de los métodos geofísicos pueden resultar realmente útiles para la localización de importantes contactos geológicos de interés hidrogeológico. La presencia de dos o tres capas alternantes de aluviones y basalto dificulta extraordinariamente la interpretación de las medidas geofísicas. Los métodos geofísicos de refracción sísmica no suelen ser generalmente útiles por debajo de la primera capa de basalto, ya que ésta desvía la primera señal a todos los geófonos de observación.

Los sondeos mecánicos de reconocimiento hidrogeológico y los pozos de captación se perforan generalmente en este tipo de terrenos por percusión debido a que los flúidos necesarios en la perforación por rotación se pierden al atravesar zonas cavernosas de los terrenos piroclásticos. Las lavas compactas antiguas pueden ser perforadas con cualquier sistema que sea capaz de atravesarlas.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Las arcillas, limolitas, argilitas y otra serie de rocas detríticas de grano sumamente fino, representan aproximadamente el 50% de todas las rocas sedimentarias. Les siguen en importancia las areniscas, luego las rocas carbonatadas y,

finalmente algunos tipos secundarios, entre los que se encuentran los conglomerados, los yesos, las calizas con nódulos de sílex, las tillitas, las sales y las diatomitas. Estos tipos secundarios constituyen menos del 2% de todas las rocas sedimentarias citadas.

El espesor medio de los estratos de las formaciones sedimentarias suele estar comprendido entre unos pocos centímetros y algunos metros. Aunque la alternancia de capas de arcilla, caliza y arenisca suele ser la secuencia estratigráfica más frecuente en las rocas sedimentarias, puede ocurrir que cada estrato individual sea tan potente que los pozos para agua no lleguen a atravesar más que un sólo tipo de roca, a pesar de que puedan alcanzar profundidades superiores incluso a los 100 metros.

POROSIDAD Y PERMEABILIDAD

La mayor parte de las rocas detriticas de grano fino poseen porosidades relativamente elevadas, pero muy bajas permeabilidades, es muy frecuente que las rocas sedimentarias de grano fino constituyan barreras frente al movimiento de agua. En las zonas donde los estratos son casi horizontales las rocas de grano fino suelen actuar como amplios niveles confinantes de los sistemas artesianos.

El gran volumen que ocupan los espacios porosos de la mayor parte de las rocas sedimentarias de grano fino permite el almacenamiento de grandes cantidades de agua.

La porosidad de los sedimentos de grano fino de crece con la profundidad a que se encuentran y, hasta cierto punto, con su edad geológica aunque bien es verdad que estas relaciones no son siempre ni precisas, ni ciertas.

Los fangos finos recientemente depositados poseen por lo general porosidades comprendidas entre el 50 y el 90%; su posterior compactación obliga al agua encerrada en los poros a abandonar el material fino emigrando hacia los lechos contiguos de arenas de tal forma que las nuevas porosidades resultantes a profundidades de algunos cientos de metros vienen a ser inferiores al 50%.

En las areniscas la porosidad total suele variar entre un 5% y un máximo aproximado de un 30%. El volumen de huecos de

una muestra aislada es función de la clasificación más o menos homogénea de los granos que la componen, de su forma geométrica del tipo de empaquetado y del grado de cementación. De todas estas variables la más importante es la cementación. El cemento más común suele ser; arcilla, la calcita, la dolomita y el cuarzo. La cementación primaria puede permanecer prácticamente inalterada, o bien puede llegar a ser selectivamente alterada por efecto de una lixiviación, de tal forma que las propiedades de la roca pueden marcar considerablemente de un punto a otro relativamente próximo.

Las areniscas cementadas con calcita pueden llegar a endurecerse considerablemente en superficie por efecto de una redispersión superficial de la calcita.

El cemento silíceo en las areniscas da lugar a un recrecimiento del tamaño de los granos de arena, pues provoca la fusión de unos con otros, por lo que produce una baja porosidad en esta.

Los minerales de las arcillas pueden estar presentes en el cemento de las areniscas como constituyentes originales, sea como productos de diagénesis.

Las areniscas cementadas no suelen ser generalmente tan consistentes como las demás areniscas. La porosidad total de las areniscas cementadas con arcilla tiende a ser sumamente elevada debido a que la arcilla posee ya de por sí una considerable porosidad.

La permeabilidad de las areniscas suele ser del orden de una a tres veces menor que la permeabilidad de los correspondientes sedimentos no consolidados ni cementados; así por ejemplo, la arena de grano medio posee generalmente una permeabilidad comprendida entre 1 y 30 m/día, mientras que los valores para las areniscas correspondientes de grano medio varían entre 1 mm/día y 0.5 m/día. Algunas veces la diferencia de permeabilidad entre unas arenas y sus correspondientes areniscas es debida a una mayor compactación de los granos en la roca, pero la mayoría de las veces se debe fundamentalmente a la reducción del espacio poroso por la presencia del cemento.

Rocas Carbonatadas

La caliza y la dolomita, las dos rocas carbonatadas más comunes se originan a partir de una gran variedad de materiales sedimentarios, tales como los barros calcáreos, los fragmentos de conchas, los depósitos de talud, las arenas calcáreas, las masas de arrecifes y los restos de pequeños organismos planctónicos.

La porosidad y la permeabilidad originales de muchos de estos sedimentos se modifican rápidamente cuando tienen que soportar el peso de los depósitos suprayacentes, de tal forma que las estructuras sedimentarias primarias apenas se suelen conservar.

Por el contrario cuando las rocas son relativamente impermeables y compactas desde el principio de su deposición y no han sido deformadas por procesos tectónicos posteriores a las estructuras sedimentaria primarias pueden persistir casi indefinidamente.

Los cambios más importantes de la porosidad y de la permeabilidad suelen ser debidos a los procesos de compactación, de disolución del aragonito y de la calcita, precipitación, precipitación de cemento calizo y formación de mineralizaciones de dolomita

La porosidad primaria es relativamente elevada en la mayor parte de las calizas de edad reciente; la permeabilidad, sin embargo, suele ser generalmente baja, excepto en rocas tales como brechas y las lumaquelas en las que los grandes poros no están rellenos con cemento.

Aunque en el caso de las calizas muy antiguas puede haberse conservado una cierta porosidad primaria, existen de todas formas otros tipos de porosidad secundaria más importantes desde el punto de vista de explotación de las aguas subterráneas. Probablemente la mayor transmisibilidad de casi todas las calizas es debida a la presencia de fracturas y grietas ensanchadas por un efecto secundario de disolución por el agua a lo largo de los planos de estratificación y zonas de porosidad primaria. La transformación posterior de la calcita en dolomita da lugar también a la aparición de nuevos espacios porosos de cierta consideración ; si este cambio diagenético tiene lugar después del proceso de litificación de los sedimentos, se produce una reducción del volumen de un 13%

originada por la transformación de la calcita en dolomita esta reducción de volumen se manifiesta mediante la aparición de nuevos espacios huecos en el interior de la roca.

Sin embargo la porosidad primaria de una roca en su conjunto puede ser muy significativo, ya que proporciona el espacio para el almacenamiento de aguas subterráneas que podrán ser cedidas lentamente a otras zonas de mayor permeabilidad.

Las rocas carbonatadas provistas de extensos canales o fracturas de disolución desarrollados preferentemente en una sola dirección, poseen importantes permeabilidades que son altamente anisotrópicas; por esta razón la dirección del flujo del agua subterránea no debe ser deducida de los mapas hidrogeológicos a partir del simple trazado de líneas ortogonales a las isopiezas.

Todas las rocas sedimentarias presentan una cierta estratificación que les confiere al menos una pequeña anisotropía primaria entre las direcciones vertical y horizontal.

En lo que se refiere a la exploración de aguas subterráneas muchas de las secuencias estratigráficas de las rocas sedimentarias de origen marino están constituidas por alternancias de capas calizas y arcillas oscuras.

La importancia de las formaciones-guía para los problemas hidrogeológicos reside en el hecho de que pueden ser utilizadas para fijar la posición estratigráfica de capas menos extensas que ofrecen un interés sea como acuíferos, sea como niveles confinantes. Donde mayor utilidad tienen las formaciones guía en las regiones donde los estratos permanecen en posición horizontal o subhorizontal; en estas circunstancias no es extraordinario que se llegue a conocer la posición estratigráfica de las capas de una región de forma tan precisa que puedan llegarse a predecir las profundidades de unidades litológica principales con un error inferior al 10% esto suele ser preciso en el caso de los niveles calcáreos.

Los depósitos de antiguos cursos de agua, playas y barras costeras forman masas irregulares de areniscas cuya situación exacta es difícil de predecir partiendo únicamente de los afloramientos.

Las areniscas firmemente cementadas, con porosidades y permeabilidades bajas, proporcionan el agua a los pozos a través de sus fracturas. En la localización del agua en las rocas cristalinas de origen plutónico se aplican también los mismos principios-guía que en el caso de las areniscas. Las zonas más favorables para la explotación del agua subterránea suelen situarse a lo largo de zonas de falla y en las regiones profundamente fracturadas.

Los mejores pozos suelen estar emplazados en el fondo de amplios valles y sobre las zonas elevadas planas, más que sobre las colinas y laderas de los valles.

Debe ponerse especial atención en no confundir las areniscas fuertemente cementadas solamente en su superficie con las areniscas que lo están en todo su espesor.

Las primeras a profundidades de 6 metros suelen pasar a arenas no consolidadas o a areniscas muy poco cementadas, que pueden constituir excelentes acuíferos.

En las rocas carbonatadas aunque los estudios estructurales y estratigráficos permiten localizar las formaciones de bancos calcáreos, suele ser siempre difícil predecir los caudales que estas formaciones podrán proporcionar a los pozos.

La presencia en las zonas de estudio de aberturas de disolución, de sistemas de fracturas muy apretados y de fallas, constituyen por lo general un sintoma que permite sospechar la posible existencia de formaciones acuíferas.

En las regiones donde existen bancos muy potentes de calizas o de dolomitas, suelen dar mejores resultados los pozos situados en el fondo de los valles que los emplazados sobre las laderas; contribuyen a esta ventaja el almacenamiento de agua que suele existir en las formaciones aluviales contiguas y la existencia de niveles freáticos generalmente poco profundos.

III.- EQUIPO DE PERFORACION

SISTEMA DE SOPORTE

En el equipo de perforación el sistema de soporte se compone principalmente de la estructura y subestructura.

La estructura, es la torre o mástil que sirve para sostener la herramienta de trabajo. Durante todo el tiempo que la columna de perforación está suspendida por medio de la polea viajera y el cable de acero, la carga completa descansa en el mástil o en la torre. Es una estructura con cuatro patas o pies derechos de soporte que descansan en una base cuadrada. Toda el área de trabajo en el piso está en el cuadrado de la torre. En contraste, el mástil es mucho más débil y puede considerarse como que se asienta en un lado del piso de la torre o área de trabajo. La torre es cada vez mas rara en la actualidad, mientras el mástil se usa más y más con el tiempo, en estos días.

El mástil ha desplazado a la torre por una sola razón: Es más fácil de bajar cuando se termina un trabajo y montarlo cuando se inicia la nueva misión. Es también fácil de transportar con un desmontaje mínimo. La torre normal por otra parte se tiene que erigir pieza por pieza después de la mayoría de los movimientos algunas veces la torre puede montarse en patines, cuando el movimiento de traslado es corto y el terreno está plano; pero en la mayoría de los casos tiene que desmantelarse, moverse y volverse a armar. Tanto los mástiles como las torres pueden medir desde unos 29m de altura hasta 41 m.

SUBESTRUCTURA

Tanto el mástil como la torre descansan en una subestructura y ésta sirve para proporcionar un soporte en el piso y en el área de trabajo, y para la mesa rotaria y todo el equipo en el piso. También sirve para elevar el espacio de trabajo y la mesa rotaria, lo suficientemente arriba del terreno circunvecino, con objeto de que se pueda instalar debajo del piso equipo apropiado para control de presión tal como el cuerpo de preventores.

La subestructura no solamente soporta la mesa rotaria, sino también la columna de perforación, cuando está suspendida por las cuñas. También soporta una columna de tubería de ademe cuando la tubería de ademe se esta corriendo dentro del agujero por medio de una araña que descansa, ya sea en la rotaria o en los largueros apropiados de la subestructura. Los modelos para trabajo pesado de mástiles y subestructuras que se están usando actualmente, pueden tener una capacidad de cerca de un millón de libras. Por supuesto que hay otros para trabajos más ligeros, así como otros para trabajo pesado pero probablemente los que más se usan en la actualidad tendrán una capacidad superior al medio millón de libras.

La torre y la subestructura soportan el peso de la columna de perforación constantemente. Esto es cierto, ya sea que este suspendido de la polea de la corona o descansando en la mesa rotaria.

La razón de la altura de la torre no está relacionada con su capacidad de resistencia de peso. La polea de la corona está lo suficientemente elevada arriba del piso de la torre para permitir el retiro y almacenamiento temporal de la tubería de perforación.

SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz es el conjunto de los diferentes motores para el trabajo del equipo que pueden ser combustión interna, eléctricos y una combinación de eléctricos y combustión interna.

En un tiempo se utilizó el vapor como potencia para los equipos rotarios de perforación pero ahora ya desapareció como fuente de energía en la industria. Por algunas décadas el vapor era la única fuente de poder, al menos hasta 1930.

Todavía se construían equipos de perforación movidos mediante vapor, de tal manera que se improvisaban las calderas para que los equipos alcanzaran grandes profundidades.

Una de las principales causas de la desaparición del vapor fue el gran incremento económico del gas. Antiguamente en donde el mercado de gas era limitado, casi no costaba nada a los que lo consumían en grandes cantidades.

Esto por supuesto se refiere a la potencia mecánica. Que a la vez es suplida por máquinas de combustión interna y después por potencia eléctrica. También aquellos equipos que frecuentemente utilizan potencia eléctrica, derivan su energía por generadores, los cuales a la vez son accionados por máquinas diesel.

Los equipos más grandes usados actualmente en localizaciones costa fuera y en otras localizaciones lacustres son por lo general, accionados por máquinas diesel, ya sea en forma directa o a través de generadores para proporcionar la corriente directa o alterna a los motores eléctricos, que a la vez dan la potencia a la demás maquinaria.

Las otras máquinas de combustión interna, que generalmente accionan la maquinaria del equipo a través de transmisiones compuestas, están integradas de buen número de máquinas diesel, de equipos de gas butano y de gasolina.

Dependiendo de la capacidad del equipo para la cual está diseñado, el caballaje puede variar desde 500 HP o menos hasta 3000 o más HP.

La transmisión compuesta, transmite la potencia de las máquinas al malacate, bombas y, la rotaria que pueden estar arregladas en cualquier forma dependiendo de la preferencia del que esté a cargo del equipo. La carga más pesada en cualquiera de los equipos, la que se aplica cuando se saca o mete tubería ya sea de ademe o T.P.

MAQUINAS DE COMBUSTION INTERNA

La construcción de máquinas compactas de combustión interna ha aumentado grandemente la movilidad de las torres de perforación. Existen dos tipos de máquinas de combustión interna, las máquinas que utilizan gasolina y las que utilizan diesel.

Una diferencia entre estos dos tipos de máquinas es que una máquina diesel es más costosa que una de gasolina, de capacidad similar.

Las máquinas diesel se usan en toda la industria de la perforación por que son más resistentes, tiene un menor consumo de combustible y trabajan con gran economía a baja carga.

Las máquinas diesel se clasifican por la potencia neta al freno (caballos de fuerza útil), que pueden generar continuamente cuando se encuentran en buenas condiciones de operación. La clasificación tipo estándar debe ser tal que la máquina genere un 10% en exceso de la capacidad durante dos de cada 24 horas de operación con temperaturas de trabajo dentro de los límites de seguridad.

La cantidad de combustible que se consume en cada carrera de fuerza de una máquina diesel está gobernada por la inyección del combustible.

Para que se quemé el combustible se requiere un suministro de oxígeno (aire) y como la cantidad de aire que puede entrar al cilindro es más o menos fija, es muy posible inyectar un exceso de combustible al cilindro. Cuando ésto ocurre los gases de salida se oscurecen con los productos de la combustión incompleta. Por lo tanto, el color de los gases de escape suministra un índice seguro de la eficiencia de la combustión.

Las máquinas diesel ordinarias que se emplean en los campos petroleros, usan un destilado de corte intermedio no volátil como combustible; este combustible es mucho más barato que la gasolina.

Las máquinas diesel pueden adaptarse para quemar gas natural en vez de aceite diesel, lo que produce economías de consideración en las áreas donde abunda el gas natural.

ENERGIA ELECTRICA

La energía eléctrica puede proyectarse para ofrecer la flexibilidad requerida en las operaciones de perforación de pozos profundos.

Para adaptarse a éstos la energía eléctrica debe garantizar:

1. Una fuente de energía segura.
2. Una variedad muy amplia de características

3. Una fuente de energía que esté en condiciones de competir, considerando todos los factores con otras energías disponibles

La fuerza eléctrica, es producida por un generador que mueve motores eléctricos que a su vez suministran la fuerza para operar las bombas de lodo, malacate, mesa rotaria y equipo auxiliar.

Debe de contarse con una fuerza para mover el generador, y normalmente ésta es suministrada por una máquina de combustión interna, o en muy raras ocasiones por energía eléctrica comprada.

SISTEMA DE IZAJE

El conjunto de poleas que permite sacar o meter la herramienta de perforación en el agujero se le llama sistema de izaje que se compone de malacate, poleas fijas, polea móvil, gancho y elevadores.

EL MALACATE. El origen de la palabra "Malacate" no se conoce. Es el mismo tipo general de mecanismo que se conoce comunmente en otras industrias como cabrestante.

Pero cualesquiera que sea su origen, el propósito del malacate es sacar y meter tubería en el agujero, y la sarta también puede ser de tubería de revestimiento.

Un cable es amarrado al tambor que va al gancho que proveerá la potencia necesaria para levantar y bajar la polea viajera con la carga de tubería.

Una cosa esencial del gancho es el sistema de frenado, que le da una manera fácil al perforador de controlar las cargas que pueden ser de miles de libras, ya sea de tubería de perforación o tubería de revestimiento.

En casi todos los equipos, existen al menos dos sistemas de freno, uno es mecánico que dará a la carga una frenada total. Y el otro es el freno auxiliar que puede ser hidráulico o electromagnético, que permite controlar la velocidad de descenso de una polea viajera con carga, pero que no es capaz de dar un frenado total.

Una parte integral del malacate, es un sistema de velocidades que le da el perforador la ventaja de trabajar a diferentes transmisiones su gancho de tubería.

Casi todos los malacates tienen más de cuatro velocidades y como mínimo cuatro.

Generalmente tiene un engrane maestro que da el poder a la mesa rotaria con la ayuda de una cadena "HEAVY DUTY", existen también otros tipos de mesas rotarias, independientes cuya fuente de energía proviene de un motor exclusivo por medio de un eje.

El freno auxiliar que se usa con más frecuencia, es el freno hidráulico o "hidromático". Existen dos o más tipos de frenos auxiliares eléctricos. Otra parte del malacate es el retorno de apriete que son dos. El segundo retorno es el que se encuentra en el lado contrario del perforador para desenroscar la tubería, tanto el retorno de apriete como el de desenroscar son utilizados para su labor con un cable de manila.

SISTEMA DE ROTACION

MESA ROTARIA

La mesa rotaria es la pieza distintiva de un equipo rotario que le da el nombre al equipo. Antes de que se introdujera este tipo de equipo de perforación, era de uso universal el tipo de herramienta de percusión de cable. El equipo rotario imparte a las herramientas de perforación el movimiento de rotación y la variedad del equipo que hace esto es la mesa rotatoria, llamada rotaria.

La mesa rotaria es una máquina sumamente reforzada y muy elemental o primitiva, que se distingue en especial por su capacidad para soportar castigo y dar un servicio duradero.

Opera por medio de bujes impulsores, hace girar la barra y por medio de ella a la columna de perforación y la barrena. Tiene también otras dos funciones:

1. Sirve como mesa de apoyo para las cuñas, cuando se está metiendo o sacando tubería en el agujero. En otras palabras, la mesa rotaria soporta las cuñas que sostienen la columna de perforación, cuando el gancho y los elevadores no están enganchados a ella.

2. La mesa rotaria se usa para desenroscar las uniones de tubería, cuando se está sacando la tubería del agujero.

Dos aspectos anticipados de interés en relación con la mesa rotaria son el mecanismo de transmisión y el tablero de instrumentos que están frente al perforador.

El mecanismo de transmisión de la rotaria, consiste de un impulsor giratorio de rueda dentada y cadena. La rueda dentada

del impulsor giratorio es parte del malacate. Sin embargo, un motor independiente se usa también en muchos equipos con una transmisión directa a la rotaria. En esos casos, este impulsor trabaja por medio del uso de una flecha en lugar de cadenas y ruedas dentadas.

LA FLECHA O (KELLY)

El extremo superior de la columna de perforación termina en la unión de tubería más alta, ésta se enrosca en la unión auxiliar de la barra giratoria (kelly).

Este es un accesorio corto de conexión que se enrosca en la parte interior de la barra. Es común que la rosca de la parte inferior de la unión auxiliar se acople temporalmente con la rosca correspondiente a la parte superior de cada tramo de tubería que es agregado a la columna. La unión auxiliar disminuye el desgaste en la rosca de la barra. Cuando se desgastan las roscas de la unión auxiliar es necesario reponerla y si esto no es posible se le hace una nueva rosca, logrando con esto salvar las roscas de la barra.

La flecha o kelly mide más o menos 40 pies de largo, puede ser cuadrada o hexagonal en el exterior. Está taladrada a través de toda su longitud para suministrar un paso para el fluido de perforación, la superficie exterior se engancha en superficies correspondientes cuadradas o hexagonales en el buje impulsor.

La rotaria activa el buje impulsor, el que a su vez hace girar la barra. La barra se mueve libremente hacia arriba o abajo a través del buje impulsor, aun cuando este último esté girando.

Los mejores bujes están equipados con baleros de rodillos con el objeto de facilitar el deslizamiento del kelly por la boquilla. Para usarse con tubería de perforación calibre dos, que se integra con tramos de unos 9 m de acoplamiento, se fabrican los vástagos con una longitud de sección cuadrada (longitud libre) de 10.5 m; y la longitud total incluyendo las secciones redondas de los extremos en los cuales se encuentran los acoplamientos es de unos 12 m. De los 10 m de sección cuadrada, unos 60 cm entran en la boquilla rotaria. La longitud original de las secciones redondas de los extremos del kelly permite hacer roscas nuevas cuando se han gastado las del acoplamiento de fábrica.

Se usa entre el kelly y la unión superior de la tubería de perforación una sección de reemplazo que protege el vástago. El uso de esta corta sección elimina la necesidad de desenroscar el extremo inferior del kelly durante las operaciones de perforación y así evita el desgaste de la rosca en su unión. El acoplamiento del protector del vástago deberá ser menos resistente que el acoplamiento del kelly.

Este arreglo protector hará que si ocurre una falla ésta sea en el reemplazo y no en el kelly.

Este economizador también provee un espacio para montar un protector de hule que evitará que el kelly golpee contra el interior de la tubería de revestimiento, de modo que se evita el desgaste de ambos.

Los grifos del kelly son secciones cortas que contienen una válvula que se puede cerrar manualmente. Están colocadas entre el kelly y la unión giratoria. El uso de estas válvulas permite cerrar la parte superior de la tubería de perforación cortando el flujo por el interior de ella.

UNION GIRATORIA

La unión giratoria es uno de los mecanismos más notables en los equipos de perforación. En realidad la articulación no gira pero soporta la barra que sí gira. La carga completa de la columna de perforación es sostenida por la articulación o swivel, por lo regular siempre que se está progresando en la perforación.

Otro de los atributos de la unión giratoria es que cuando el fluido de perforación circulante se introduce dentro del pozo a través de la articulación tomando en cuenta de que este fluido puede estar a una presión que excede las 1500 psi. (libras por pulgada cuadrada). El fluido entra por el "cuello de ganso", pasa por el tubo lavador, un tubo vertical en el centro del cuerpo de la articulación y así, dentro de la barra y la columna de perforación.

Por lo tanto, la articulación es un cuerpo estacionario que soporta una carga giratoria de muchas toneladas, mientras proporciona un conducto para una corriente de alta presión de fluido de perforación, que pasa, de una conexión estacionaria a la columna de perforación rotatoria.

Las uniones giratorias desempeñan tres funciones:

1. Sujetar el kelly y tubería de perforación.
2. Permitir la rotación libre del vástago de transmisión y de la tubería de perforación.
3. Suministrar una conexión para la manguera reforzada para inyectar el lodo al vástago de perforación por medio de un acoplamiento giratorio por el que se inyecta a través de la tubería de perforación hasta el fondo del pozo.

En consecuencia las principales partes componentes de la unión giratoria son una chumacera de empuje de alta capacidad, que a menudo es del tipo de balero de rodillos y un sello giratorio para el fluido que consiste de anillos de hule o fibra, y anillos metálicos que forman un sello contra el miembro giratorio dentro de la caja.

El sello de fluido está arreglado de modo que el lodo de perforación abrasivo y corrosivo no se ponga en contacto con los baleros.

La unión giratoria está suspendida de su asa del gancho de la polea viajera. La entrada de fluido en la parte superior de la unión es un tubo sumamente curvado que se llama cuello de ganso que proporciona una conexión dirigida hacia abajo para la manguera. De esta manera la manguera queda soportada entre la parte superior fija de la caja de la unión y el tubo de unión que se extiende hacia arriba de la torre y comunica con la bomba de lodo.

El extremo inferior de la parte giratoria de la unión tiene rosca izquierda del tipo de acoplamientos API.

Puesto que los requerimientos de capacidad de carga los fija en gran parte el peso de la tubería de perforación, las torres capaces de operar en perforaciones profundas requieren uniones giratorias de mayor capacidad que los equipos usados en perforaciones poco profundas.

TUBERIA DE PERFORACION Y LOS LASTRABARRENAS (D.C.)

Colectivamente los lastrabarrenas o drillcollars y la tubería de perforación con sus valores de conexión, forman la "columna de perforación".

Las principales funciones de la columna de perforación son:

1. Es el medio que hace posible bajar la barrena dentro del agujero y de sacarla. No importando que tan profundo pueda penetrar esta en el proceso de hacer agujero, debe llevarse a ese punto con la columna de perforación.
2. Es el medio de poner peso en la barrena para que pueda penetrar en la formación de una forma más efectiva. Este peso lo suministran los lastra barrenas (Drill Collars).
3. Es el medio de transmitir el torque a la barrena para "girarla hacia la derecha", en este sentido la columna perforación es una flecha impulsora, movida por la mesa rotaria.
4. Conduce el fluido de perforación a presión desde la superficie hasta la barrena. Vista en esta forma la columna de perforación es un conducto o una tubería.

Hasta aquí, la columna de perforación es probablemente la parte de un conjunto de perforación, que establece un límite a la profundidad a la cual se puede perforar un pozo.

La columna de perforación (algunas veces llamada sarta de perforación) está compuesta por la tubería de perforación y los drill collars, además de ciertos accesorios que se usan comúnmente mientras se está perforando aunque no se requieren siempre en cualquier situación.

Estos incluyen estabilizadores, escariadores substitutos y amortiguadores.

Capacidad de servicio del tubo de perforación: La cual está vista en tres puntos principales.

Resistencia al colapso. La tubería de perforación se somete a la prueba más seria de resistencia al colapso, por regla general, al hacer una prueba de la sarta de perforación. Suponiendo que la herramienta de prueba que se corre al fondo de la sarta de perforación y que no hay fluido de perforación dentro de la tubería. Si se supone que el fluido de perforación en el exterior de la tubería ejerce una presión de 0.0703 kg/cm^2 por cada 0.6096 m de profundidad. La presión exterior se ejerce uniformemente sobre la superficie exterior de la tubería en el nivel que se va a probar. Una prueba de la sarta de perforación (DST) a 3657.6 m , podría dar por resultado una presión exterior de colapso de 6000 psi (421.8 kg/cm^2) en el tubo.

Resistencia a reventarse. En este problema vemos el reverso de la moneda, de lo que se acaba de tratar. La presión de la bomba más la altura hidráulica del líquido que está dentro de la tubería de perforación, tenderá a reventar la tubería. Esto se contrarestará hasta cierto punto por la altura del líquido en el agujero que está fuera de la tubería.

Resistencia a la carga: Si consideramos una columna de perforación suspendida en el aire cerca de 15000 pies (4572 m) de tubo API de grado D, sería la columna más larga que soportaría su propio peso. En el caso del grado E, una columna de aproximadamente 20000 pies soportaría su propio peso. Otros grados de alta resistencia a la tensión como son X-95, G-105 y S-135, permitirán que una columna en exceso de 25000 pies alcance esa longitud antes de que se rompa por su propio peso.

Todas estas cifras se reducirán cuando se agregan lastrabarrenas en el fondo de la columna.

Por otra parte, la columna de perforación generalmente se suspende en lodo de perforación, el desplazamiento del lodo reducirá el esfuerzo a la tensión en la tubería en una cantidad igual al peso del lodo desplazado.

Este efecto de flotación variará en proporción directa con la densidad del lodo en el que esté suspendida la tubería. Si el fluido que se está usando en una perforación es aire o gas la flotación se reduce casi a cero, ya que la tubería estará de hecho suspendida en el aire.

Las siguientes notas indican algunos de los modos en que una operación de perforar puede afectarse por cargas de esfuerzo impuesto a una tubería de una sarta de perforación.

- 1.- La resistencia de una tubería de perforación a reventarse o al colapso se reduce por la tensión.
- 2.- La capacidad de profundidad final de un equipo la determina en gran parte este factor; de ahí las expresiones tales como la capacidad de este equipo es de 12000 pies con tubería de perforación de 4 ^{1/2}".
- 3.- Las unidades motrices, malacates, frenos y la torre o mástil y la subestructura se seleccionan para hacer juego con la longitud anticipada de la columna de perforación y su peso.

Resistencia a la torsión

Esta propiedad es importante pero menos crítica que algunas de las otras. Se refiere a la resistencia de la tubería de perforación a que sea "torcida" por la rotaria, mientras la perforación se está ejecutando. La mayoría de las fallas de tubería por estas condiciones, que en ciertos tiempos se llamaron "roturas o fallas por torsión", se debían a otras causas.

Actualmente se cree que por lo general, cualquier tubería que "se tuerce" con la rotaria ya estaba debilitada hasta el punto de peligro debido a otros factores.

Al estudiar las propiedades de la tubería de perforación y al presentar datos relativos a ella, la referencia que se hace generalmente es del cuerpo de la tubería en sí más bien que respecto a las juntas entre dos tramos de tubería. Esto se observa en la tabla de tubería de perforación. El estudio de los extremos de tubo y de las juntas de varias clases se hace por lo general separadamente.

Características principales

El extremo superior de la tubería de perforación está soportada por el vástago de transmisión Kelly durante la perforación.

La tubería de perforación de uso común está laminada en caliente y taladrada sin costura, grado D de API con una resistencia al esfuerzo de 3876 kg/cm^2 y el grado E de tubería de perforación tiene una resistencia al esfuerzo de 5285 kg/cm^2 y también se puede obtener de acero más resistentes.

La tubería de perforación más usada es la de clase 2, que tiene una longitud promedio de 10 m por tramo de tubería. Al agregarse los acoplamientos de tubería da una longitud promedio de 10.30 m por cada tramo.

Los tramos de tubería se unen entre sí por medio de uniones de herramientas, lo que significa que una de ellas cada 10.30 m de intervalo en toda la longitud de la columna, la mitad macho de la unión se fija a un extremo de un tramo de tubería y la otra mitad a otro extremo de otro tramo.

La tubería ordinaria ha demostrado que no sirve para perforaciones y cuando se ha fabricado con mejor acero ha fallado en las conexiones enroscadas. Aumentando el espesor de los extremos para compensar por el metal removido al hacer la rosca se logró una solución parcial.

En tubería con espesor aumentado por dentro, se reduce el diámetro interior del tubo y cuando se refuerza hacia afuera y hacia adentro, se logra mayor espesor de los extremos del tubo, tanto disminuyendo el diámetro interior como aumentando el exterior. Las roscas de dimensiones ordinarias no resisten constantes aflojadas y apretadas que se requieren en viajes completos que son necesarios para cambiar barrenas gastadas. Por lo tanto, las roscas de las uniones de herramientas que son grandes y maquinadas, se cortaron en secciones cortas de acero

de aleación con diámetro exterior suficiente de 150 mm o más para acomodar esas roscas. Estas secciones cortas de aleación acero fueron luego enroscadas en su otro extremo de modo que a su vez, pudieran enroscarse en el extremo reforzado de la tubería. Se ha logrado un funcionamiento satisfactorio ajustando estrechamente la unión de la herramienta a la tubería soldando una pestanía alrededor del extremo de la unión para que quede firmemente en la tubería.

Las uniones de herramientas están sujetas a desgastes por rozamiento en su superficie exterior, pues invariablemente rozan contra las rocas de la pared del agujero. Soldando pestañas de material de superficie dura alrededor del exterior de las juntas de herramientas, a menudo aumenta su duración al doble.

Juntas de tubería

En cualquier columna de perforación el costo de las uniones es aproximadamente en 15% mayor al costo de la tubería de perforación en la columna. Este hecho por si solo, es razón para que el personal aprecie las uniones de tubería y su cuidado. El resto de la historia es que cuando la junta de tubería falla, el equipo está en dificultades, que puede ir desde la necesidad de que se haga un trabajo de pesca, hasta la magnitud de abandonar el pozo.

Las juntas de tubería se especifican para hacer juego con ciertos tipos de extremos de tubo a los cuales se van a unir, esto es tamaño nominal, estilo y peso nominal del tubo.

Es necesario tener presente que, aparentemente ciertos piñones no entran en las cajas de las juntas de tubería; Por este motivo, es importante que se pueda obtener y aprender a usar la regla identificadora de juntas, con el que pueda verificar las dimensiones de las juntas de tubería, sus roscas, y evitar el error de tratar de acoplar conexiones diferentes. Lo anterior hace importante tener en cuenta ciertas medidas preventivas.

Mantenimiento de juntas de tubería

Uno de los problemas más difíciles en relación con las juntas de tubería, se eliminó cuando los métodos común y corrientes de unir la junta al tubo se mejoraron, ya sea con la soldadura por fusión de las juntas de tubería o el uso de conexiones de doble sello roscadas.

Este sólo cambio, eliminó prácticamente los escurrimientos por la rosca, que causaban problemas cuando las juntas de tubería se enroscaban al tubo por medio de una rosca común de tubería, como para que se necesite vigilar constantemente por parte de la cuadrilla de perforación. Mucho puede hacer la cuadrilla para mitigar este problema. Un resumen breve de estas medidas preventivas y de remedio incluye los siguientes 10 puntos:

- 1.- Proteja las roscas y hombros (topes).
- 2.- Evitar acoplar una rosca dañada a una buena.
- 3.- Conserve las roscas limpias.
- 4.- Lubrique las roscas.
- 5.- Evite correr tubería chueca.
- 6.- Evite demasiado par de torsión, mientras perfora.
- 7.- Repare los pequeños daños visibles en los hombros (topes).
- 8.- Aplique bandas de metal duro al exterior de las cajas.
- 9.- Aplique el torque correcto al armar.
- 10.- Tenga cuidado con el movimiento.

Manejo y movimiento de la tubería de perforación

es muy posible que las juntas de tubería se dañen, tanto al estibarse, moverse y almacenarse, como en la rotación efectiva en el agujero. Un pequeño daño inicial que pueda ocurrir en las juntas mientras están fuera del agujero, pueden finalmente convertirse en una falla total y ser la causa de que descarten las juntas antes de tiempo.

Hay un cierto número de cosas que puede hacer la cuadrilla para evitar que se descarte prematuramente una sarta de tubería y sus juntas. Si la cuadrilla deja sin hacer estas cosas, fallará. La cuadrilla deberá hacer esfuerzos especiales para tener cuidado con lo siguiente:

- 1.- Cuando se está acostando tubería para un traslado, lave el piñón y la caja en sus roscas completamente, sobre todo si la columna se ha expuesto a condiciones salitrosas.
- 2.- En el estante de tubería y en el camión se deberán usar pedazos o tiras de madera (o partes de desecho de cable) para separar las hileras de tubos, asegurándose de que sean lo suficientemente gruesas para mantener los piñones y las cajas libres.
- 3.- Use protectores de roscas en los piñones y cajas. Verifique que estén apretados.
- 4.- Use espaciadores para proteger y soportar las hileras de tubos en tres lugares a lo largo de los tramos en cada extremo y en medio.
- 5.- Al descargar tuberías, evite que las juntas de tubería choquen o golpeen con otros tubos o metales de otras clases, al deslizar el tramo por la rampa.
- 6.- En las operaciones de carga, descarga de camiones y manejo, evite dejar sin soporte toda la longitud del tubo. También evite arrastrarlo a través de superficies que sostendrían el tubo solamente en un lugar.

Drill Collars

Una sarta de drill collars, (también llamado "lastrabarreras") desde dos o tres en algunas áreas hasta diez veces esas tantas en otras, tienen dos tareas que desempeñar.

- 1.- Poner peso en la barrena.
- 2.- Evitar dificultades.

1.- Peso en la barrena

La cantidad de peso que se requiere en la barrena, depende de la clase de formación que se esté perforando, el diámetro del agujero, la clase de barrena que se use, la tendencia del agujero a desviarse y algunas otras variables más.

Cada lastrabarrena según las normas API es de 9.144 pies de longitud.

Su diámetro exterior es tan ajustado o cercano al del agujero como sea posible, generalmente de una pulgada. El diámetro interior o calibre, es lo suficientemente grande para permitir la circulación con la menor caída de presión que sea posible.

Cuando se conocen las dimensiones, el peso de las lastrabarrenas o drill collars lo suministran las tablas de los fabricantes para determinar el peso deseado.

A todos los perforadores les gusta escoger más lastrabarrenas (drill collars) que el número requerido para poner en la barrena el peso exacto deseado. El asunto es: ¿cuántos más? Esto es cuestión de preferencia y juicio.

Los drill collars "pesan menos en el lodo que en el aire, debido a la flotación del lodo, entre más pesado sea el lodo, habrá más flotabilidad". Se escogen drill collars adicionales para contrarrestar la flotación. Algunos dicen que 50% más del número requerido para compensar el efecto del lodo.

Algunos dicen que se ignoren la flotabilidad y se escojan cerca del doble del peso en forma de drill collars, o de que digan los cálculos que es necesario para dar peso a la barrena al valor deseado.

En la práctica el Ing. de perforación, escogerá tantos drill collars como piensen que son necesarios, siempre que tengan acceso a tantos. Todos están de acuerdo en que el peso total deberá exceder de aquel que sería necesario para dar peso a la barrena, sin el peso suministrado por la columna de perforación.

"Pesara" los lastrabarrenos (drill collars) en el indicador de peso y basado en su experiencia, decidirá lo que sea casi correcto. El peso registrado de un día, puede que sea mucho más que lo que pesaran los drill collars unas semanas más tarde, si la perforación es en formaciones duras y abrasivas.

Evitar dificultades:

La facilidad con la que una sarta de lastrabarrenas se "metía en dificultades", dio por resultado una gran cantidad de estudios en los años más recientes. Esto, a su vez, resultó en una gran mejora calculada para mantenerlos fuera de dificultades.

Entre las mejoras encontradas están:

- 1.- Diseño mejorado de roscas y juntas
- 2.- Ranuras espirales para evitar que se pegaran los drill collars, debido a la presión diferencial a través de la pared del agujero en formaciones permeables
- 3.- Drill collars cuadrados, para disminuir las tendencias de los agujeros torcidos en algunas áreas.
- 4.- Uso de estabilizadores.

Tamaño de drill collars

- 1.- Los drill collar se surten en los tamaños y dimensiones que que especifica la API (American Petroleum Institute).
- 2.- Propiedades Físicas. Las propiedades físicas de los lastrabarrenas una vez manufacturados, no deberán ser menores que los valores mínimos permitidos por la API.
- 3.- Diámetros interiores. Todos los diámetros interiores de los lastrabarrenas deberán ser calibrados con un mandril para interiores, de 3041 m de largo. Este mandril deberá tener un diámetro mínimo igual al diámetro interior que se especifica para los drill collars (normales u opcionales) menos 1/8 pulgadas.
- 4.- Conexiones. Los drill collars se surtiran con las conexiones piñón y caja en los tamaños y estilos estipulados por la API.

apenas cortados unos metros la formación cambia y la barrena ya no resulta adecuada.

El perforador debe ser suficientemente hábil, para reconocer estos problemas y tomar la decisión correcta.

CONSIDERACIONES BASICAS EN LA RELACION DE UNA BARRENA

Hay muchas variables en el trabajo que realiza, una barrena con respecto a cualquier formación todas ellas se resuelven con aspectos de economía.

DURABILIDAD.

El gasto más fuerte en el uso de las barrenas es el viaje redondo para cambiarla y poner una nueva en el fondo. Así la selección de la barrena adecuada es básica para que ésta dure haciendo la mayor cantidad de agujeros.

TIPO DE FORMACION

El saber cual es la barrena adecuada a usar en los diferentes tipos de formación, es muy importante, ya que los diferentes tipos de rocas sedimentarias requieren que se les apliquen diferentes pesos.

El cargar más peso sobre la barrena hace posible perforar más rápido, desde luego manteniéndose en los límites adecuados, sin embargo, también se originan más desviaciones, a menos que la barrena y los drill collars estén estabilizados correctamente.

Cuando las formaciones están inclinadas y la formación está compuesta por capas alternadas suaves y duras, el no usar estabilizadores origina fuertes desviaciones, aun cuando se cargue poco peso.

El mejor camino para perforar un agujero recto, es usando estabilizadores convenientemente colocados y drill collar del mayor diámetro posible, esto evitara que se formen "patas de perro" o que haya quiebres pronunciados que pueden producir pegaduras de tubería o impedir correr la tubería de revestimiento (casing).

Auxiliares de la columna de perforación

El propósito de la columna de perforación, es transmitir torsión desde el kelly a la barrena, proporcionar peso a la barrena y un pasaje para la circulación del fluido de perforación.

Existe una gran cantidad de herramientas que podrían llamarse parte de la columna de perforación, ya que desempeñan las 3 funciones antes mencionadas. Sin embargo, la mayoría de éstas tienen un propósito principal diferente de estos tres. Por lo tanto, no encajan como partes de la columna de perforación.

Otras herramientas son verdaderos auxiliares, por que ayudan a la columna de perforación a desempeñar sus funciones principales. Se estudiarán:

Substitutos:

El sustituto del barretón está en la parte más alta o superior de la columna de perforación, conectándola al barretón. Cuando su piñón está desgastado o dañado, se quita y se reponen con otro nuevo; esto salva las roscas del barretón. Es una buena idea tener siempre uno nuevo a mano, para evitar demoras y para no tener que usar uno dañado. El piñón de este sustituto se acopla a las cajas de la tubería. Los sustitutos de enlace se usan para hacer conexiones entre las juntas de tubería que tienen diferentes roscas, entre juntas de tubería y drill collars, entre juntas de tubería y herramientas de pesca, entre drill collars que tengan diferentes clases de roscas de conexión, etc. Una gran variedad de sustitutos de enlace, se pueden conseguir como piezas o artículos normales. Cuando las piezas normales no pueden hacer el trabajo, se deben hacer en el taller sustitutos especiales hechos a la orden para enlace, para resolver el problema en particular.

Los sustitutos de enlace pueden ser caja y piñón, doble caja o doble piñón.

Herramientas de Drill Collars:

Para manejar el drill collars en la superficie, hay sustitutos de levante y nipples elevadores. Estos no se corren en el

agujero pero hacen más fácil y seguro el manejo de pesados drill collars, en el piso de la torre. Cuando se usan estos es esencial que estén bien enroscados y apretados en la caja del drill collars y que tengan las roscas correctas para acoplarse a esa caja.

Substitutos y elevadores:

Tanto en los hombros de 90° o "cuadrados", como los de cuello de botella" o de 18°, son normales en las cajas de drill collars. Si se va a usar un substituto es necesario tener igualados los hombros del mismo con los elevadores. Esto algunas veces ahorra el tener que cambiar los elevadores.

La mordaza de seguridad es una pieza que se requiere para manejar los drill collars sobre el agujero. Aquí nos volvemos a encontrar con la necesidad de que se haga un enrosque cuidadoso de la tuerca o rosca. Cuando no se está usando la mordaza, se deberá conservar en un lugar seguro libre de daños.

El substituto amortiguador

Este es un dispositivo especial cuya función principal es conservar y prolongar la vida de la columna de perforación, fundamentalmente de los drill collars. Todo el torque y todo el empuje hacia abajo, se ejerce entre la columna de perforación y la barrena a través de un elemento de hule. Perforando en roca dura, cantos rodados, en domos cavernosos y en situaciones similares, ocurre que la columna de perforación salte y pueda afectar el buen estado de la tubería. La rotaria tiene que correr lentamente para mantener bajo control estos saltos.

El substituto amortiguador, está diseñado para permitir la perforación normal sin someter la columna de perforación y la herramienta giratoria a los saltos perjudiciales.

SISTEMA DE CIRCULACION

Una de las partes principales de un equipo de perforación es lo que se llamaría sistema de circulación de lodo.

Además de que es necesario en un equipo de perforación rotatoria para hacer circular un fluido a través de la tubería de perforación y alrededor de la barrena entre la sarta y el espacio anular, ya sea de agujero franco o tubería de revestimiento.

El propósito principal de la circulación es el de lubricar y enfriar la barrena, mediante el fluido de perforación y también mantener limpio el espacio donde trabajará la barrena, además de mantener las paredes del pozo estables para que no se derrumben.

En forma tradicional y convencional, el medio circulatorio del fluido se basa en agua en algunos casos. En otros casos se basa en aceite y con la posible combinación de algunos aditivos químicos en algunos casos para los dos.

Lo último que se ha usado en fluido es gas o aire comprimido, bajo ciertas condiciones favorables. Cualquiera de estos dos también se puede usar.

Cuando se usa como fluido en líquido, es muy común que se usen bombas para forzar al fluido a través de la unión giratoria y después a través de la sarta de perforación, y de ahí al regreso a la superficie y posteriormente a la presa de lodo. La primera presa es de asentamiento, en donde los cortes hechos por la barrena y acarreados por el fluido a la superficie se asientan antes de que el lodo sea recirculado, pasando este lodo a una presa de succión donde es succionado por la bomba y regresado al pozo.

Cuando el flujo circulante vaya a ser aire o gas, especialmente cuando vaya a ser aire, se utilizará compresor en lugar de bomba, y claro está que no se necesitarán presas ni tanques de almacenamiento.

Cuando se usa gas, en lugar de aire, se circula a través del sistema y se quema a su salida del agujero.

Generalmente el sistema de circulación está formado por:

- 1.- Presas de lodo (asentamiento, tratamiento y succión).
- 2.- Conexiones superficiales.
- 3.- Bombas de lodos.
- 4.- Manguera.
- 5.- Unión giratoria.
- 6.- Flecha o kelly
- 7.- Tubería de perforación.
- 8.- Barrena
- 9.- Espacio anular
- 10.- Línea de flote
- 11.- Mallas vibrátiles

PRESAS DE LODO

En un equipo de perforación para agujeros de mediana profundidad, se puede operar satisfactoriamente con presas hechas en tierra para la circulación de lodos. Se pueden emplear presas de lado a lado, pero un arreglo de extremo a extremo puede ser igualmente efectivo. Una corta trinchera entre las dos presas asegura que la corriente de lodo atraviese toda la longitud de cada presa antes de llegar a la bomba. El movimiento lento del lodo es necesario para permitir el enfriamiento y el asentamiento de los recortes antes de que el lodo se bombee de regreso al pozo. La primera presa deberá tener suficiente capacidad para contener el asentamiento de los cortes que se espera sacar del agujero durante el curso de la perforación.

La segunda presa deberá tener suficiente capacidad para llenar el agujero (cuando la sarta de perforación este fuera con un margen razonable disponible).

Un colador de recorte a la salida del regreso del lodo hace posible que la presa de asentamiento sea más pequeña porque los recortes más grandes se lanzan separándolos del lodo antes de que llegue a la presa.

Existen también los tanques de acero. Generalmente tres o cuatro proveen un arreglo mejor para el sistema de circulación que las presas de tierra.

Los tanques eliminan el gasto de cavar las presas que algunas veces requieren tablas de madera en los lados y la necesidad de llenarlas después de que termina el pozo.

Los tanques de acero tienen otras ventajas:

- 1.- Su volumen de lodo se conoce todo el tiempo.
- 2.- Se pueden limpiar fácilmente.
- 3.- Hacen posible una presión positiva para la succión de las bombas.
- 4.- Es más fácil ejecutar el tratamiento químico.
- 5.- Las tuberías de flujo se pueden conectar permanentemente en las presas de acero y se pueden limpiar fácilmente.

Por lo regular un equipo de perforación consta de 3 presas:

- 1.- Presa de asentamiento.
- 2.- Presa de tratamiento.
- 3.- Presa de succión.

Algunos también tienen una presa de reserva que se usa esencialmente como depósito para fluido de desperdicio, recortes y aún basura que se acumula mientras se perfora un pozo.

- 1.- Presa de Asentamiento. La presa de asentamiento por lo regular está provista con dos compartimientos y arreglada con una o más temblorinas. Idealmente, la trampa de arena debiera estar provista con fondo inclinado y una válvula de descarga para vaciar arena y material fino.
- 2.- La presa de tratamiento regularmente está provista con dos agitadores y pistolas de chorro para agitar el lodo.
- 3.- Presa de Succión. La presa de succión cuenta con líneas de gran diámetro dirigidas a las dos bombas, cuenta con agitadores, tanque químico y conexiones de bomba mezcladora.

Regularmente están arreglados dos compartimientos, uno para las succiones de bomba y el otro para un tanque de lodo nuevo, pueden ser mezcladas y acondicionadas antes de ser bombeadas en el interior del pozo.

Los instrumentos de presas de lodo. Los instrumentos de las presas de lodo no están directamente relacionados al acondicionamiento del lodo pero ciertamente intervienen en el control de la presión del pozo. El nivel de la presa, indicadores de retorno de lodo y peso del lodo son pertinentes para la detección de posibles reventones (pozos petrolíferos). Con instrumentación de la presa adecuada es posible anticiparse a los problemas del pozo y acondicionar el fluido de perforación con tiempo para obtener el control, reduciendo así al mínimo el costo de recuperación de control del pozo.

Existen diferentes tipos de instrumentos que serán mencionados a continuación:

- 1.- TVP. Totalizador de volumen de la presa.
- 2.- Sensor de flujo.
- 3.- Contador de emboladas de la bomba.
- 4.- Medidor de flujo de lodo.
- 5.- Indicador de peso de lodo.

Dos o más pistolas son generalmente instaladas para permitir la eliminación del lodo excedente que pueda acumularse en el tanque. Líneas de flujo en la superficie y en el fondo son proporcionadas para permitir el movimiento en el interior y fuera del tanque. Válvulas de descarga son proporcionadas regularmente para permitir vaciar completamente el tanque.

BARRENAS

La barrena es un factor muy importante en la perforación. Si hubiera barrenas que no se desgastaran, no se tendría necesidad de jefes de pozos y supervisores.

El proceso total sería automático y programado para detenerlo a la profundidad deseada. No serían necesarios equipos tan grandes para sacar rápidamente las barrenas gastadas o tener cuadrillas de trabajadores de cuatro a seis hombres, pues bastarían uno o dos hombres para hacer conexiones. Desgraciadamente, las barrenas se desgastan y a veces muy rápidamente y es necesario sacarlas para evitarse problemas posteriores. Se necesita una persona que vea que cosas se han hecho equivocadas para analizar la situación y tomar una decisión correcta. Una barrena adecuada se mete al agujero creyendo que va a continuar la formación anterior, pero

Medida de la pérdida de calibre del diámetro de la barrena

Se reportan los octavos de pulgada perdidos en el calibre del diámetro de la barrena, usando un anillo del calibre total del diámetro de la barrena y midiendo con una escala la diferencia de diámetro en octavos.

TAMANO DE LAS TOBERAS

Las barrenas de chorro disponen de diferentes tamaños de toberas o jets.

Los jets aumentan por incrementos de 1/32 de pulgada y comienzan desde el número 0. El número cero corresponde a un tapón de aproximadamente una pulgada. (ver tabla anexada No 8).

DETERMINACION DEL COSTO POR METRO PERFORADO.

La barrena es el punto central de la operación total de la perforación. Cuando otras condiciones siguen siendo las mismas, el comportamiento de la barrena, determina el costo por metro perforado. Los factores incluidos en el comportamiento, son la barrena misma, la manera de usarla y la resistencia de la roca que se está perforando. En cualquier intervalo, a cualquier profundidad, el costo de operación del equipo puede expresarse en términos, pesos y dólares por hora. Cada vez que la barrena se gasta, se necesita sacarla y reponerla por otra para volver a meterla al pozo, lo que significa un viaje redondo (sacada y metida), con la tubería de perforación. En esta forma los metros perforados, se convierten en unidad de perforación para determinar el costo por metro perforado. Esto que se ha dicho, expresado en una fórmula sería lo siguiente:

$$C = B + E (T + t) / M.$$

en donde:

C = Costo de perforación en pesos por metro.

T = Horas de trabajo de la barrena en el fondo.

E = Costo de operación del equipo por hora (de acuerdo a su capacidad) en pesos.

B = Costo de la barrena en pesos.

t = Tiempo gastado en sacar y meter en horas

M = Metros perforados por la barrena.

La barrena que esté bien estabilizada, evita el desgaste incorrecto de los baleros y reduce el desgaste de los dientes.

Este tema se desarrollará más ampliamente cuando se trate sobre "Perforación de agujeros rectos".

EVALUACION DEL TRABAJO REALIZADO POR UNA BARRENA

En la perforación de pozos en campos de desarrollo, la selección de barrenas que van a usarse, la fija la jefatura del departamento de perforación, ya que esta jefatura dispone de toda la información necesaria que se ha obtenido de otros pozos. puede y debe corregir los errores cometidos, obligan a llevar registros de barrenas usadas, puede pedir informes sobre la litología del campo, etc.

En este caso, el perforador y el jefe de pozo tienen muy poca responsabilidad en la selección de las barrenas a usar.

En un área de exploración donde se dispone de menos información, la selección de las barrenas deberá hacerse siguiendo el método de "pruebas y error".

Pero en ambos casos es de gran ayuda saber clasificar el trabajo realizado por una barrena después que ha salido del agujero.

En primer lugar es muy importante llevar un "Registro de Barrenas". En este registro se deben anotar las condiciones en que salieron las barrenas usadas, con objeto de compararlas con el programa de barrenas previamente elaborados, antes de iniciar el pozo.

DESGASTE DE LOS DIENTES

El desgaste de los dientes de una barrena se bara en medir la altura del diente y dividirlo en octavos, viendo cuantos octavos se desgastó el diente.

También debe clasificarse el desgaste de los baleros, con un sistema similar dependiendo de la condición visual que guarden los baleros, sintiéndolos y viendo su desgaste.

Se pueden clasificar desde B0-1 hasta B-8 o sea desde moderadamente flojos, hasta donde las balas se han cruzado, atorado o perdido.

El costo por metro perforado de agujero, es una base de comparación verdadera.

Las barrenas insertadas con carburo de tungsteno y con baleros sellados, son más caros, pero ofrecen durar más y perforar más metros.

Este tipo de cálculos se vuelven muy importantes en pozos que requieren muchas barrenas para alcanzar la profundidad final.

Si bien un viaje redondo, podría representar el gasto de 10'795,000.00 como es el caso de cuando se usan equipos grandes, el costo más bajo es N\$ 31,875.00 o más por metro, después de usar el cálculo anterior.

Los registros de como se desarrolló la perforación, particularmente los registros de barrenas, son de primordial importancia para la selección de las barrenas y técnicas adecuadas como el PSB (peso sobre la barrena) usado, las RPM (revoluciones por minuto) y las condiciones hidráulicas.

Usando la fórmula anterior y suponiendo que un costo del equipo es de N\$ 255,000.00 por día, el costo por hora será de N\$ 19,125.00, sabiendo que el costo de la última barrena fue N\$ 31,875.00, que duró perforando 9 horas y que en el viaje redondo se usaron 5 horas y la barrena perforó un total de 150 m.

Aplicando estos datos tenemos:

$$C = ?$$

$$B = \text{N\$ } 31,875.00$$

$$E = \text{N\$ } 10,625.00/\text{hr.}$$

$$C = B + E (T + t)/M$$

$$T = 9 \text{ horas}$$

$$t = 5 \text{ horas}$$

$$M = 150 \text{ metros}$$

$$C = 31,875.00 + 10,625.00(9+5)/150$$

$$C = 180,625.00/150 = 1,204.166 \text{ nuevos pesos/metros perf.}$$

COSTO DEL EQUIPO

Para mantener al mínimo los costos de perforación es muy

importante la selección adecuada del equipo. El usar una torre o mástil más grande y pesada de lo necesario es ineficiente y antieconómico, mientras que por el contrario, también es ineficiente, antieconómico y peligroso usar un equipo más pequeño de lo requerido. Por lo anteriormente dicho, un equipo de perforación deberá seleccionarse cuidadosamente para que tenga la reserva de potencia necesaria para emergencias, opere eficiente, seguramente y con un máximo rendimiento en forma balanceada.

La tendencia es que los mástiles sean más portátiles y manuales, que es otro modo de reducir los costos de la perforación en general.

El costo del traslado, armado y desmantelado de un equipo, puede ser una fracción importante en el costo total de la perforación. Los equipos pequeños se pueden diseñar para una movilidad máxima, sin embargo, al aumentar su tamaño se tiene que sacrificar algo de su carácter portátil. Los mástiles grandes o altos, presentan dificultades en su traslado, para evitar estas dificultades, se usan mástiles telescópicos, así como otros que se pueden acostar y desmantelar en secciones antes de moverse a la siguiente localización.

BARRENAS DE DIAMANTE

Una barrena de diamante es otra herramienta que puede usarse en la perforación cuando está justificada económicamente o cuando se requiera.

Las barrenas de diamante son más costosas que las otras, y pueden costar 3 o 4 veces más que una barrena insertada con carburo de tungsteno y estas últimas pueden tener un costo varias veces mayor que las barrenas para formación suave que son maquinadas.

Cuando se hagan comparaciones entre el costo de diferentes barrenas y el costo por metro perforado, deben tomarse en cuenta los siguientes factores en los cálculos.

1. El costo neto de cada barrena considerada.
2. El costo de uno o más viajes redondos por tiempo de operación del equipo; dependiendo del equipo.
3. El costo de tiempo de rotación calculado en pesos por hora.
4. Todos los factores anteriores se suman y dividen por el número de metros por cada barrena que está siendo estudiada.

Las barrenas de diamante tienen un valor recuperable, según el estado de deterioro que tengan.

Este valor se resta del valor de la barrena original y del costo neto de la barrena. Pero aún así son más costosas que las barreras de conos roles. La principal característica de las barrenas de diamante, es que éstas pueden perforar más metros que otras barrenas en su período de vida útil, lo que reduce los cambios de barrena que es un factor que debe tenerse en cuenta. Pero su perforación debe ser a una velocidad razonable de modo que no sea muy lenta, si no de nada serviría ahorrar tiempo en los viajes.

CANTIDAD DE FLUIDO QUE PUEDE CIRCULAR POR UNA BARRENA DE DIAMANTE

Debe seguirse una regla muy sencilla para determinar el volumen de lodo que debe circular a través de una barrena de diamante, como se ve en el siguiente ejemplo.

Pruebas realizadas en el campo demostraron que cuando se usa lodo de base agua con menos de 2% de arena, la velocidad límite del lodo en los canales debe ser de 50 m/seg, ya que mayor velocidad podría costar la matriz de la barrena.

Para producir una velocidad de 50 m/seg a través de la carga de la barrena se necesitan 4 galones americanos por minuto por cada 1/128 de área en los canales, como en el caso del sig. ejemplo: son 56/128 que tiene barrena, éstos se multiplican por 4 galones y se obtendrá el gasto máximo que deberá usarse en las bombas 56×4 galones = 224 galones por minuto.

Quiere decir que la bomba no debe exceder este gasto de 224 galones por minuto para no cortar la matriz de la barrena

Cuando se usa agua, aceite crudo o lodo de emulsión inversa, por cada 1/128 de pulgada pueden aumentarse 6 a 8 galones por minuto.

En este mismo ejemplo, si en lugar de lodo se usara aceite crudo se tendría que usar un gasto de $56 \times 8 = 458$ gal/min.

PRECAUCIONES DE USAR UNA BARRENA DE DIAMANTE

Cuando se va a perforar con una barrena de diamante, la Asociación Americana de Contratistas de Perforación de Pozos Petroleros recomienda su "Manual del Jefe de Pozo".

LIMPIEZA DEL AGUJERO

Deberá tenerse la seguridad que el agujero está limpio de pedacería de fierro. Los diamantes se aflojan cuando hay pedacería de fierro en el pozo. Por esta razón es muy conveniente el pozo limpio de pedacería antes de operar una barrena de diamante.

En los últimos dos o tres viajes con barrenas de conos antes de usar una barrena de diamante, corra una canasta lateral colectora de pedacería. Si hay duda que quede pedacería en el pozo, deberá correrse una canasta magnética o cualquier otra herramienta que prefiera el operador.

La acción de la barrena

Si bien el PSB, las RPM y el esfuerzo hidráulico son los factores principales para hacer el agujero bajo el control del perforador, la capacidad de la barrena se reduce drásticamente por la presión diferencial entre la densidad del lodo y la presión de los fluidos de los poros de la formación.

EL FACTOR DE ROTACION

Normalmente las RPM podrán incrementar la velocidad de perforación pero debe tenerse en cuenta el tipo de formación que se perfore.

La potencia necesaria para hacer girar la rotaria, variará de acuerdo con el torque o fuerza de torsión y la velocidad de rotación. Parte de esta potencia se usa para vencer la fricción entre la tubería y las paredes del pozo. a altas RPM (revoluciones por minuto) esta fricción puede llegar hasta el 50% de la potencia debido a la fricción en el agujero.

Los requisitos de potencia para mover la rotaria, raras veces exceden de 10,000 pie - lb, excepto para barrenas muy grandes.

El par de torsión, o sea la resistencia a girar, se incrementa a medida que se aumenta el PSB (peso sobre la barrena) o las RPM (revoluciones por minuto) y el ϕ de barrena.

Activamente, la tubería de perforación raras veces falla debido al torque excesivo, la mayor parte de las fallas se deben a la fatiga del metal o a grietas, imperfecciones o corrosión en la tubería y no a esfuerzos torsionales.

Los agujeros torcidos, desviados o con "patas de perro" requieren mayor par de torsión que los agujeros verticales, debido a la mayor fricción entre la tubería y la pared del pozo.

Hay aditivos especiales que se agregan al lodo, que ayudan a disminuir el efecto de fricción.

La potencia necesaria para girar la rotaria varia de acuerdo con el par de torsión y las RPM. Parte de esta potencia se gasta debido a la fricción entre la tubería de perforación y las paredes del pozo, por observaciones hechas últimamente de la potencia necesaria en la rotaria para cuando se usa una barrena de 12 1/4" ϕ se ha visto que se necesitan 350 H.P. para dar 200 RPM con un peso PSB de 50 000 lb. Cuando se aumenta la velocidad a 400 RPM se necesitan 600 H.P. aproximadamente.

El perforador deberá estar conciente de los esfuerzos desarrollados por el par de torsión y conocer la capacidad de su equipo.

Cuando se trabaja a altas RPM, la energía de masa contenida en la tubería es muy grande. Una detención violenta de la tubería en su rotación puede dañarla seriamente, debido a

que la retuerce. El límite práctico de rotación parece ser 300 RPM en formaciones suaves a profundidades someras y medianas en la costa del Golfo de México.

En otros lugares se encuentran que la máxima RPM es de 250, por que a velocidades más altas la tubería falla, debido a las vibraciones excesivas. En estos casos es muy conveniente el uso de amortiguadores de vibraciones, colocados arriba de la barrena con objeto de neutralizar el efecto adverso de las vibraciones provocadas por la barrena.

BOMBAS

EL FACTOR HIDRAULICO PARA HACER UN AGUJERO

El tercer factor para poder hacer agujero es la hidráulica o sea los H.P. (Caballos de fuerza) que se utilizan en la barrena. Las bombas de baja potencia, operadas a baja presión hacen que la perforación sea penosamente lenta. Las bombas de alta potencia operadas correctamente, pueden tener el efecto de hacer muchas formaciones relativamente "suaves" o hacerlas más fáciles de perforar.

Con una potencia hidráulica baja en la barrena, será imposible hacer más agujero a pesar de usar más peso y más potencia en la rotaria, inversamente, se ha comprobado que más peso y más rotación producen más agujero cuando se gasta más potencia hidráulica entregada a la barrena, dependerá del tamaño de la bomba, de la potencia en sus motores y de su presión de operación. Una tubería de perforación de mayor diámetro y con el menor número de restricciones será capaz de llevar más fluido a la barrera que si la tubería es de menor diámetro. Las tuberías forradas de plástico interiormente ofrecen menos resistencia al pozo del fluido que las no forradas.

Los lodos de menor densidad son bombeados con menor potencia que la que se necesita cuando los lodos son muy pesados.

Los emulsionados o de base aceite, son más fácilmente bombeables que los que no tienen petróleo u otros lubricantes.

En un buen arreglo, motor- bomba, aproximadamente el 75% de la potencia que recibe la bomba se debe gastar en el sistema circulatorio como potencia hidráulica en forma de volumen y presión. Si el circuito hidráulico está bien hecho, aproximadamente 2/3 partes de la presión en el lodo, cuando éste sale de la bomba, debe gastarse a través de los jets de la barrena.

Por lo tanto la presión se disminuye debido a la fricción a medida que el fluido circula en el pozo.

Los tres factores para hacer agujero, PSB (peso sobre la barrena, RPM, (revoluciones por minuto) y potencia hidráulica en la barrena son dependientes, es decir, depende uno de otro para obtener los máximos beneficios.

La mejor velocidad de penetración se obtiene cuando estos tres factores están en sus valores óptimos dentro de las posibilidades del equipo de perforación. Altos valores en PSB y RPM no logran avances grandes a menos que la potencia hidráulica sea suficiente para mantener limpio el fondo del pozo.

La potencia hidráulica en la barrena depende de la potencia que se tenga disponible en la bomba, la alta presión de operación de la bomba, un mínimo de pérdida en el circuito hidráulico y en volumen y presión óptimo en la barrena.

El sistema hidráulico de un equipo rotario produce pérdidas en las conexiones superficiales, la sarta de perforación, los jets de la barrena y al retornar el lodo por el espacio anular. Estas pérdidas se pueden calcular separadamente -- usando gráficas o tablas que proporcionarían los fabricantes de barrenas.

A continuación se ilustra un sistema simplificado relacionando al diámetro del agujero con la presión, seleccionando los jets, por el método de ensayo.

Ejemplo: Suponga un agujero de 9 7/8 --- Resultado --- El uso de 2200 psi. en la presión de circulación requerirá el empleo de 3 boquilla de 13/32. Si la presión de 2200 psi. es permisible las camisas de las bombas deberán seleccionarse de la placa de especificaciones del fabricante de la bomba. Luego se meten la barrena y los drill collars dentro del agujero y se

arranca la bomba. Si se obtienen las 2200 psi. con la bomba trabajando a sus máximas emboladas, entonces el juego de toberas o jets escogidos es el correcto.

Si se obtiene mucha presión con la bomba trabajando a su máxima velocidad, entonces se debe cambiar una boquilla por otra de la siguiente medida más grande o sea de 7/16".

Si por el contrario se obtiene muy poca presión, debe de cambiarse la boquilla por la inmediatamente menor o sea un jet de 3/8".

Este método de la selección de las boquillas, hace posible usar una máxima potencia hidráulica en la barrena para la mayor parte del agujero perforado.

A medida que el agujero se profundiza y se agregan más y más tubos de perforación se introduce más resistencia debido a la fricción adicional al paso del fluido, incrementando en esta forma las pérdidas de presión.

Las pérdidas de presión en el sistema pueden reducirse disminuyendo la velocidad de la bomba, pero manteniendo la presión constante en la descarga de la bomba. Esta forma de operar la bomba, da por resultado un bajo volumen de fluido, pero aproximadamente tanta presión en la barrena es posible si se trabajara la bomba a altas velocidades.

Trabajar la bomba a alta velocidad para mantener el volumen constante, significaría aumentar mucho la presión. En este caso, puesto que la presión de trabajo de las camisas se excedería sería necesario un cambio de ellas a camisas más pequeñas.

El factor limitante para el volumen del fluido, es la velocidad anular de retorno, ya sea que se logre disminuyendo las emboladas por minuto (EPM) de la bomba, usando camisas grandes u operando a altas velocidades con camisas más chicas en las bombas.

El principal requisito de un sistema hidráulico rotario es proporcionar suficiente potencia hidráulica en la barrena para mantener limpio el fondo del pozo.

El siguiente requisito debe ser que el sistema circulatorio proporcione los medios de sacar los recortes a la superficie y mantener las paredes del pozo en condiciones de perforar y de poder hacer los viajes cuando se cambia barrena. La potencia hidráulica en la barrena se obtiene principalmente por el uso de los jets en las barrenas de chorro, los cuales producen una contrapresión en el lodo.

La potencia hidráulica se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia hidráulica} = \frac{\text{Gasto (gal x min.) x presión (psi)}}{1.714}$$

Para un circuito hidráulico es mejor emplear el más pequeño volumen práctico, debido a que mientras más pequeño sea el volumen menores serán las pérdidas por fricción.

Cuando se planea un pozo, es esencial conocer las necesidades de potencia hidráulica aproximada, con objeto de instalar una planta de bombeo satisfactoria.

Basada en la presión de operación de 2000 a 2500 psi, se puede usar la siguiente fórmula para calcular la potencia.

$$\text{Potencia recibida por la bomba} = 10 \times D^2$$

D = Diámetro del agujero en pulgadas.

$$\begin{aligned} \text{Ejemplo diámetro del agujero } 6'' \text{ potencia en bombas } H_p &= 10 \times 36 \\ &= 360 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Sin embargo, recuerde que la condición esencial es tener el fondo del pozo limpio de recortes y sacarlos a la superficie.

Para lograr este objetivo, se calcula por experiencia de campo que es necesario tener una máxima velocidad de retorno de 125 pies por minuto, para formaciones suficientemente duras.

pero a veces para formaciones suaves o de fácil perforación 200 pies por minuto, hay ocasiones en que las formaciones son muy duras y su perforación es muy lenta, entonces puede disminuirse la velocidad anular.

Algunas causas que limitan la potencia hidráulica, son la profundidad del pozo, el diámetro de la tubería y la densidad del lodo.

Debe recordarse que la potencia hidráulica está asociada solamente con las barrenas de chorro. Hasta en 1948 que se introdujeron los jets, toberas o boquillas (como se les quiera llamar), se había puesto muy poca atención a los programas hidráulicos.

Hoy día, muchos perforadores no reconocen la importancia de la limpieza del fondo del pozo. Efectivamente usan barrenas de chorro, pero el programa hidráulico está tan mal diseñado, que la limpieza del fondo del pozo no es mucho mejor que la lograda con barrenos convencionales.

Basta recordar la limpieza que se logra al accionar una manguera de agua para limpiar el barro pegado al piso. Primero se abre toda el agua de la manguera y si ésta dispone de una boquilla, se reduce el chorro al tamaño de la boquilla y el impacto se vuelve más fuerte, eliminando mejor el barro. No es ningún problema de ingeniería, pero se da uno cuenta que esta es la forma más rápida de remover el barro.

VELOCIDAD ANULAR DE RETORNO

Debe insistirse en que el aspecto básico de la hidráulica, es mantener una velocidad anular de retorno suficiente, que permita elevar los recortes del fondo del pozo tan pronto los produzca la barrena y sacarlos a la superficie.

El propósito de este trabajo es proporcionar algunos elementos prácticos necesarios para poder usarlos en el campo y dar reglas que permitan el menor uso de las matemáticas hasta donde sea posible, utilizando gráficas o tablas.

Existen gráficas que se utilizan para calcular la velocidad ascendente del lodo por el espacio anular usando

tuberías de perforación de diferente diámetro para diferentes diámetros de pozos.

Ejemplo: Calcule la velocidad de retorno por el espacio anular para un pozo de diámetro de 9" y usen tubería de 4 1/2" con un gasto de 600 gal/min.

Solución en anexo 1. Se localizan 600 gal/min se traza una línea horizontal hasta encontrar una línea diagonal que marca la tubería de 9" y bajando una línea vertical hasta encontrar la escala de la velocidad.

Cálculo de la velocidad anular sin el uso de gráficas

Es conveniente que el perforador pueda en un momento dado calcular la velocidad anular en su pozo, dadas sus condiciones de trabajo. Para esto se puede usar el siguiente método:

Velocidad anular para un agujero de 8.5 y una tubería de 4 1/2 FH (Full Hole).

Usando la fórmula y sustituyendo sus valores:

$$\begin{aligned} V_a &= 25 \times \text{GPM} / D_a^2 - D_t^2 = 25 \times 600 / 8.5^2 - 4.5^2 \\ &= 15.150 / 72.25 - 20.5 \\ V &= 15.150 / 52 = 291 \text{ pies/min.} \end{aligned}$$

Donde : GPM : significa galones por minuto

Da: diametro anular, Dt: Diametro tubería.

La bomba del lodo es el componente primario de cualquier sistema de circulación de fluido. Las bombas funcionan con motores eléctricos conectados directamente a las bombas o con energía transmitida por la central de distribución. Las bombas para las instalaciones de perforación rotaria tienen mucha fuerza y son capaces de mover grandes volúmenes de fluido a presiones altísimas. Cuando se está circulando aire o gas la bomba es reemplazada por compresores y los tanques de lodo no son necesarios.

CICLO DEL LODO

El lodo se bombea desde el tanque de succión del lodo, a través de una línea de descarga hasta el tubo vertical.

El tubo vertical. Es una sección de acero montado verticalmente en cada pata del mástil o la torre y que termina en forma de cuello de ganso.

El lodo se bombea por el tubo vertical hasta una manguera la cual es llamada manguera de lodo o manguera del cuadrante y va conectada a la unión giratoria donde vira hacia arriba por el espacio.

El lodo entra a la unión giratoria, luego baja por el cuadrante, por la tubería de perforación por los portabarreras y sale por la barrena anular, el espacio entre la tubería de perforación y la pared del hoyo.

Finalmente el lodo deja al hoyo a través de un tubo de acero o zanja llamada línea de descarga y cae sobre un aparato de tela metálica vibratoria llamado la zaranda vibratoria. La zaranda separa los ripios de lodos y los echa a un fosa de reserva. Entonces es que el lodo vuelve a los tanques de lodo y vuelve a circular por el hoyo impulsado por la bomba de lodo.

SISTEMA DE SEGURIDAD (EL EQUIPO PARA CONTROL DEL POZO)

cuando surge ese tema, lo primero que viene en mente es un reventón. Un reventón es una ocurrencia indeseable en cualquier instalación porque pone en peligro las vidas de la cuadrilla, puede destruir una instalación cuyo valor puede ser millones de dólares, puede desperdiciar petróleo y puede hacerle daño al ambiente. Aunque es una ocurrencia relativamente rara, un reventón puede ser impresionante. Fluido (ya sea líquido o gas) brota del pozo, casi siempre con una fuerza enorme y muchas veces enciende, especialmente si el fluido es gas. El problema surge cuando la presión de formación es más alta que la del pozo.

La presión dentro del pozo es mantenida por medio del tipo y cantidad de fluido de perforación que se circula dentro del mismo.

Casi siempre el lodo de perforación evita que el fluido de la formación entre al hoyo y reviente pero bajo ciertas condiciones el fluido puede entrar al hoyo y causar

dificultades. Surge un cabeceo o sea, el fluido de la formación entra al hoyo y parte del lodo de circulación es forzado fuera del pozo.

Si la cuadrilla no toma acción rápidamente a los primeros indicios de un cabeceo, todo el lodo sale del hoyo y el fluido de la formación fluye sin control hasta la superficie - eventualmente terminando en un chorro incontrolable. El resultado es un reventón.

PREVENTORES DE REVENTONES

Preventores de reventones, conjuntamente con otro equipo y técnicas, se utilizan para cerrar un pozo y permitir que la cuadrilla controle un cabeceo antes que ocurra un reventón. Dos tipos básicos de preventores de reventones encontrados en las instalaciones son los preventores anulares y los preventores de ariete.

El preventor anular: tiene un elemento de goma que sella al cuadrante, la sarta de perforación, los portabarreras o al hoyo mismo si no existe una sarta dentro del hoyo.

Los preventores de ariete: consisten de grandes valvulas de acero (arietes) que tienen elementos que sirven de sello.

Existen un tipo de preventor de ariete que se conoce como el preventor de ariete de tubería, porque cierra la tubería de perforación pero no es capaz de sellar un pozo abierto. El preventor de arietes ciego se utiliza para sellar un pozo abierto. Los preventores de ariete de tubería se utilizan mayormente para operaciones costa afuera y cortan a la tubería de perforación completamente, sellando en esta forma el pozo.

Usualmente varios preventores de reventones se instalan uno encima del otro en la boca del pozo con el preventor anular en la parte superior y los preventores de ariete de tubería y ciegos en la parte inferior. Los preventores son instalados de esta manera para que un reventón o cabeceo pueda ser controlado aun cuando uno de los preventores falle.

EL ACUMULADOR. TABLERO DE CONTROL Y CONEXIONES

Los preventores de reventones se abren y se cierran con fluido hidráulico que va almacenado bajo presión en un aparato llamado acumulador; que no son más que varios recipientes en forma de botella o esféricos que están localizados en la unidad de operaciones y es aquí que se guarda el fluido hidráulico. Fuertes líneas construidas para soportar presiones altas llevan el fluido hidráulico del acumulador a los preventores de reventones y, cuando las válvulas de control se activan, el fluido causa que los preventores actúen. Ya que los preventores se deben poder sellar rápidamente cuando es necesario, el fluido hidráulico se tiene que poner bajo 1500 a 3000 psi de presión utilizando el gas de nitrógeno contenido en los recipientes.

El acumulador casi siempre va colocado como a 100 pies (30.48 m) de la instalación para que si ocurre un incendio o reventón, el acumulador no sea vaciado y las válvulas puedan ser utilizadas para cerrar los preventores. Un tablero de control, situado en el piso de la instalación se utiliza normalmente para operar los preventores. En áreas frías los acumuladores deben ser protegidos contra el frío y tienen que ser mantenidos bajo calefacción para mantener el aceite hidráulico fluyendo y para asegurar que los controles eléctricos se mantengan secos. Un anticongelante como glicol de etileno se le puede añadir al fluido hidráulico.

EL ESTRANGULADOR

Cuando ocurre un cabeceo, el cerrar el pozo con uno o más de los preventores de reventones es solamente el primer paso que se tiene que tomar. Para poder seguir perforando, hay que circular fuera el cabeceo y circular dentro lodo del peso apropiado (o sea, el pozo debe ponerse bajo control). Es por esto que un juego de válvulas llamados estranguladores son instalados como parte del sistema. Los estranguladores van conectados a los preventores con la línea del estrangulador. Cuando un pozo se ha cerrado, el lodo y fluido que han entrado de la formación son circulados hacia afuera por medio de la línea del estrangulador y a través del juego de conexiones del estrangulador.

Un estrangulador es sencillamente una válvula. Hay estranguladores ajustables y estranguladores fijos. Un estrangulador ajustable es operado neumáticamente o

hidráulicamente y tiene una apertura capaz de ser cerrada o restringida.

Esta apertura puede variar infinitamente en tamaño, desde la posición cerrada hasta completamente abierta.

Un estrangulador fijo tiene un flujo restringido de tamaño permanente. En cualquier caso, la idea es que el pozo puede ser circulado a través de los estranguladores y que se puede mantener la suficiente presión dentro del pozo para evitar que entren más fluidos de la formación mientras se está llevando a cabo la operación de cerrar el pozo.

Los estranguladores son susceptibles a obstrucciones y desgaste bajo altas presiones. Es por esto que generalmente es necesario instalar varios estranguladores para permitir el cambio de un estrangulador a otro, de aquí el nombre "juego de conexiones del estrangulador". Los estranguladores ajustables generalmente son controlados desde un tablero de control remoto en el piso de la instalación.

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Un sistema completo de lodo para una instalación para servicio fuerte usualmente incluye, no solamente tanques de sedimentación, sino también tanques de succión o fosos de succión que van conectados a la bomba del lodo. Frecuentemente se incluye una fosa de reserva donde el lodo adicional y ripsos se acumulan a medida que la perforación progresa.

Otras formas de almacenar lodo y sus componentes secos se emplean a medida que la perforación progresa.

Tanques o casetas para almacenar los componentes secos del lodo, un tanque para guardar aceite y bombas centrifugas para mezclar el lodo son necesarios para el sistema de circulación. Si una instalación está localizada en un área remota, un sitio adecuado para guardar componentes secos adicionales para el lodo, es necesario para poder tratar el lodo rápidamente sin tener que esperar que una compañía de lodo envíe un cargamento de estos materiales desde sus bodegas. Materiales en faldos (áreas cubiertas) usualmente son protegidos de las inclemencias del tiempo.

IV- PROBLEMAS DE PERFORACION. EFECTOS Y SOLUCIONES

PARAMETROS IMPORTANTES A CONSIDERAR

LOS LÍQUIDOS DE PERFORACION, FUNCIONES Y PROPIEDADES

Existen diferentes tipos de líquidos de perforación, pero los líquidos de más interés son los de base-agua y los líquidos base-aceite.

FLUIDOS BASE-AGUA

La mayoría de los pozos se han perforado con líquidos base-agua. Esto es resultado de la distribución universal del agua, su bajo costo, su compatibilidad con la vida humana y en general por la naturaleza satisfactoria de tales líquidos. Estos incluyen una amplia variedad de composiciones químicas, las cuales facilitan perforar un pozo a un costo mínimo. Algunas veces, debido a diversas condiciones, es necesario adaptarlos a ser útiles disponiendo de agua de mar o agua salobre en formaciones salinas.

El líquido más ampliamente usado es el de agua dulce, que está formado por agua-arcilla, conteniendo un porcentaje de sal menor de 1%, pero puede substituirse por otros líquidos como resultado de las severas condiciones encontradas durante la perforación; es decir, altas temperaturas, contaminaciones debido a cemento, anhídrido, domos salinos, alta viscosidad y gelatinosidad debido a la hidratación y dispersión de las arcillas de las formaciones perforadas, o elevada viscosidad y gelatinosidad como resultado de un gran contenido de sólidos. Estas dificultades se pueden disminuir gradualmente, según se verá más adelante.

Los líquidos base-agua se clasifican de la manera siguiente:

10. Líquidos de agua dulce (menos de 10,000 ppm sal)
 - a) Bentoníticos sin tratamiento
 - b) Tratados con fosfatos, pH de 8.5
 - c) Tratados con tanino y sosa, pH de 8.5 a 9.5
 - d) Tratados con tanino y sosa, pH de 12.5 llamados lodos rojos.
 - e) Tratados con lignosulfonatos y sosa, pH de 9.0 a 9.5
20. Líquidos salados
 - a) De agua salobre (10 a 30,000 ppm de sal)

- b) De agua de mar (aproximadamente 30.000 ppm de sal)
- c) De agua salada saturada (aproximadamente 300.000 ppm de sal)

3o. Cálcicos (cerca de 120 ppm de calcio)

- a) Cálcicos tratados con lignosulfonato de calcio o con taninos
- b) Bajos de calcio
- c) Base yeso, tratados con lignosulfonato
- d) Base cloruro de calcio

FLUIDOS DE BAJOS SÓLIDOS

De esta clasificación los de mayor interés son los que aquí usamos y esos los que serán objeto de discusión, pero antes es necesario tener presente el efecto que sobre éstos, tiene el tamaño y distribución de las partículas de arcilla.

Se ha visto antes que las partículas tienen una marcada influencia en las propiedades del fluido. Las de medida coloidal (menos de una micra) son las que originan reducciones en el filtrado con incrementos de viscosidad y gelatinosidad de acuerdo a la concentración de partículas.

BENTONÍTICOS SIN TRATAMIENTO

Son fluidos de agua dulce sin ningún contaminante y de baja densidad, ideales para perforar a bajo costo muchos pozos. Se preparan mezclando bentonita y agua, aproximadamente un saco de bentonita por metro cúbico de agua, aunque siempre depende de la calidad de la arcilla, y es durante la perforación cuando de las formaciones arcillosas cierto porcentaje se incorpora aumentando el volumen de fluido. Las adiciones continuas de agua dispersan las partículas arcillosas. Manteniendo la viscosidad requerida, si no fuese por la necesidad de mayores densidades o un control más riguroso del filtrado según el campo; estos fluidos pueden usarse en profundidades mayores de los 1.800 m.

BENTONÍTICOS TRATADOS CON FOSFATOS

El fosfato usado con buenos resultados en donde la mayor parte de las formaciones son arcillosas, es el fosfato tetrasódico anhidro ($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$), soluble en agua y pH de 9,5,

en fluidos de elevada densidad tratamientos aproximados de 15 a 3 kg/ m³ de fosfatos mantienen buenas propiedades. En aquellos fluidos donde no se ha agregado ningún material densificante y el peso está dado por los componentes del fluido (lutitas y arenas de las formaciones) 0.5 kg/m³ de pirofosfato, son suficientes para dispersar en el sistema en forma satisfactoria las formaciones arcillosas manteniendo el fluido con baja viscosidad y gelatinosidad. Esta dispersión constante de sólidos debido al tratamiento con el fosfato, aumenta en forma progresiva la densidad llegando hasta 1.40 gr/cc, sin agregar barita, adiciones de aceite reducen un poco el filtrado; si se requiere una pérdida de agua muy baja se puede usar CMC (carboximetil celulosa).

Cuando la cantidad de sólidos dispersos en el lodo alcanza altos valores, el tratamiento con el fosfato empieza a perder su efectividad, aunque en las presas la viscosidad se mantenga, en la salida es alta. Este fenómeno es más notorio y se presenta en forma más marcada cuando el lodo tiene elevada densidad.

En este caso para que el reactivo pueda seguir trabajando en forma efectiva, es necesario disminuir la concentración de sólidos agregando agua.

Al llegar a grandes profundidades donde la temperatura es mayor de los 80°C al pirofosfato tetrasódico anhidro, se descompone perdiendo su propiedad dispersante y originando productos secundarios que actúan en forma negativa en el fluido.

FLUIDOS TRATADOS CON TANINOS

Un fluido tratado con tanino puede usarse desde el comienzo de un pozo hasta su terminación, pero por economía, generalmente se usa cuando la temperatura del pozo ya no permite seguir trabajando con el fosfato que se está usando e por que las condiciones del pozo requieren un cambio de tratamiento.

Generalmente se usa este reactivo al llegar a las zonas productoras y debido a que por lo regular toda la parte descubierta del agujero es formación arcillosa, es necesario mantener el pH en un valor promedio de 8.5, ya que un medio más alcalino aumenta la dispersión e hidratación de las arcillas o lutitas.

Dependiendo de la densidad del lodo y de las propiedades que se requieran y de la calidad del producto, el tratamiento con tanino, puede llevarse inicialmente desde 0.5 kg/m^3 o menos en lodos de bajos sólidos, hasta 8 a 10 kg/m^3 en lodos muy pesados. Para ayudarle a ser más soluble en el agua y mantiene sus propiedades dispersantes, se le añade sosa caústica (NaOH), en cantidades pequeñas controlándose por medio del pH y la alcalinidad. un buen rango para trabajar está dado entre 0.1 a 0.2 cc, de alcalinidad, es la práctica y las condiciones del pozo las que indican el tratamiento más adecuado.

La adición de aceite diesel disminuye un poco el filtrado y ayuda a estabilizar el fluido; es decir que la viscosidad de entrada y salida se mantienen durante bastante tiempo con una diferencia de 10 seg. como máximo. Un problema común en la mayor parte de los fluidos tratados con este o cualquier otro reactivo es la presencia de un alto contenido de sólidos.

Cuando esto sucede, el tratamiento con tanino y sosa es ineficaz siendo recomendable en estos casos para mantener la concentración deseada, tener cuidado de mantener la proporción adecuada de tratamiento. Una forma práctica sería las siguiente, a simple vista puede verse que si el filtrado es de un color rojo vino o incoloros, es posible que la cantidad de reactivo no esté agregado en forma correcta, presentándose una constante tendencia a mantenerse el fluido viscoso y gelatinoso.

Si el filtrado es de color rojo casi obscuro, quizá el tratamiento esté en la concentración adecuada, y la causa sea un exceso de sólidos, entonces será necesario dispersarlos con agua, teniendo cuidado de no disminuir su tratamiento. Puede ser que éste sea muy obscuro, indicando una sobredosis de tratamiento, originando quizá por incremento de sólidos.

Los fluidos con taninos se han usado en pozos donde la mayor parte de las formaciones son arcillosas y por necesidades de la perforación hay que tener densidades altas; el reactivo ha dado buenos resultados manteniendo en forma bastante estable. El fluido, siendo más económico el control de estos fluidos de perforación con este reactivo.

FLUIDOS TRATADOS CON LIGNOSULFANATOS

Las dificultades encontradas al atravesar formaciones.

salinas, altas temperaturas, etc., han obligado el uso de otro tipo de reactivos tales como el lignosulfonato, que ha dado buenos resultados en fuertes contaminaciones salinas y temperaturas elevadas.

El cambio de reactivo de fosfatos o taninos a lignosulfonato es relativamente simple, sobre todo cuando se ha agregado previamente como tratamiento tanino y sosa, y las propiedades de viscosidad y gelatinosidad del fluido son normales siendo el contenido de sólidos baja, ya que si están en exceso, hay que dispersarlos con agua antes de la conversión. Una vez que se han tomado estas medidas, el tratamiento puede efectuarse en el ciclo del sistema añadiendo el lignosulfonato por los embudos y otra parte disolviendolo en forma diluida por los tanques de reactivo hasta alcanzar una concentración de 10 a 15 kg/m^3 , la sosa cáustica se añade de 0.7 a 1.0 kg/m^3 y puede agregarse junto con el lignosulfonato, mezclando en los tanques de reactivo o ponerse directamente al lodo en forma lenta, permitiendo la uniformidad del pH. Un análisis dará idea de las nuevas condiciones del fluido y podrá ajustarse el pH en el valor requerido. El tratamiento diario de lignosulfonato, mantendrá y mejorará cada vez más las propiedades del fluido. Cuando se llega a tener concentraciones de 25 a 30 kg/m^3 de lignosulfonato, el fluido se mantiene sin alterar sus propiedades en contaminaciones no muy fuertes de sal, de la misma manera el cemento lo afecta poco.

También se puede emulsionar con aceite hasta un 20% sin necesidad de agregar un agente emulsionante.

Los fabricantes de estos reactivos recomiendan que se adicione un lignito cáustico en la proporción de un medio, de ésta por uno de los lignosulfonato; en la práctica se sigue en forma aproximada esa indicación.

En el campo se ha experimentado que un lodo de densidad media o alta, se mantiene en condiciones estables cuando ha alcanzado una concentración de 20 a 25 kg/m^3 de lignosulfonato, de 8 a 10 kg/m^3 de lignito, de 3 a 4 kg/m^3 de sosa cáustica y de 12 a 14 de aceite diesel, cuando por necesidad de la perforación se requiere un filtrado muy bajo.

La adición de CMC o cualquier otro reductor de filtrado en pequeñas cantidades es suficiente, adiciones de bentonita en forma muy lenta, ayudando a mantener baja esa pérdida de agua también.

Cuando las propiedades del fluido empiezan a aumentar en forma constante siendo necesario tratamiento continuo durante toda la vida de la barrena. Un análisis dará idea de cual es la causa posible: por ejemplo: si el análisis hecho indica un alto contenido de sólidos, es necesario dispersarlos usando agua hasta bajar los sólidos a los valores correspondientes, según la densidad con que se trabaje. La adición de reactivo mientras se agregue el agua, sólo puede reducirse un poco, pues puede suceder que la concentración de sólidos este controlada; pero la concentración de reactivo en el lodo haya disminuido debido a esa adición de agua, entonces las condiciones reológicas continuarán inestables.

En general, la concentración en kg/m^3 de reactivos y el tratamiento dependerán de la formación perforada, la densidad del fluido, la experiencia del químico, etc.

FLUIDOS SALADOS

Por conveniencia se dividen en:

- 1.- Aguas salobres o de formación
- 2.- Agua de mar
- 3.- Salados
- 4.- Salados saturados

Se definen arbitrariamente como aguas salobres aquellas que poseen de diez mil a treinta mil ppm de sal, arriba de estos límites se toman como agua de mar. El contenido de sal no necesariamente tiene que ser cloruro de sodio, si no se puede contener cantidades apreciables de sulfato de calcio, como la mayoría de las aguas salobre en áreas áridas.

Las aguas de formación se pueden usar para trabajar como fluidos, con el desarrollo de la producción petrolera en el mar, puede ser provechosa por económica el agua de mar en la preparación de fluidos salados, ya que se eliminara el acarreo de agua dulce durante toda la perforación.

La desventaja es que algunas veces los registros son adversos en virtud de que el agua de mar y el agua de formación tienden a ser aproximadamente iguales.

La preparación de fluidos usando cualquiera de las aguas antes descritas, varían muy poco. Casi todas se preparan usando bentonita prehidratada tratada en concentraciones que

pueden ser de 20 a 30 kg/m³ de lignosulfonato, 3 a 10 kg/m³ de sosa o más, según sea el caso del fluido. como reductor de filtrado se puede usar almidón o CMC.

Los fluidos salados pueden ser aquellos que tienen 10,000 ppm de sal.

Por lo general en pozos donde se cree que puede aparecer sal, una o dos semanas antes de que se presente ésta, se trata el lodo con 15 kg/m³ de lignosulfonato, 7 kg/m³ de lignito, sosa suficiente para tener una alcalinidad de 0.200 (4 a 5 kg/m³ aproximadamente de sosa). De ahí en adelante el tratamiento diario será de lignosulfonato, lignito y sosa, según lo necesite el lodo (velocidad de perforación, formación perforada, etc.) al entrar en contacto con la sal, la conversión de un fluido salado de buena calidad puede obtenerse añadiendo 20 kg/m³ de lignosulfonato, 10 kg/m³ de lignito y 8 a 10 kg/m³ de sosa, aproximadamente.

Si la espuma se hace presente en estos lodos, se puede eliminar cerrando las pistolas superficiales y utilizando solamente las del fondo. El mejor método es mantener los valores de alcalinidad entre 3 a 4.5 cc. para evitar la corrosión puede añadirse pequeñas cantidades de dicromato de potasio (1 kg/m³) aproximadamente.

De acuerdo con los datos dados antes, en la preparación de un lodo salado se puede prescindir de arcillas hidratables en un medio salino, tal como la atapulguita.

FLUIDOS SALADOS SATURADOS

Las dificultades encontradas al atravesar las formaciones de lutitas son intercalaciones de cloruro de calcio, anhidrita y halita antes de llegar a formaciones con densidades que fluctuen entre 1.95 a 2.02 gr/cc y la necesidad de tener un fluido que llegando a la saturación con sal, pueda usarse con resultados satisfactorios, nos ha llevado a usar lodos bentoníticos sódicos como lodos saturados con sal, tratados con lignosulfonatos y lignitas con bastante éxito.

La conversión del lodo bentonítico a lodo saturado con sal y de acuerdo con la experiencia obtenida, se sugiere que se cambie el tratamiento que tenga el lodo, ya sea de fosfatos o taninos por un tratamiento con lignosulfonato-lignito en proporciones de 2 a 1, aunque esto no quiere decir que deban

usarse 20 kg/m³ de lignosulfonato y 10 kg/m³ de lignito si no en cantidades aproximadas. Se ha observado que entre más tiempo transcurre entre el cambio de tratamiento y la conversión, más fácil se efectúa ésta y menos reactivo se utiliza. En otras palabras, mientras más tiempo se perfora usando un lodo tratado con lignosulfonato, más concentrado estará de dispersantes a la hora de efectuar la conversión.

Esto no quiere decir que no se pueda hacer la conversión directa de tanino a lignosulfonato-lignito, agregando los reactivos según las pruebas previamente hechas en el laboratorio y posteriormente agregar la sal hasta la saturación pero el grado de dificultad que se presente de esta forma de operar lo desconocemos prácticamente, pues sólo se tienen los datos de las pruebas de laboratorio.

La conversión se puede efectuar en la zapata o antes de tocar el domo, circulando o perforando y agregando conjuntamente por los embudos los reactivos lignosulfonato-lignito-sosa: - en lodos cuyo tratamiento previo es de dos o tres meses, tienen una concentración aproximada de lignosulfonato lignito 50/25, el tratamiento para la conversión a salado saturado ha sido como sigue:

Lignosulfonato (supercaltex)	20 kg/m ³
Lignito (lignex o tinex)	10 kg/m ³
Sosa cáustica (NaOH)	10 kg/m ³
Sal comercial molida	380 kg/m ³
Barita	la necesaria

El cambio en ningún caso ha sido difícil de efectuar, por el contrario el fluido nunca ha presentado el aspecto que en algunas ocasiones se observaba al hacer la conversión a cálcico, siendo en todo momento sus condiciones reológicas buenas.

La presencia de espuma normalmente desaparece cerrando las pistolas superficiales y utilizando solamente las del fondo.

Los fluidos salados debido a su baja tensión superficial tienden a ocluir bastante aire con la consiguiente formación de espuma.

Es necesario mantener la alcalinidad entre 3 a 4.5 cc. para evitar la espuma y la posible solidificación y floculación del lodo en el fondo del agujero cuando está en reposo.

No se observa asentamiento de barita a pesar de que sus viscosidades no son muy altas con lodos de elevada densidad (190 a 200 gr/cc por 50 seg.)

Un aspecto muy importante que hay que considerar es que se adapta mejor a las condiciones de perforación que los fluidos a base de aceite, sobre todo partiendo del fluido del pozo, se puede convertir en fluido bentonítico salado saturado, evitando pérdida de tiempo que llevaría a preparar un fluido a base aceite.

FLUIDO CALCICO

Cuando en un fluido base-agua se eleva la concentración de calcio, se puede deber a que corta cemento o se perfora anhidrita.

Cuando se desea tener un fluido cálcico, en teoría lo que se hace es cambiar la arcilla sodica en cálcica, que es menos hidratable, aunque en realidad no se sabe con certeza si toda se convierte en cálcica o sólo una parte. En la práctica para preparar un fluido cálcico, se agrega como reactivo, tanino o un lignosulfonato en concentraciones de 8 a 10 kg/m³ y sosa de 3 a 5 kg/m³, el pH se mantiene en 12.5, la adición de agua continuamente durante la conversión ayuda a mantener bajos sólidos y evita elevada viscosidad y gelatinosidad.

El agregar cemento al fluido (20 a 30 kg/m³) es con el fin de proporcionar suficiente calcio para prevenir la hidratación y dispersión de las lutitas y arcillas perforadas. La sosa cáustica mantiene el calcio en valores tales que auxilia al tanino o lignosulfonato en la habilidad de dispersión y también actúa como bactericida cuando se añade almidón para mantenerse bajo el filtrado. Si el contenido de calcio disminuye la gelatinización e hidratación se presentarán en el fluido; esto puede corregirse si se añade más cemento. Si se baja el contenido de sosa, el calcio aumentará su solubilidad, aumentando la gel y la viscosidad; esto se puede corregir con más adiciones de sosa, el filtrado debe mantenerse de 4 a 8 cc.

Baja la gel cuando tienen elevada densidad con pH de 12.5, pero el problema a altas temperaturas (cerca de 120°C) puede causar la solidificación del fluido por endurecimiento de las lutitas.

Este fenómeno no debe confundirse con la gelatinización, ya que un fluido gelatinoso puede convertirse en fluido por medio de la agitación.

FLUIDOS DE BAJOS SÓLIDOS

En el estudio del efecto de varios fluidos en la velocidad de perforación, se ha visto que los de bajo peso, permiten desarrollar mejores avances que los de elevada densidad. En formaciones rocosas se pueden aprovechar las propiedades del agua para usarse como fluido; se ha encontrado que la velocidad de perforación es mucho mayor con agua que en los casos en que el pozo tiene fluido bentonítico, usado para levantar las partículas, prevenir "reventones" de pozo o controlar lutitas.

Los estudios hechos llegaron finalmente a la conclusión de que el fluido indicado a usarse era el agua por permitir los mejores avances.

En un fluido son varias las propiedades que hay que mantener:

- a) Suficiente viscosidad para permitir eliminar los cortes del agujero.
- b) Un filtrado bajo para prevenir un enjarre grueso, etc.
- c) Un por ciento mínimo de sólidos y que lleve el suficiente peso para evitar los reventones del pozo.

Los fluidos con bajos sólidos tienen como máximo un 1% de sólidos, no obstante se pueden llevar rápidos avances en la perforación aun con fluidos que tengan un porcentaje máximo de sólidos. Es obvio que si el por ciento máximo de sólidos disminuye, el peso disminuirá.

Las densidades de 102 a 104 gr/cc, son suficientes para perforar en áreas sin gas donde las formaciones son lutitas compactas, dolomitas arcillosas, etc., se puede perforar preparando un fluido bentonítico.

Un gran número de estos fluidos se han empleado; pero esencialmente son variaciones muy pequeñas de unos u otros. El problema básico consiste en tener una viscosidad baja que mantenga en suspensión los sólidos y saque los cortes del agujero, y evitar el incremento de densidad.

Algunos de los pasos que se pueden dar para prepararlos, son:

- 1.- El uso de floculantes para precipitar sólidos.
- 2.- El uso de aceite y emulsificantes añadidos para obtener partículas de gran tamaño, más la viscosidad y controlar el filtrado.
- 3.- Usar bentonita de buena calidad para controlar la viscosidad y el filtrado.
- 4.- El uso de CMC o almidón para controlar la viscosidad y el filtrado.

Una manera de cómo se preparan puede ser la siguiente, para un sistema de 100 m^3

- 1.- Agua dulce
- 2.- Sosa cáustica 1 kg/m^3
- 3.- Bentonita 100 kg/m^3 (dependiendo de la calidad de la arcilla, experiencia del químico, etc.)
- 4.- Diesel 10 a 15% (aproximadamente 22 m^3 de aceite)
- 5.- CMC o almidón 8.5 kg/m^3

En síntesis, dentro de los fluidos de perforación, el agua producirá los máximos avances; sin embargo, es necesario formar un enjarre para proteger las paredes del agujero, por lo que se añade bentonita, esta proporciona además de un buen enjarre, un medio de suspensión para material de perforación, quedando las propiedades del flujo lo más cercano posible a las del agua. Si se aumenta más la concentración de coloides, el control de las propiedades del fluido se hace más complicado y se reduce considerablemente la velocidad de perforación elevando los costos; además, la viscosidad tiende a subir, siendo necesaria más presión de bombeo para romper circulación, y el peligro de una pérdida de circulación es mayor en zonas drenadas o porosas.

FLUIDOS BASE-ACEITE

De los fluidos de este tipo los de interés en la presente son las emulsiones inversas; pero antes es necesario discutir la teoría de las emulsiones para entender el comportamiento de las primeras.

El método más simple de hacer una emulsión es agitar juntos a dos líquidos inmiscibles, por ejemplo: aceite y agua, pero la dispersión del aceite en el agua no es estable; pues tan pronto como se deja de agitar se separan y forman nuevamente dos capas.

En los fluidos base agua, el medio en el cual están dispersos todos los componentes químicos (bentonita, barita, reactivos, etc.) es el agua, cuando se añade algún aceite se dice que se está emulsionando; pero esto es debido a que las partículas finalmente divididas que componen el fluido pueden actuar como emulsionante, formándose una capa de partículas sólidas alrededor de las gotas de aceite evitando que se junten; este tipo de emulsión que se llama mecánica, es inestable, y las adiciones continuas de agua varían constantemente la proporción de aceite en estos fluidos. En aquellos donde se incrementa el porcentaje de aceite hasta el 20%, es necesario recurrir a la adición de agentes emulsionantes; por medio de estas sustancias se logra una estabilidad mayor.

Para lograr la estabilidad de una emulsión es necesaria la intervención de un agente emulsionante entre las interfaces de los líquidos. Los agentes emulsionantes están clasificados en varios grupos, de los cuales el más grande y significativo es el de los jabones y detergentes; los primeros son sales metálicas (de sodio y potasio principalmente) de los ácidos grasos, su aspecto estructural consiste en que su extremo salino es soluble en agua e insoluble en aceite, mientras que en su parte de hidrocarburos es soluble en aceite e insoluble en agua. Los detergentes se obtienen reaccionando grasas o aceites con ácidos sulfónicos, actúan en forma parecida a los jabones. Luego la característica esencial de los emulsificantes es su afinidad eléctrica por el agua y el aceite; de esta forma el emulsionante envuelve una gota de estos líquidos repeliéndose entre sí antes de chocar, confiriendo a la emulsión mayor estabilidad.

Se pueden distinguir dos tipos de emulsiones: aceite en agua y agua en aceite; las primeras conducen la corriente eléctrica, se pueden diluir con agua; las segundas no conducen la corriente eléctrica, se pueden diluir con aceites.

Después de esta breve exposición teórica acerca de las emulsiones, se verá la forma de preparar una emulsión inversa

En compañías de perforación, como PEMEX, se ha utilizado el sistema Drilex, como se conoce comercialmente, obteniéndose resultados satisfactorios, puesto que sus características como: filtración, enjarre, suspensión, inhibición, etc. han sido buenas; esto no quiere decir que sea el mejor fluido para perforar, pues su costo en zonas donde se esperan pérdidas de circulación, pueden no hacerlo como el más indicado.

FUNCIONES DE UN LODO DE PERFORACION

1- Enfriamiento y lubricación de la barrena y la sarta

La sarta al estar en contacto con la pared del agujero y la barrena con el fondo generan altas temperaturas y fricciones. El fluido debe estar preparado con el fin de poderle proporcionar la vida máxima a todos estos elementos cuando se someten a operaciones normales, en el mercado se cuenta actualmente con unos lubricantes clasificados como de "presión extrema", que se han estado agregando a todos aquellos fluidos en los cuales la barrena se trabaja a elevadas cargas o revoluciones, en la mayoría de los casos han demostrado ser muy efectivos.

Cada vez que la perforación es más profunda, la lubricación es más importante, esta es una de las razones por las cuales las emulsiones inversas se van arraigar en la perforación futura, ya que son unos excelentes lubricantes.

El fluido, además de lubricar, debe limpiar el área de la barrena que va a estar en contacto con la formación para que ésta trabaje normalmente.

2- Protección de las capas de las paredes con una capa semipermeable (enjarre)

Un buen lodo debe producir un buen enjarre que sea capaz de proteger las formaciones y que disminuya o retarde el flujo de los fluidos a través de ella, esta propiedad de lodo se mejora agregando la cantidad adecuada de la fracción coloidal (fase reactiva) y una dosificación de dispersante coloidal que mejore la distribución de las arcillas.

Cuando se desean reducir los valores del filtrado y la arcilla industrial ya no consigue este fin, se puede recurrir a otros productos que se encuentran clasificados en el grupo de

reductores de filtrado. y ellos son almidón cypau CMC (Carboximetil celulosa).

3- Control de las presiones que surjan durante la perforación

Durante la perforación se encuentran formaciones con gradientes de presiones normales y anormales. Las normales se pueden clasificar en altas y bajas, las de mayor peligro para el equipo y personal son las altas; por tal motivo, se les debe manejar con mucha precaución para evitar los siniestros, cuando se tiene que atravesar una formación con presión alta, se debe calcular la cantidad de material densificante que en un determinado momento se requiera para incrementar la densidad del lodo, el lodo es el único elemento que controla las presiones de las formaciones; desde luego, que no se debe menospreciar la capacidad humana y el equipo diseñado para este fin.

El gradiente de presión de una formación normal es 0.108 kg/cm²/m. El máximo gradiente de una formación de presión anormal 0.240 kg/cm²/m, la fórmula para calcular la cantidad de densificante (barita) es la siguiente:

$$\text{Peso del agregador} = \left(\frac{DF-DO}{1 - \frac{DO}{DA}} \right) \cdot 1 = 100 \text{ Densidad del agua}$$

DF = Densidad Final

DO = Densidad Original

DA = Densidad del agregado (Barita 4.15 gr/cm³)

1 = Densidad del agua

Peso del agregado = kg/lt o ton/m³

4.- Mantener en suspensión los cortes y el material denso cuando se interrumpe la circulación

Un buen lodo de perforación debe tener propiedades que le permitan acarrear los cortes durante la perforación y soportarlos durante el tiempo que estuvo suspendida la misma. para lograr esto, se vale del punto de cedencia y la gelatinosidad, estas propiedades al igual que el resto pueden ser manejadas a base de tratamiento con el fin de lograr el punto óptimo de trabajo de cada una de ellas. Todos los

fluidos de perforación caen en la clasificación de los plásticos de Bingham, los cuales tienen como principal propiedad la tixotropía, la cual nos habla de la propiedad de reversibilidad que se observa en los lodos, cuando estos se encuentran en circulación son fluidos ligeros y cuando quedan en reposo tienden a formar una estructura gelatinosa debida a las cargas electroquímicas de las fases reactivas, dependiendo la gelatinosidad de la magnitud de dichas fuerzas. Si un fluido de perforación no reúne la propiedad de tixotropía, no está trabajando correctamente; por tal motivo, se debe analizar para determinar la razón de dicha falla y corregirlo lo más pronto posible. La gelatinosidad puede ser frágil o progresiva; la frágil tiene valores iniciales medios y sufre pequeños incrementos en su determinación final, mientras que la progresiva reporta valores iniciales bajos y valores elevados; por lo cual se debe someter a tratamientos a base de dispersantes coloidales, con el fin de estabilizar su gelatinosidad para evitar los riesgos de pérdida de circulación por pistoneo al bajar la sarta o alcanzar presiones de bombeo muy elevadas en el intento de romper la circulación.

La arena que se encuentra en suspensión se debe eliminar por medios mecánicos (desarenador) o por medios físicos permitidos (la precipitación), la arena en circulación produce desgaste en todo el sistema circulatorio y siempre se manifiesta como el enemigo número uno de las bombas; el porcentaje máximo es de 2% valores superiores a éste, tienen graves consecuencias y mucho tiempo perdido por reparaciones.

5- Poner en libertad los cortes y la arena una vez que el lodo llega a la superficie.

El lodo debe permitir que una vez que los cortes llegan a la superficie se pueden eliminar fácilmente, bien sea mecánicamente o físicamente, la recirculación de los sólidos indeseables traen muchas consecuencias con la operación del equipo, las arcillas naturales requieren de una cantidad determinada de dispersante para poder trabajar sin alterar las propiedades reológicas, lo cual eleva grandemente el costo de mantenimiento de los fluidos de perforación.

6- Disminuirles trabajo al equipo levántacarga por el efecto de flotación.

A medida que los yacimientos se van buscando cada vez más profundos, el equipo se ve sometido a un trabajo muy grande con

el fin de llevar a cabo las operaciones, una de las formas de reducir (alivianar) ligeramente el trabajo del equipo es por medio del efecto de flotación, que experimentan tuberías cuando se ven sumergidas en lodo, al efecto de flotación será mayor cuando sea más elevada la densidad. Esta técnica de reducción de peso se debe aplicar con un criterio muy amplio y teniendo un completo conocimiento de las estructuras geológicas que vamos a perforar para evitar pérdidas de lodo, pegadoras de tuberías por presión diferencial.

7.- Reducir al mínimo cualquier efecto adverso de las formaciones adyacentes al agujero.

Es importante tomar el mayor número de precauciones con el fin de que durante la perforación, las formaciones que tienen contacto con las barrenas no sufran daños que puedan acarrear consecuencias a las operaciones o al desarrollo del pozo; por tal motivo, la persona encargada de lodos debe estar pendiente siempre, para tratar de prevenir pérdidas de circulación, flujo de agua, aceite y gas, altas filtraciones, etc., todas ellas retardan las operaciones y elevan los costos de la perforación, la protección del agujero debe ser una de las preocupaciones constantes de las personas encargadas de la perforación.

8.- Permitir extraer la máxima información de todas las formaciones atravesadas durante la perforación.

Siempre se debe tener el mayor número de conocimiento de las formaciones perforadas con el fin de poder extraer información en cualquier momento, las formaciones de especial interés son aquellas que tienen vestigios de hidrocarburos (pozos petroleros) o aquellos que tengan presencia de agua (pozos para agua).

Estas formaciones se deben perforar con mucho cuidado para no correr el riesgo de invadir las zonas productoras y que la producción se vea disminuida por este tipo de accidentes. Los geólogos son las personas encargadas de procesar la información y determinar que formaciones presentan condiciones económicas explotables; dichas formaciones siempre son los objetivos fluidos de la perforación.

SISTEMAS DE TRES FASES

La mayor parte de los lodos de perforación pueden clasificarse como lodos base-agua, comprendiendo estos a todos aquellos fluidos que tienen como fase continua el agua, la arcilla y el material densificante, se encuentra en suspensión; estos lodos se componen de tres elementos:

- 1.- Agua (fase continua)
- 2.- Arcilla, bentonita (fase reactiva) estas arcillas son por lo general comerciales, algunas otras se incorporan durante la perforación.
- 3.- Sólidos inertes o baritas (densificantes). Este material se utilizó solo cuando se desea elevarle la densidad. Sus propiedades de no reaccionar con el agua por productos químicos se deriva su comportamiento tan simple.

LODOS CÁLCICOS

Los lodos cálcicos tratados son aquellos que utilizan la cal o el cemento como fuente para obtener el calcio soluble Ca^{++} en el filtrado, generalmente se compone de un dispersante orgánico, sosa cáustica, cal o cemento, y un reductor de filtrado. El calcio en el filtrado debe estar entre 75 y 200 ppm.

Se pueden emplear tres tipos de lodos cálcicos:

- 1.- Lodos cálcicos de baja alcalinidad y bajo contenido de cal.
- 2.- Lodos cálcicos tradicionales
- 3.- Lodos de alta alcalinidad y alto contenido de cal.

Estos lodos son similares y solamente varían por la alcalinidad y el contenido de cal. Por lodos cálcicos tradicionales y los lodos de alta alcalinidad son los más comunes; se usan tanto para contaminaciones, como para perforar aquellas formaciones que aportan grandes cantidades de sólidos activos (arcilla) y que no nos damos abasto para eliminar.

Los lodos de baja alcalinidad y bajo contenido de cal son usados para cuando se perforan formaciones de alta temperatura, donde los dos lodos anteriores nos dan buenos resultados.

LODOS SURFACTANTES

Las perforaciones actualmente se realizan a grandes

profundidades y en lugares donde se presentan problemas muy complejos y en muchas ocasiones se han tenido que suspender las operaciones parcial o definitivamente por incapacidad de los lodos. Los factores que más afectan los lodos son las temperaturas, los sólidos que se incorporan durante la perforación y los contaminantes, las propiedades que más sufren son la viscosidad gel y el filtrado.

Al tener valores altos en las propiedades anteriores se observa una secuencia de problema en las operaciones, por ejemplo Altas resistencias al sacar la tubería, inducción a pérdidas de pistoneos se facilita la gasificación del lodo, frecuentes pegaduras por presión diferencial, etc.

Lo anterior nos trae como consecuencia pérdidas de tiempo al estar pescando, al tratar de controlar el pozo, reduciendo en la elevación del costo por metro; y en algunas ocasiones no se logra el objetivo.

Los lodos surfactantes; son fluidos que aparecieron en la perforación con el fin de eliminar algunos de los problemas que venían asociados con las perforaciones a grandes profundidades, originalmente se desarrollaron con el fin de soportar altas temperaturas, algunas de ellas del orden de los 200°C. Sin embargo, en el campo se observa que tiene una gran capacidad para soportar sólidos, fuertes contaminaciones de sal, cemento, yeso. Reportando buenas propiedades de viscosidad, gel y filtrado.

El nacimiento de los lodos surfactantes, se debió a la necesidad técnica de encontrar un lodo, que viniera a sustituir a los lodos cálcicos, ya que estos a temperaturas de 150°C. se volvían muy difíciles en su mantenimiento.

Las investigaciones y las pruebas de campo permitieron desarrollar 4 tipos de lodos, cada uno de los cuales tienen propiedades específicas y se usan para atacar problemas determinados; los lodos surfactantes son:

- 1- Lodos surfactantes de bajos contenidos de sólidos.
- 2- Surfactantes cálcicos.
- 3- Surfactantes de agua salada.
- 4- Surfactantes salados saturados.

Todos estos lodos son de floculación controlada que incorporan agentes activos de iónicos y electrolitos solubles en agua.

LODOS SURFACTANTES DE BAJOS CONTENIDOS DE SÓLIDOS

Este lodo utiliza cloruro de calcio (CaCl_2) con electrolito y el CYPAN como reductor de filtrado, el CYPAN soporta altas temperaturas antes de degradarse. Este lodo es usado para perforar con temperaturas 160°C, soportan a todos los contaminantes.

LODOS SULFACTANTES CALCICOS

Estos lodos tienen como principal electrolito CaSO_4 sulfato de calcio que es un floculante, se usa CMC como reductor de filtrado. Estos lodos reportan una buena estabilidad y una ausencia de reacciones de solidificación a temperatura de 150 a 170°C, estas propiedades se deben al uso de la driesosa.

Al cambiar los efectos de surfactantes y el calcio dan un medio parecido al de los lodos calcicos. Las propiedades de este lodo se pueden aumentar, agregando cloruro de sodio y cloruro de calcio junto con el sulfato de calcio.

Después de que la concentración electrolítica se ha elevado, se observa que el lodo soporta grandes concentraciones de sólidos, debido a que las arcillas naturales les es imposible hidratarse de la presencia de tantos iones de calcio (Ca^{++}).

LODOS SURFACTANTES DE AGUA SALADA

Estos lodos se preparan con agua salada, soportan un alto % de sólidos y tienen una baja resistividad eléctrica.

Su aplicación es mayor en campos localizados en el mar y en la costa.

LODOS SURFACTANTES SALADOS SATURADOS

Estos lodos tienen su principal aplicación en la perforación de estratos salados y domos salinos.

concentración electrolítica en la fase actuará a base de cloruro de sodio, estos lodos soportan una alta concentración de sólidos. Su resistividad es muy baja, por lo que consiguen muy buenos registros eléctricos

La expresión surfactante significa un agente desactivado de superficie, el cual actúa sobre los materiales. En lodos de perforación los surfactantes actúan sobre las superficies de las arcillas e incrementan en capacidad para absorber agua, dichos productos también reportan una disminución en la tensión superficial de la fase acuosa. Los productos empleados en lodos como surfactantes son compuestos orgánicos que contienen aceites solubles que en reacción con el óxido de etileno forman cadenas moleculares muy grandes, el cual le permite al aceite una alta solubilidad.

El surfactante primario se vende en el mercado con el nombre de D.M.S. (Drilling Mud-Surfactant) que en español significa lodo surfactante de perforación, y el emulsificante se vende con el nombre de DME (Drilling Mud Emulsifier).

LODOS SALADOS

Los lodos de agua salada son aquellos que contienen arriba de 10.000 ppm de cloruro de sodio; los lodos de agua dulce generalmente presentan buenas propiedades mientras no rebasan una salinidad como la anterior, una vez que se rebasa esta salinidad se tienen problemas con las propiedades de flujo, y con el filtrado. Lo más recomendable en el caso anterior es el uso de un lodo salado. La sal se puede incorporar al lodo cuando se perfora un domo salino, estratos de sal, o cuando se presenta un flujo de agua salada. Si se perfora la sal sólida es conveniente preparar un lodo salado.

Cuando se presenta un flujo de agua salada las propiedades de nuestro lodo varían, lo primero que hay que hacer es tratar de controlar el flujo. Posteriormente, el lodo recibirá un tratamiento que normalice sus propiedades; si se dificulta el control de flujo el lodo puede convertirse a un lodo que tolere concentraciones más elevadas de sal. Cuando se va a iniciar la perforación en muchas localizaciones no se dispone de agua dulce, por lo cual se puede utilizar agua salada de mar o salobre. Las concentraciones de sal de estas aguas es de 35 000 ppm de sodio y de 1000 a 250 000 de ión calcio o magnesio (dureza); estos iones también afectan las propiedades físicas del lodo.

LODOS DE AGUA SALADA Y SALOBRE

En el agua salada y salobre siempre se encuentran sales de calcio y magnesio que tienden a disminuir el rendimiento de las arcillas (bentonita) que se usa en la preparación de agua dulce.

Dichas aguas requieren concentraciones variadas de arcillas para obtener viscosidades, con las cuales se pueden obtener viscosidades con las cuales se pueden trabajar básicamente. La cantidad de arcilla depende de la concentración de la sal en el lodo. En el mercado existen arcillas que son capaces de hidratarse con agua salada sin importarles que concentración tengan; estas arcillas se conocen como atapulguitas. Para obtener unos buenos rendimientos se hace una mezcla de bentonita y atapulguita se obtienen buenas propiedades de flujo, pero el filtrado en la mayoría de las ocasiones es elevado, por lo que se requiere la presencia de un reductor del mismo (coloide orgánico). La relación de bentonita-atapulguita puede ser 80/20, 70/30, 60/40 o aquellas que produzcan la mayor viscosidad si el agua contiene iones de calcio o magnesio en solución, éstas se pueden precipitar con soda ASH.

PRUEBAS FISICAS Y QUIMICAS EFECTUADAS A LOS LODOS DE PERFORACION

El propósito de analizar el lodo de perforación es el determinar su habilidad para cumplir ciertas funciones necesarias, que pueden ser diferentes y características de cada región. El estándar de la industria petrolera sobre pruebas de lodos, es el establecido por la A.P.I. y publicada en el boletín No. 29 "Recommendad Practices on Standard Field Procedure for Testing Drilling Fluids". Estas pruebas que se describen a continuación son tomadas del manual indicado.

Densidad del lodo

La determinación y el control de la densidad de los lodos es esencial para el desempeño de algunas funciones básicas, tales como evitar el flujo de hidrocarburos y de otros fluidos al pozo y el de evitar derrumbes. También es necesario el valor de la densidad para poder efectuar cálculos de contenido de diferentes clases de sólidos en el lodo, de consumo de materiales para aumentar o disminuir la densidad, etc.

Los instrumentos se emplean comunmente para la determinación de la densidad del lodo; una balanza y un hidrometro. La balanza es la más empleada entre nosotros.

Prueba No. 1. Determinación de la densidad por medio de la balanza

Se han fabricado balanzas con diferentes cantidades y tipos de escalas y de diversos rangos o capacidades. A continuación damos los de las balanzas más comunes.

Balanzas con dos escalas de los siguientes rangos.

De 7.8 a 18.4 libras por galón; graduaciones de 0.1 lb/gal.

De 58 a 136 libras por pie cúbico, graduaciones de 0.01 unidades.

Otra balanza con 4 escalas con los siguientes rangos.

De 0.72 a 2.88 de peso específico; graduaciones de 0.01 unidades.

De 6 a 24 libras por galón; graduaciones de 0.1 lb/gal.

De 45 a 180 libras por cúbico; graduaciones de 0.5 lb/pie³.

De 310 a 1250 lb/pg² por cada 1 000 pies de profundidad (escala) útil para calcular el gradiente de presión del lodo, en unidades del sistema inglés.)

El rango de estas balanzas pueden aumentarse en los dos sentidos, usando una extensión especial para pesos mayores y una tapa de mayor peso para densidades menores.

Procedimiento:

- 1.- Coloque la balanza en una superficie lisa y nivelada.
- 2.- Quite la tapa y llene totalmente la copa con el lodo que se va a pesar. Si la copa está mojada, desecha la primera porción de lodo. No deben de quedar burbujas de aire atrapadas en el lodo; golpee ligeramente la copa hasta que desaparezca.
- 3.- Coloque la tapa dándole un ligero movimiento de rotación hasta que quede firmemente sentada sobre la copa, asegurándose de que parte del lodo escape por el orificio de purga.
- 4.- Limpie de lodo el exterior de la balanza.
- 5.- Coloque la balanza sobre su base, de manera que el prisma descansa sobre el fulcro (punto de apoyo de la palanca órgano de soporte o hinción de las planchas).
- 6.- Mueva la pesa hasta balancear el instrumento, ayudándose para ello con el nivel de burbuja.
- 7.- Lea el peso del lodo en el lado de la pesa más próximo al prisma.

Resultado:

Reporte el resultado hasta en centésimas del gramo por centímetro cúbico.

Para convertir la lectura de lb/gal a g/cc, multiplique por el factor 0.12.

Calibración

La balanza debe calibrarse frecuentemente con agua dulce, la cual debe dar una lectura a la temperatura ambiente de 100 gr/cc (8.33 lb/gal).

La balanza se puede ajustar quitando o poniendo murciélagos en el depósito especial al extremo del fiel.

Viscosidad

La viscosidad de los lodos disminuye al aumentar la

temperatura. Un aumento de presión produce un aumento de viscosidad, aunque este efecto es mas notable a presiones considerablemente altas.

La viscosidad de los lodos afecta la velocidad de perforación. En una misma formación y manteniendo lode las demás variables iguales, la velocidad de perforación disminuye a medida que aumenta la viscosidad.

Este efecto de la viscosidad sobre la velocidad de perforación se debe posiblemente a una o varias de las siguientes causas:

- 1).- Al aumentar la viscosidad del lodo disminuye la eficiencia hidráulica de las bombas de lodo.
- 2).- Un aumento de viscosidad incrementa las pérdidas por fricción en el circuito del lodo, lo cual significa por lo general una reducción en el volumen del lodo circulado y menor eficiencia del lodo para eliminar y evitar que la barrena los remuela.
- 3).- Los lodos con muy altas viscosidades proporcionan un cojón viscoso que disminuye la fuerza de impacto de los dientes de la barrena sobre la formación.

Existen cuatro tipos o modelos ideales de fluidos, que son: los newtonianos (también llamados "verdaderos"), los líquidos pseudoplásticos, los líquidos dilatantes y los líquidos plásticos de Bingham.

Los tres últimos tipos se conocen también con el nombre genérico de no newtonianos. La mayor parte de los lodos de perforación son suspensiones coloidales y las emulsiones que se comportan como fluidos plásticos o no-newtonianos y se asemejan al modelo propuesto por Bingham, por lo que a los lodos de perforación se les denomina también líquidos plásticos de Bingham.

Líquidos Newtonianos. Se caracterizan por que la relación del esfuerzo de corte con la velocidad de corte es constante, esto es, su viscosidad es constante si permanecen fijos la temperatura y la presión. Esta misma condición la cumplen también los gases y desde este punto de vista pueden considerarse como fluidos newtonianos.

Como ejemplo de líquidos verdaderos tenemos el agua, la mayor parte de las soluciones acuosas, alcohol etílico, éter, etc.

Líquidos Seudoplásticos En estos líquidos la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de corte. Ejemplos, soluciones de latex y algunas soluciones de jabón.

Líquidos Dilatantes El valor de la viscosidad aumenta al aumentar la velocidad de corte. Ejemplos: resinas vínicas y engrudo de almidón.

Líquidos Plásticos de Bingham El comportamiento de estos líquidos bajo diferentes valores de esfuerzo de corte se caracterizan por dos parámetros: la viscosidad plástica y el "punto de cedencia". Se requiere un valor determinado del esfuerzo de corte para obtener una velocidad de corte apreciable. Este valor mínimo del esfuerzo de corte lo denominamos punto o valor de cedencia. Al aumentarse todavía más el esfuerzo de corte, se reduce la viscosidad del líquido en la región donde el régimen de flujo es de tapon y en la región de transición de flujo de tapon a flujo laminar. En la región de flujo laminar la viscosidad permanece constante y se le denomina viscosidad plástica. El valor de esta viscosidad disminuye nuevamente en la región de transición de flujo laminar a flujo turbulento. En la región de flujo turbulento estos líquidos plásticos se comportan en forma similar a los verdaderos, es decir el esfuerzo de corte es directamente proporcional a la velocidad de corte. Como ejemplo de estos líquidos, aparte del lodo de perforación ya mencionado, están las lechadas de cemento, la mayor parte de las suspensiones de sólidos, particularmente si los sólidos tienden a hincharse, a solvarse o en general a asociarse con la fase líquida; también se cuentan unas gelatinas de fractura con empleadas en los pozos petroleros.

El punto de cedencia o valor inicial del esfuerzo de corte, se debe a una propiedad de estructuración por cargas químicas recíprocas, de las partículas coloidales en suspensión, originando que los líquidos plásticos en reposo adquieran una consistencia gelatinosa, la cual desaparece por agitación. A esta propiedad se le denomina "tixotropía" y es un proceso reversible e isotérmico.

El valor de la viscosidad plástica de un líquido de Bingham depende de los siguientes factores:

- a).- Temperatura del líquido
- b).- Viscosidad del medio dispersante (fase líquida)
- c).- Concentración de los sólidos
- d).- Forma de los sólidos.

De acuerdo con lo anterior, el tratamiento de los lodos con agentes dispersantes no reduce la viscosidad plástica de los mismos, puesto que no modifica ninguno de los factores mencionados. Si el agente dispersante reduce el punto de cedencia del lodo por saturación de valencias químicas, el estudio viscosimétrico del lodo tratado con dispersante no modifica las propiedades del lodo.

Si a la vez se reduce el punto de cedencia del lodo por la adición de un dispersante alteramos uno de los factores que influyen en la viscosidad plástica, como por ejemplo, reduciendo la concentración de sólidos (que incidentalmente es la forma más común de reducir la viscosidad plástica), se obtendrá un lodo con menor punto de cedencia y menor viscosidad.

Como son muchos los factores que influyen en la viscosidad plástica no siempre se pueden correlacionar esta con el contenido de sólidos de un lodo, y para el control de los lodos en los pozos, se establecen normalmente límites o rangos de viscosidad plástica. Estos rangos deben determinarse para cada región y para cada densidad, tipo de lodo, tratamiento químico, etc. Como excepción a lo ya indicado, algunos lodos sí disminuyen su viscosidad plástica cuando se tratan con dispersantes.

La viscosidad aparente de un líquido plástico es la que se determina a una sola velocidad de corte, suponiendo que el valor corresponde a la lectura de un líquido verdadero, o sea que la viscosidad aparente está dada por la pendiente de la recta que va del origen al punto determinado por los valores de esfuerzo de corte y velocidad de corte. Al determinar la viscosidad aparente a diferentes velocidades de corte, se obtienen diferentes valores de ella en el mismo líquido plástico. Esta viscosidad no es un dato muy útil para el control de los lodos de perforación.

DETERMINACION DE VISCOSIDAD CON EL EMBUDO DE MARSH

Este instrumento se emplea para las determinaciones rutinarias de viscosidad en los equipos de perforación y los valores que se obtienen con él son útiles como valores comparativos de control. Podemos definir la viscosidad Marsh como el tiempo, en segundos, que tarda en salir un litro de lodo de un embudo de dimensiones estándar, cuando se pusieron en el embudo 1500 cc de lodo.

Los valores obtenidos con el embudo de Marsh están influenciados por la velocidad y fuerza de gelatinosidad y por la densidad del lodo. Debido a estas variaciones, las viscosidades determinadas con el embudo de Marsh no se pueden correlacionar con las obtenidas en otros viscosímetros.

El embudo tienen 6" de diámetro en la parte superior y 12" de altura. La mitad de la abertura superior está cubierta por un cedazo de malla 10 (1/16" de abertura); el orificio inferior tiene 3/16" de diámetro interior y 2" de longitud. La capacidad del embudo hasta la marca superior, es de 1500 cc. La jarra tiene graduaciones en centímetros cúbicos hasta un litro y en onzas hasta un cuarto de galón.

Procedimiento

- 1- Sostenga el embudo en posición vertical con el dedo índice tapando el orificio de descarga.
- 2- Vacíe, a través del cedazo, la muestra de lodo recién tomada de la caja de la tremolina, de los canales de lodo o de cualquier punto donde el lodo esté en agitación. Llene hasta la marca en la parte inferior del cedazo.
- 3- Inmediatamente quite el dedo índice del tubo de descarga y con un cronómetro mida el número de segundos que tarda en salir del embudo un litro de lodo. Cualquier dilación para vaciar el lodo produce resultados altos.

Resultados

Reporte de viscosidad Marsh en segundos. En algunos casos, especialmente al hacer pruebas piloto con los lodos no se dispone de un volumen suficiente para hacer la prueba en la forma indicada y es necesario reportar la cantidad de lodo que se puso en el embudo y la cantidad de lodo que salió en el tiempo reportado. Por ejemplo 50 seg., 1000-50 cc. indica que

en el embudo se pusieron 1,00 cc de lodo y tardaron 50 seg en salir 500 cc. Otro método usado en las pruebas piloto es determinar el tiempo que tarda en salir todo el lodo que se puso en el embudo; por ejemplo, 20 seg 500-500 cc, indica que en 20 segundos salieron los 500 cc de lodo que se colocaron en el embudo. En estos casos se determina la cuenta del tiempo generalmente cuando empieza a gotear el lodo del embudo. La viscosidad Marsh API es el tiempo, en segundos, que tarda en salir un cuarto de galón, cuando se pusieron en el embudo 1,500 cc.

Calibración

Para calibrar el embudo de Marsh llenese en 1,500 cc de agua dulce a 26°C de temperatura. El tiempo de salida de un litro de agua dulce debe ser 28 ± 0.5 segundos.

El tiempo de salida de un cuarto de galón debe ser de 26 ± 0.5 seg.

DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD CON EL VISCOSIMETRO STORMER

Este aparato mide la viscosidad bajo condiciones de agitación, disminuyendo en esa forma el efecto de la gelatinosidad. Generalmente sirve solo para determinar la viscosidad aparente de los lodos, así como también las gelatinosidades. Consiste de un rotor cilíndrico que gira dentro de una copa llena del lodo que se va a probar. El rotor gira por medio de engranes accionados por pesas que caen sujetas a un hilo.

Las revoluciones del rotor se leen en un contador de revoluciones y un cronómetro de tiempo. Por tanteos se agregan pesas a la línea hasta estabilizar las revoluciones del rotor en 600 rpm. El peso agregado en gramos, se utiliza para obtener la viscosidad aparente del lodo por medio de una tabla o gráfica de calibración especial de cada viscosímetro.

El valor obtenido es la viscosidad aparente del lodo, en centipoises medida a una velocidad de corte correspondiente a 600 rpm del viscosímetro Stormer.

Procedimiento

- 1.- Se atornilla el rotor en su lugar y se llena la copa con lodo hasta 1/4" del borde superior. Si el lodo contiene material obturante o cortes de la formación, pásese a través de una malla número 10 antes de vaciarlo a la copa.
- 2.- Coloque la copa en el viscosímetro. En los viscosímetros que tienen baño de temperatura constante, se conecta y se espera hasta que se establezca la temperatura a un valor predeterminado.
- 3.- Se quita el freno del rotor y se agita el lodo haciendo girar rápidamente el rotor.
- 4.- Ponga el freno y añada pesas a la línea, calculando que hagan girar el rotor a 2.600 rpm (60 revoluciones en 6 segundos o 100 en 10 segundos dependiendo de las graduaciones del indicador de revoluciones).
- 5.- Quite el freno, agite nuevamente el lodo y deje que el rotor de unas 20 o 30 revoluciones para que se establezca la velocidad del rotor y entonces mida con el cronómetro los segundos requeridos para que la aguja del contador de revoluciones de una vuelta completa.
- 6.- Si la aguja del contador da una vuelta completa en un tiempo menor del correspondiente a 600 rpm, es que colocamos pesas de más en la línea y hay que quitar algunas antes de proseguir. Si el tiempo de una revolución es mayor del que debiera, faltan pesas en la línea y debemos aumentarlas antes de repetir el paso 5. Continuamos en esa forma quitando y poniendo pesas por tanteos, valiéndonos del tiempo, en segundos y fracciones de segundo, que tarda en dar una vuelta completa la aguja, hasta obtener exactamente 600 rpm.
- 7.- El número de gramos que representa la fuerza impulsora, determinados en el paso 6, se usan para obtener la viscosidad del lodo en centipoises, de la tabla o gráfica de calibración del viscosímetro.

Resultados

Reporte la viscosidad aparente en centipoises (cps), junto con la temperatura a la que se hizo la determinación.

Calibración

Estos viscosímetros deben calibrarse periódicamente, empleando soluciones de viscosidad conocida a las temperaturas de operación. Generalmente se hace la calibración con mezclas de glicerina y agua químicamente puras.

Medidas estándar de viscosidad en unidades SSU (Segundos Saybolt Universal)

Agua - 34-36 ssu
Lodo 38 limos y arcillas
Arenas 40-42
Gravillas 40-42
Gravas grandes 44-50 hasta 56
Boleos 44-50 hasta 56
Calizas 44-50 hasta 56

Las medidas de viscosidad más que nada están basadas en función de la porosidad, mientras más porosa sea la roca la viscosidad de 44 a 50 puede variar hasta 56 ssu dependiendo del fracturamiento de la roca.

Medida de la densidad en base al aumento de la profundidad del pozo

Nota: La densidad del lodo ira aumentando conforme aumente la profundidad del pozo, independientemente del tipo de material.

Si existe presencia de gas es necesario aumentar la densidad.

TIPOS DE BARRENAS

En general, las barrenas de rodillos pueden clasificarse como:

- 1.- Barrenas de dientes de acero (dientes triangulares)
- 2.- Barrena de insertos de carburo de tungsteno

Las barrenas de dientes de acero. Las antiguas barrenas de rodillos eran construidos con dos conos que simplemente rodaban en el fondo del hoyo según giraba la barrena. Estos conos estaban perfectamente alineados el uno con el otro, en contraste con los conos de las barrenas modernas. El antiguo diseño todavía se emplea en la mayoría de las barrenas para formaciones duras, la acción de la barrena consiste simplemente de triturar y astillar la roca con el fin de abrir el hoyo.

Las barrenas de rodillos modernas que se emplean en las formaciones blandas tienen sus conos desalineados. La alineación descentrada o excéntrica, de los conos causa que los dientes raspen y excaven a la formación según giran los conos en el fondo del hoyo; la cantidad que raspan dependen de la magnitud de la desalineación del cono. El interengranaje de los dientes hace posible el empleo de dientes más largos, así como la autolimpieza. Las barrenas diseñadas para las formaciones más blandas, con el menor número de características abrasivas, tienen el mayor grado de excentricidad de los conos. La excentricidad reducida (o no existente) se utiliza en las barrenas diseñadas para las formaciones más duras y abrasivas. En general, los dientes que son ampliamente separados, largos y afilados son empleados para las formaciones blandas; los dientes con poca separación, que son cortos y fuertes son empleados para las rocas duras.

Existen barrenas con dientes de acero para las formaciones blandas, medianas y duras éstas están siendo rápidamente reemplazadas por barrenas con insertos de carburo de tungsteno. También existen barrenas con dientes que se autoafilan: en este caso la superficie de un lado del diente es dura mientras que el otro lado no lo es, de modo que cuando el lado blando se desgasta, el lado con la superficie dura mantiene su filo.

Barrenas con insertos de carburo de tungsteno. En los últimos años, se han realizado muchos avances en el diseño de las barrenas con insertos de carburo de tungsteno y cojinetes sellados. En el pasado estas barrenas tenían solamente pequeñas extensiones de carburo, propias para los regímenes de penetración lentos que entonces se lograban. Las barrenas con

insertos de carburo de tungsteno fueron usadas para reducir el tiempo requerido para hacer una carrera, porque la misma barrena se podrá utilizar para diferentes formaciones, sin embargo, las velocidades de rotación lentas reducen los regímenes de penetración mientras que las velocidades altas, podían ocasionar roturas en los insertos.

Las barrenas modernas con insertos de carburo de tungsteno son capaces de alcanzar altas velocidades de rotación - hasta 180 revoluciones por minuto (RPM) o más comparado con 45 RPM de las barrenas más antiguas. Además, las barrenas nuevas con insertos de carburo de tungsteno para alta velocidad funcionan con un peso mayor sobre la barrena que lo que podían soportar las más antiguas.

En el pasado, la mayoría de las fallas con los insertos de carburo de tungsteno surgían por roturas de las estructuras cortantes, la erosión de la capa exterior del cono y por daño a los cojinetes. En las barrenas modernas con insertos de carburo de tungsteno, las toberas proporcionan mayor seguridad para los insertos mediante un lavado más rápido y más eficiente de los rípios de lo que podían lograr los cursos de fluido de perforación convencionales. Nuevos avances en la constitución de los materiales para hacer conos han hecho a éstos más resistentes al desgaste y por consiguiente, se han disminuido las fallas en los conos. La mayor innovación en las barrenas con insertos de carburo de tungsteno ha sido el desarrollo de los cojinetes sellados, ya que las fallas en los cojinetes constituían una de las más comunes en este tipo de barrena.

Entre las ventajas de la barrena con insertos de carburo de tungsteno se incluyen la gran durabilidad, la buena penetración de los insertos en la formación, hasta 80% del inserto en las formaciones blandas y la habilidad de perforar en diferentes tipos de formación con la misma barrena.

Entre las desventajas se incluyen el hecho que la erosión alrededor de la base de los insertos puede resultar en la pérdida de estos y la posibilidad de que la penetración de los insertos pueda hacer que la capa exterior de los conos haga contacto con la formación y transmita los golpes de carga de la sarta de perforación directamente hacia el cojinete.

La barrena con insertos de carburo de tungsteno ha recibido una aceptación tan amplia que los programas de investigación y adelantos tecnológicos para ésta han recibido prioridad; por lo tanto éstas seguirán adelantando rápidamente.

Existen ahora muchos tipos de barrenas de dientes de acero y de insertos de carburo de tungsteno. Es posible obtener barrenas de insertos capaces de perforar una amplia gama de formaciones que varían entre las blandas y las semiduras con alta fuerza de compresión, la media duras con alta fuerza de compresión, y las formaciones duras y abrasivas.

LOS COJINETES

Los cojinetes en las barrenas de rodillos deben dar un rendimiento satisfactorio bajo condiciones algo severas. Por ejemplo, una barrena de 8^{3/4} de pulgada (222 mm) de diámetro puede ser girada entre 35 y 70 RPM con 70,000 libras de peso sobre la barrena, o en exceso de 250 RPM con 30,000 libras de peso sobre la barrena. Las barrenas de rodillos pueden ser giradas durante 30 horas o más en lodo abrasivo y hasta por 300 horas bajo condiciones óptimas.

La lubricación. La lubricación es un factor de extrema importancia para las barrenas y los cojinetes. Sin embargo, los cojinetes sellados, como su nombre lo indica, están sellados de tal manera que el lodo de perforación no pueda llegar a tocarlos. Por lo tanto, se les debe proveer un lubricante que provenga de otra fuente. Generalmente un depósito de lubricante se localiza en cada pata de la barrena cuando ésta es fabricada.

La mayoría de los lubricantes utilizados en los cojinetes son a base de petróleo o grafito. Algunos lubricantes emplean otros aditivos, hasta el jabón. Algunos cojinetes se auto lubrican, uno de estos cojinetes emplea el calor para lubricarse.

La plata, el plomo y el indio se adhieren en las superficies que harán contacto la una con la otra. A medida que las superficies se calientan debido a la fricción, el indio se funde en pequeñas cantidades las cuales proveen lubricación.

Los cojinetes sellados. Durante muchos años las barrenas de rodillos eran producidas únicamente con cojinetes no-sellados. La duración útil de este tipo de cojinete era relativamente corta porque el fluido de perforación abrasivo lo penetraba y causaba descostramiento y desgaste abrasivo de todos los componentes del cojinete, especialmente de la pista de los rodillos del cojinete. Esta barrena de cojinetes sellados hace posible que la duración útil del cojinete se prolongue, ya que permite que este opere en un ambiente de lubricación limpio.

Los componentes principales de un cojinete sellado consisten del cojinete el depósito de grasa y el compensador de presión. El sello mantiene al lubricante adentro y al lodo de perforación fuera del cojinete, mientras que el depósito de grasa provee el lubricante que se le suministra al cojinete para reabastecer lo usado.

El compensador de presión mantiene la misma presión adentro que afuera del cojinete. Para realizar la ventaja potencial del cojinete sellado es necesario que todos los componentes del sistema funcionen.

LAS CHUMACERAS

Una barrena con insertos de carburo de tungsteno y chumaceras, mantiene a sus conos retenidos en el pasador del cojinete mediante el uso de bolas, tal como se logra en el caso de la barrena con cojinetes de rodillos. Un anillo es empleado en el cojinete para sellarlo y protegerlo contra la intrusión del fluido de perforación y la pérdida de la mezcla especial de grasa lubricante. El cambiar los rodillos por una chumacera permite lograr que el pasador tenga la máxima resistencia, debido a que es posible utilizar un pasador de mayor diámetro.

En el lado del pasador de la chumacera que hace presión se utiliza una superficie dura con alta resistencia al desgaste y una aleación especial o incrustaciones de una aleación especial, que sirven como lubricante sólido; estas dos medidas sirven para dar una máxima resistencia a la pista de la chumacera del cono y así evitar el desgaste. La combinación de una superficie dura junto con una aleación también se emplea en las áreas de empuje para obtener las características óptimas de duración y protección.

El cojinete delantero tambien tiene una superficie dura en el diámetro exterior del pasador guía para rodar contra un buje de aleación de acero o una ranura en el pasador guía con superficie especialmente tratada. La configuración de la pista de bolas del pasador del cojinete impide que ésta reciba alguna carga de empuje exterior.

En las barrenas con dientes de acero se utiliza un cojinete que es menos duro, en vez de las superficies duras de alta resistencia y las aleaciones especiales o las incrustaciones de aleaciones, se utilizan superficies cementadas por el carbono.

Para resistir el frotamiento, las barrenas con dientes de acero utilizan grasa lubricante de mezcla especial.

La prolongada duración útil de los cojinetes ha dado lugar a límites de fatiga que antes no se consideraban críticos, y ha hecho necesario crear insertos de carburo de tungsteno que sean más resistentes al desgaste y menos susceptibles a la rotura que los antiguos.

Las numerosas inversiones de tensión que resultan de las largas horas de rotación hace que la retención de los insertos sea problemática.

Las chumaceras ahora tienen una duración útil casi sin límite bajo uso normal, siempre que todos los sistemas de apoyo sigan operando.

Los cortadores de calibre Los dientes de calibre utilizados para reforzar a las superficies de calibre cortante de las barrenas con dientes de acero tienen una variedad de diseños. El diseño regular es el más común. Las superficies de calibre para las rocas más duras varían progresivamente entre los diseños de tipo T, el tipo U y el tipo V hasta el diseño de tejido según aumenta la dureza.

El diseño de insertos de carburo de tungsteno puede utilizarse para las condiciones extremadamente abrasivas.

LOS CONDUCTOS PARA FLUIDOS

Los fluidos de perforación pueden consistir de líquido (agua o aceite), aire comprimido o gas natural bajo presión. En todo caso, la función principal del fluido de perforación es la de mantener limpios a los elementos cortantes de la barrena y desalojar a los chips fuera de la formación según estos van presentándose, y así asegurar que los elementos cortantes trabajen siempre sobre la formación virgen. Otras funciones del fluido son enfriar la barrena y soportar a las paredes del hoyo para permitir que la barrena gire libremente. Los canales para encausar al fluido de perforación a través de la barrena pueden ser conductos convencionales o conductos de fluido a chorro provistos con toberas.

La circulación con aire es más eficiente para perforar que la circulación con líquido. Los conductos para la circulación de aire son especialmente diseñados para aquellas barrenas con dientes de acero y las de insertos, las cuales emplean algún tipo de gas o neblina como fluido de perforación. En este tipo de diseño, parte del aire corre a través de los ensamblajes del cojinete, actuando como enfriador y limpiador. Aunque la perforación con aire es eficiente, las grandes presiones que se presentan en muchos lugares donde se perfora hacen casi imposible que este método de perforación se emplee durante la perforación completa de un pozo.

Casi todas las barrenas modernas están provistas con toberas, en vez del estilo antiguo de conductos convencionales. Las toberas de chorro son reemplazables; por consiguiente, las aperturas pueden cambiarse para obtener los requerimientos de presión y/o volumen del fluido que se está circulando en el pozo. Las toberas de las barrenas de chorro son construidas de un material especial que resiste la erosión para minimizar el desgaste debido a la alta velocidad de los chorros de fluido. La velocidad en que los fluidos circulan por las toberas de las barrenas del chorro generalmente excede los 250 pies por segundo (75 mps), dependiendo del diámetro de la barrena. Los tamaños de las toberas de chorro generalmente están dentro del margen de 10/32 a 12/32 de pulgada (8 a 10 mm) de diámetro. Un fabricante de barrenas ofrece toberas de tipo estándar y resguardado, las cuales utilizan anillos retenedores con reborte para sostener la tobera de chorro dentro del cuerpo de la barrena.

LA SECCION DE LA BARRENA

El tipo de formación, el peso sobre la barrena, la velocidad de la mesa rotaria y la velocidad de limpieza en el fondo del hoyo son factores que afectan al rendimiento de una barrena. Lo que el perforador logra sacar de una barrena depende del mismo, del tipo de formación por perforarse, del peso sobre la barrena, de la velocidad de la mesa rotaria de la operación de las bombas de lodo y del tipo de fluido de perforación que se utiliza. La mayoría de las barrenas y la mayoría de los perforadores producen buenos resultados. Sin embargo, prestando atención a los variables de formación, diseño de la barrena y prácticas de operación en la instalación, el perforador puede mejorar el rendimiento de la barrena.

FACTORES DEBIDOS A LA FORMACION

La mayor parte de las barrenas para rocas realizan un grado aceptable de avance en casi todos los tipos de formación. Sin embargo, para obtener el metraje y régimen de penetración máximos, y así reducir los costos de perforación, es necesario seleccionar un tipo de barrena de rodillos que sea diseñada para la formación específica por perforarse.

Existen barrenas con dientes de acero que sirven para formaciones blandas, media blandas, media duras y duras.

Una barrena de rodillos puede utilizarse en formaciones de consistencia plástica, siempre que la barrena tenga dientes con espacios profundos y amplios que logren suficiente penetración en el fondo del hoyo. La acción penetrante se logra debido a la disposición descentrada o excéntrica de los conos de rodillos. Debe haber espaciamiento amplio entre los dientes para evitar el "embolamiento".

El "embolamiento" de la barrena ocurre cuando los materiales de la formación se acumulan tan apretadamente entre los dientes que los chorros de fluido de perforación no pueden mantenerlos limpios. Los dientes además, deben ser lo más largo posibles para permitir la máxima penetración en la formación y así poder obtener cortes grandes. Estas barrenas usualmente se pueden girar a una velocidad más o menos rápida (200-250 RPM) y el tiempo de funcionamiento puede durar hasta 30 horas. Como frecuentemente se encuentra arena en las

formaciones blandas, los dientes son reforzados contra la abrasión mediante la aplicación de carburo de tungsteno.

Las barrenas con dientes de acero que son diseñadas para las formaciones media blandas utilizan algunas de las mismas características de diseño de aquellas utilizadas para las formaciones blandas.

Una excentricidad de menor grado es empleada para producir una acción penetrante y torcedora de los dientes en el fondo del hoyo.

Como la profundidad de penetración no es tan grande como en las rocas mas blandas, se utilizan dientes que son un poco más cortos. Para lograr una mayor duración util es necesario que los dientes sean más abundantes y ligeramente más fuertes, pero para facilitar el desalojo de los rípios debe dejarse suficiente lugar para la ventilación del fluido. Como la formación puede ser abrasiva, se le aplican materiales resistentes a los dientes y las superficies de calibre. En vista de que los dientes de calibre pueden estar sujetos a un mayor y más severo desgaste que en aquellos utilizados para las formaciones blandas, se les aplica una capa de refuerzo mas gruesa a las superficies de calibre.

Las formaciones media duras como las de caliza dura, dolomita dura y lutita dura son demasiado duras y quizás demasiado abrasivas para el tipo de barrena con dientes de acero de los cuales se hablo anteriormente. Los dientes de la barrena no penetran mucho en aquellas rocas, pero estas formaciones pueden ser trituradas y astilladas mediante la aplicación de una moderada torsión. Por consiguiente, a los conos de las barrenas para este tipo de formación se les da una ligera excentricidad. Los dientes tienen poco espacio entre si y no son interrumpidos por que la ventilación no es necesaria.

Para las formaciones que son abrasivas pero que son relativamente poco fuertes, se aplica una capa de refuerzo a los costados de los dientes para reforzarlos contra el desgaste.

Para las formaciones que tienen alta fuerza de compresión y requieren mucho peso para poder triturar y astillar efectivamente, es posible lograr un máximo rendimiento sin necesidad de una capa de refuerzo dura.

Las barrenas con insertos de carburo de tungsteno fueron originalmente desarrolladas para perforar formaciones extremadamente duras y abrasivas, pero también pueden emplearse para la perforación de formaciones duras, media duras, medianas y blandas.

Para las perforaciones más duras, se utilizan insertos que tienen puntas de configuración hemisférica. La proyección de la punta del inserto más allá de los conos de acero es pequeña y el espacio entre los insertos es reducido. Las puntas redondeadas, o en forma de bola, de los insertos las cuales están expuestas, producen una acción trituradora y astilladora en la roca, así perforando al hoyo según la barrena es puesta a girar bajo peso.

Las barrenas con insertos de carburo de tungsteno también pueden utilizarse para las formaciones medio duras. El buen rendimiento inmediato que estas barrenas obtuvieron en las formaciones duras resultó en su rápido y expandido uso para formaciones algo más blandas.

Las barrenas para las formaciones media duras tienen una mayor proyección de los insertos sobre los conos de acero, ranuras de ventilación más profundas y puntas de los insertos de configuración cónica. Estas perforan con mayor rapidez a las formaciones media duras de lo que pueden perforar las barrenas con insertos con puntas de configuración redonda.

El uso de insertos con forma de cincel para las formaciones medianas ha conducido a la aplicación exitosa de este tipo de barrena para la perforación de lutitas y otras formaciones plásticas más blandas. En lo que se refiere a las barrenas con dientes de acero es necesario tener un diseño que produzca una acción penetrante un diseño excéntrico en vez de depender en la acción trituradora empleada por las barrenas para formaciones duras.

Los insertos de carburo de tungsteno han sido aplicados con éxito en las formaciones más blandas mediante el uso de insertos con mayor diámetro, con puntas más afiladas y espaceres más amplios, una máxima acción raspadora y enroscada, una capa cementada con carbono en el cono metálico que es más gruesa y resistente a la abrasividad para poder retener los insertos y chumaceras con una larga duración. Se han logrado a realizar periodos de marcha continua de la barrena hasta 300 horas, en

algunos casos sólo ha sido necesario emplear una o dos barrenas para perforar la profundidad entera de un pozo.

LOS FACTORES DE PESO SOBRE LA BARRENA Y VELOCIDAD DE LA MESA ROTARIA

La experiencia en el campo con las barrenas con dientes de acero ha probado que los regímenes de perforación en áreas de roca quebradiza aumentan en proporción mayor a los aumentos de los pesos de perforación. Un aumento del 30 al 40 por ciento en el peso sobre una barren con dientes de acero a veces duplica el régimen de penetración. Un operador no está interesado sencillamente en mejorar el régimen de perforación en un momento dado. Al contrario el desea mejorar el rendimiento total - tanto el regimen de penetración como el metraje total por barrena - para lograr el costo mínimo por metro de hoyo perforado. El alcance del rendimiento máximo con una barrena de rodillos depende de la configuración y estructura de los dientes, así como de la duración útil de los cojinetes.

Las formaciones blandas y plásticas restringen el uso de mucho peso sobre la barrena debido a la tendencia que tienen las barrenas con dientes de acero a "embolarse". Es posible aumentar la velocidad de rotación para contrarrestar el peso reducido; y la limpieza eficiente con chorros de fluido de alta velocidad permite la penetración rápida de este tipo de formación. En las formaciones más duras, es necesario utilizar mayores pesos sobre la barrena para sobre pasar la resistencia de la formación. En este caso las velocidades rotarias excesivas resultan en la creación de cargas de choque que son demasiado fuertes para la estructura cortante, y la abrasividad aumentada resulta en el aumento del desgaste de los dientes y cojinetes.

Los factores de las toberas de chorro

Un método popular de hacer operar las barrenas de chorro es seleccionando los tamaños de las toberas, los pistones de las bombas y los forros, o camisas de los cilindros que provean la máxima potencia en terminos de presión y volumen de fluido, en la barrena dentro de las limitaciones siguientes:

- 1.- La potencia máxima disponible para hacer funcionar las bombas;

- 2.- La descarga de presión máxima de las bombas (dependiendo de la presión nominal de las bombas, o la presión máxima permisible de las mismas;
- 3.- La velocidad mínima de retorno del fluido por el espacio anular (en muchos casos 115 pies por minuto, o 35 mps es suficiente); y
- 4.- El tamaño mínimo de la tobera que sea práctico (las toberas de menor diámetro son más propensas a taparse que las de mayor diámetro).

La barrena y el modo en que esta lleva a cabo su labor son factores de gran importancia en la perforación. Mientras la barrena está en el fondo del hoyo perforando, está ganando dinero.

Pero para poder seguir adelante con la perforación la barrena debe desempeñar su labor adecuadamente. La eficiencia con que la barrena perfora depende de varios factores, tales como el conocimiento de la litología, la cual nos permitirá hacer un programa a detalle de las siguientes condiciones de operación entre las cuales tenemos: el peso sobre la barrena, las revoluciones por minuto y la presión de la bomba de lodos.

Existen diferentes diámetros de barrenas de las cuales se mencionan las más comunes.

7 5/8", 8 1/2", 9 1/2", 12 1/4", 14 3/4", 16 1/2", 20", 22", 24" y 26"

Las barrenas también se clasifican de acuerdo con el tipo de diente; por ejemplo:

Si el tipo de formación es muy suave, los dientes de la barrena deben ser más grande y espaciados y conforme se vaya endureciendo el material de la formación, la barrena deberá tener los dientes más juntos.

Si el material es muy duro, el diente tiene que ser más esférico conforme va endureciendo el material, el diente reduce su tamaño hasta tener puro carburo de tungsteno.

Existe una clasificación de la (IADC) que es la Organización Internacional de Contratistas de Perforación, la cual se basa en los siguientes factores para clasificar las barrenas y que a continuación se van a exponer:

Esta clasificación utiliza 3 números, los cuales nos indican lo siguiente:

D1 Del 1 al 3 son para materiales suaves y nos da las características de los dientes maquinados de dureza 1. suave, 2. media, 3 duro

La clave 4 es para barrena universal, y del 5 al 8 es para los dientes de inserto de carburo de tungsteno de los cuales destacan: 5. suave, 6. medio, 7. duro y 8. extraduro

Nota: Medio-duro - en estos dígitos corresponden en D3 del 5 en adelante.

D2 Nos da la subclasificación de dureza en donde:

1. suave, 2. medio, 3. duro, 4. extraduro

D3 Es para la clasificación del balero (cojinete) y son:

- 1.- Balero estándar de bolas y rodillos
- 2.- Balero estándar de bolas y rodillos con dientes tipo T
- 3.- Balero estándar de bolas y rodillos con dientes tipo H
- 4.- Balero estándar de bolas y rodillos autolubricado
- 5.- Balero estándar de bolas y rodillos autolubricado y sellado para inserto
- 6.- Balero tipo journal autolubricado de chumacera integral para diente fresado
- 7.- Balero tipo journal autolubricado de chumacera integral para diente de inserto.

8 y 9.- Especificaciones de cada fabricante.

De ahí que la clasificación de barrenas se basa en claves de 3 dígitos por ejemplo.

5.15 De donde el primer dígito nos da la clasificación para material suave de diente de inserto e carburo de tungsteno. El segundo dígito subclasifica la dureza al cual corresponde la suave y el tercer dígito nos indica que el balero es estándar de bolas y rodillos auto lubricado y sellado para inserto. Por lo tanto la barrena que aquí se menciona es para material de medio a duro, de insertos de carburo de tungsteno y balero estándar autolubricado y sellado para inserto.

En base a estos datos ya podremos considerar nuestras condiciones de operación.

Si la resistencia a la compresión y el avance de perforación de las formaciones varía demasiado, el peso máximo que se puede aplicar, dentro de los parámetros de seguridad, a un diámetro de la barrena difiere dependiendo del tipo de material por atravesar.

Existen tablas de clasificación de barrena fabricadas por distintas compañías, las cuales se basan en la clasificación de la (IADC) (Asociación Internacional de Contratistas de Perforación) que ha desarrollado un sistema estandarizado para clasificar las barrenas de rodillos (para roca). Las barrenas se clasifican de acuerdo al tipo (dientes de acero o barrenas con insertos), los tipos de formaciones para las cuales fueron diseñadas (en terminos de serie y tipo). Las características mecánicas y de acuerdo al fabricante. El sistema de clasificación permite hacer comparaciones entre los tipos de barrena que ofrecen los diferentes fabricantes - por ejemplo, Hughes Tool Company, Reed Tool Company, Dresser Security y Smith Tool Company. Ver anexos 5,6,7,8 y 9 y tablas 9,10,11,y 12.

PERDIDAS DE CIRCULACION

Por pérdidas de circulación se consideran los volúmenes de lodo que salen fuera del sistema de circulación del pozo y que generalmente se va a la formación. Estas pérdidas pueden ser totales o parciales; es total cuando la cantidad de lodo perdida es de tal magnitud que obliga a suspender la perforación, ya que sin que pierda el volumen total de lodo disponible o que no obstante al contar con un volumen de lodo muy grande no se puede restablecer la circulación por el simple bombeo de lodo. Las pérdidas parciales son aquellas en las cuales aunque el volumen puede ser grande (del orden de 40 o 60 m³), éste, una vez perdido, se recupera la circulación por sí sola, después de haber sellado o llenado la fractura o permeabilidad que la ocasionó cuando el volumen perdido por unidad de tiempo es pequeño, pero permite que se esté preparando el volumen de lodo correspondiente para reponerlo.

Están en íntima relación las características de las rocas con la magnitud de la pérdida de circulación, ya que las pérdidas naturales raramente serán totales en rocas compactas.

Las pérdidas de circulación se pueden clasificar en naturales e inducidas.

Las pérdidas naturales son aquellas que ocurren debido a la existencia de una caverna, de una fractura o de una permeabilidad natural que permite que el lodo fluya a la formación.

Por pérdida de circulación inducida, se considera la pérdida del fluido a la formación por el fracturamiento y se introduce la tubería de perforación a grandes velocidades, lo cual da origen al fracturamiento.

Este fracturamiento puede efectuarse cuando la presión hidrostática de la columna de lodo está muy cercana a la presión de fracturamiento y se introduce la tubería de perforación a grandes velocidades, lo cual da origen al fracturamiento.

PERDIDAS TOTALES NATURALES

Las pérdidas naturales totales se observan con frecuencia durante la perforación de gravas en pozos someros donde fácilmente el lodo fluye a través de ellas.

También se presentan pérdidas totales en arenas no consolidadas y en donde se requiere mantener densidades elevadas para contra restar la presión de formación de otras capas superiores ya descubiertas y que por lo tanto, la presión ejercida por la columna de lodo es mayor que la presión de los fluidos contenidos en estas arenas no consolidadas.

Las pérdidas de circulación totales más severas se tienen en zonas de calizas donde existen grandes cavernas o están muy fracturadas.

PERDIDAS NATURALES PARCIALES

Las pérdidas parciales naturales ocurren en rocas de porosidad y permeabilidad media que permitan que el fluido de perforación fluya a ellas debido a una diferencia de presión entre la carga hidrostática de la columna de lodo con respecto a la presión de confinamiento de los fluidos en las rocas.

La magnitud del volumen perdido estará en función de la permeabilidad y porosidad de la roca, de la viscosidad del fluido de perforación y de la diferencia de presiones antes mencionada.

Estas pérdidas parciales ocurren generalmente en arenas no consolidadas, calizas porosas y permeables y areniscas porosas.

TECNICAS PARA COMBATIR LA PERDIDA DE CIRCULACION

La pérdida de circulación es el problema más costoso y uno de los que presentan mayor dificultad durante la perforación de pozos.

Anualmente los costos ocasionados por las pérdidas de circulación, materiales, tiempo del equipo y pozos perdidos, ascienden a varios millones de dólares. Además se han estimado que el 50% de todas las pérdidas de circulación, pueden

evitarse operando correctamente y empleando el fluido de perforación, con las características y propiedades adecuadas. Además de provocar un bajo gasto en el volumen de agua

Las pérdidas de lodo varían en tipo y localización dentro del pozo, aún teniendo suficiente experiencia sobre determinada área es difícil sugerir algunas recomendaciones. Pero existe un sistema aproximado para controlar la pérdida de circulación, el cual se basa en el método más económico.

Este sistema abarca tanto medidas correctivas como preventivas, y consiste principalmente en emplear los materiales químicos adecuados, tales como: bentonita, diesel y cemento (no recomendable para pozos de agua), de los cuales pueden disponerse en cualquier localización.

Tipos de zonas

La pérdida de circulación puede ocurrir en cuatro tipos diferentes de formación:

- a) Formaciones no consolidadas y altamente permeables (gravas sueltas)
- b) Formaciones con fracturas naturales
- c) Formaciones con fracturas inducidas
- d) Formaciones cavernosas (fisuras y canales)

El problema de pérdida de circulación en zonas cavernosas, es más difícil de resolver, pero éste no es muy frecuente (las zonas cavernosas se presentan en calizas). Probablemente el

problema mas comun, es la pérdida de circulación en fracturas inducidas, debido a que pueden ocurrir en cualquier formación.

Las condiciones que pueden originar la inducción de fracturas son:

- a) Irregularidades en el agujero
- b) Lodo de alta densidad
- c) Contrapresión excesiva
- d) Zonas permeables
- e) Sistema hidráulico de poca capacidad

La diferencia de la pérdida de circulación entre fracturas inducidas y fracturas naturales, consiste en lo siguiente: En las primeras se requiere suficiente presión para romper la formación, y en las segundas únicamente se requiere la presión necesaria para vencer la que tienen los fluidos dentro de la formación.

Si a las fracturas naturales se les aplica una presión excesiva, pueden extenderse tanto longitudinal como transversalmente, transformandose a fracturas inducidas. Es más difícil atacar la pérdida de circulación en fracturas inducidas debido a la inestabilidad de las mismas.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Existe una causa principal que origina la pérdida de circulación: presiones excesivas en el agujero.

Control de las presiones de fondo: Las presiones excesivas en el fondo del pozo pueden provenir de diferentes fuentes, pero quizá la más importante es la presión hidrostática.

La presión hidrostática necesaria para contrarrestar la presión de los fluidos de la formación, puede ser suficiente para fracturar formaciones superiores. Esto da como resultado, la pérdida de circulación y descontrol del pozo. (Esta se puede controlar bajando densidad).

Otras de las causas por las cuales la presión de fondo puede vencer a la presión hidrostática, son las siguientes:

- a) La inercia de la columna de lodo
- b) Alta velocidad de circulación

- c) Acumulación de los recortes en las depresiones de la pared del agujero
- d) Pulsación al bombear el fluido de perforación
- e) Expansión de los accesorios de la tubería de revestimiento
- f) Formación de enjarre
- g) Introducción rápida de la tubería de perforación

Lo descrito en los incisos anteriores puede reducirse, tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- 1- Reduzca toda presión mecánica
 - a.- Utilice de 45 a 60 segundos para sacar o introducir una lingada
 - b.- Perfore correctamente sin utilizar el volumen máximo de circulación, cuando no sea necesario
 - c.- Establezca la circulación después de embragar la mena rotatoria; jalando la tubería de perforación (no aumente la velocidad de bombeo hasta que hay establecido la circulación y la barrena se encuentra en el fondo)
- 2- Acondicione el lodo de perforación antes de perforar zonas de pérdida

Si se espera atravesar zonas de pérdida de circulación, en las cuales los materiales obturantes conocidos pueden ser efectivos, agréguelos antes de perforar dichas zonas

A veces la desesperación del perforador en lograr más metros y ayudándose mediante la bomba provoca fracturamiento inducido en el pozo aun a 6 m de profundidad

Las formaciones en las cuales ocurre la pérdida del fluido de perforación se han clasificado basándose en la capacidad que poseen para admitir volúmenes de fluido de perforación, además de considerarse las observaciones superficiales.

Por lo tanto, las pérdidas pueden clasificarse en

- a).- Pérdida por filtración: Puede ocurrir en cualquier tipo de formación, cuando los materiales obturantes no son lo suficientemente finos, para evitar que el agua del fluido de perforación penetre en las formaciones.
- b).- Pérdida parcial: Se presenta en formaciones constituidas por gravas, pequeñas fracturas naturales y fracturas inducidas muy pequeñas

- c).- Pérdida total: Ocurren en toda formación constituida por grava, en grandes intervalos de fracturas naturales pequeñas, en extensas fracturas naturales o inducidas.
- d y e).- Algunas pérdidas totales se presentan en extensas fracturas naturales, cavernas y fracturas inducidas

La técnica aplicada para el control de la pérdida de circulación se efectuó para evaluar la capacidad de una zona de pérdida, para así seleccionar el tamaño y función del material que se utilizará

Una mezcla efectiva de material obturante debe contener, por lo menos, dos tipos de componentes. Por ejemplo: Material fibroso y material granular.

La mezcla que se emplea con más frecuencia contiene de 3 a 6 partes de material granular, 2 partes de material fibroso y 1 parte de recortes de papel celofán

El tamaño del material obturante que se agrega al lodo, está relacionado con la intensidad de la pérdida de circulación; No se obtiene ventaja si la concentración de materiales obturantes en un lodo de perforación es mayor de 15 a 20 lb/bi (libras por barril, un barril equivale a 159 litros) (para alta pérdida por filtración) Por el contrario, pueden presentarse problemas de bombeo y malas condiciones del lodo

La efectividad de los materiales granulares, fibrosos y laminados para obturar una fractura simulada se representa de la forma siguiente.

La pérdida total de lodo por filtración en fracturas naturales o inducidas, pueden interrumpirse agregando al lodo materiales obturantes adecuados. El tamaño del material obturante está en función del tamaño de la fractura que se obstruirá

Para evitar la pérdida por filtración pueden utilizarse los siguientes materiales:

- a).- Granular medio (cáscaras de nuez, mezcla de corteza de nogal con cáscara de nuez o mica)
- b).- Fibra fina (piel, lino, nylon o asbesto).

c).- De 1/2" a 1" (recortes de papel celofán)

Para evitar la pérdida total pueden utilizarse los siguientes materiales:

a).- Granular grueso (cáscaras de nuez o una mezcla de corteza de nogal con cáscaras de nuez de 1/4" a 1/2").

b).- fibra gruesa (fragmentos de madera dura o cedro).

c).- Fibra media (fragmentos de secoya (madera roja) o de caña de azúcar).

d).- Fibra fina (piel, lino, nylon o asbesto).

e).- Recortes de papel celofán de 1".

Se notará que como la capacidad de la zona de pérdida aumentó, se empleó el mismo tipo de material, pero de mayor tamaño.

Con los materiales obturantes existentes en la actualidad, pueden obstruir fracturas naturales e inducidas de 1/2" de sección transversal.

Recientemente se reportó que el empleo de envases (botellas) de cerveza como material obturante directamente en el pozo, ha dado muy buenos resultados en calizas.

La mayoría de las depresiones (fracturas) obturadas con fluido de perforación o con algún otro fluido, deberá ser lo suficientemente concentrado y aunque tenga una densidad cercana a la del lodo, el flujo de este será capaz de conducirlo a los límites de la zona de pérdida, conservando sus propiedades.

Cuando las dimensiones de una fractura natural o de las cavernas sean mayores, estas se perforarán con lodo mezclado con aire a presión y colocando tubería.

Causas por las cuales falla el control de la pérdida de circulación

Las causas más comunes por las cuales directa o indirectamente falla el control de la pérdida de circulación, son las siguientes:

1.- La localización de la zona de pérdida: Muchas veces no se determina, lo cual da lugar a estar experimentando para

colocar los materiales en el lugar donde se está perdiendo el lodo.

Las zonas de pérdida comúnmente no se encuentran en el fondo, pero sí muy cerca de la última tubería de revestimiento.

- 2.- Los materiales obturantes no se aplican de acuerdo con el tipo de pérdida ni capacidad de la zona en la cual se pierde el lodo.
- 3.- No se conservan registros en los cuales se describen los tipos de pérdidas, materiales y técnicas empleadas.

La estadística de la experiencia adquirida en un área determinada, es muy valiosa.

Para aumentar la eficiencia pueden relacionarse las técnicas con los materiales que se emplearán para atacar la pérdida de circulación. Por ejemplo, cuando una concentración de 15-20 lb/bl (libras por barril) no ha dado resultado, no es conveniente emplear concentraciones mayores de los mismos materiales. Lo que se recomienda es aumentar el tamaño del material obturante granular.

Es importante hacer notar que la técnica de la pérdida de circulación debe relacionarse con la capacidad de la zona de pérdida sin dilación.

DERRUMBES

Definición. Por derrumbes se entiende la caída de roca fragmentada al agujero perforado.

Los problemas ocasionados por los derrumbes generalmente son atoramientos de la sarta de perforación: estos pueden ser, al sacar la tubería, cuando los fragmentos de roca se han mantenido a mediados del pozo, empiezan a caer al ser suspendida la circulación, la herramienta en su movimiento ascendente detiene su caída, los arrastra y los compacta. Si la pericia del perforador no es buena, este seguirá sacando la tubería con fricción e irá compactando cada vez más los fragmentos hasta formar un verdadero puente que impida la extracción de la tubería.

Este fenómeno de atascamiento sucede también cuando se está metiendo la tubería al pozo y los recortes de la barrena juntamente con los fragmentos de las rocas derrumbadas suspendidos por la gelatinosidad del lodo, son compactados por

la introducción rápida de la tubería en tal forma que la barrena y la herramienta quedan atrapadas en ellos.

DERRUMBES VERDADEROS

Los derrumbes verdaderos son aquellos formados por fragmentos de roca ocasionados por la ruptura de formaciones duras y consistentes que al faltar el sostén de la capa inmediata inferior (que ha sido erosionada) ésta por su propio peso se fragmenta y cae al agujero. Este fenómeno es más frecuente cuando el espesor de las rocas duras es pequeño.

El mecanismo de este fenómeno puede ser el siguiente:

- 1.- Las lutitas y principalmente las del tipo bentonítico se hidratan y se dispersan.
- 2.- Esta roca hidratada es erosionada fácilmente por la circulación de lodo. El fenómeno se reanuda al aumentar el área de filtración y por consecuencia el volumen de agua que afectará a la lutita.
- 3.- Las capas de las rocas duras quedan sin sostén.
- 4.- El movimiento de la sarta de perforación ya sea por contacto directo o por vibración provoca la ruptura y por consecuencia la caída de estas rocas al agujero.

Los derrumbes verdaderos suceden en diferentes tipos de rocas, las principales son En las gravas no consolidadas, basta con la erosión causada por el flujo de lodo, para que éstas caigan.

En las arcillas deleznables que son fragmentadas por la acción de filtrado y estos fragmentos tienen la forma de paralelepípedos más o menos regulares. Las gravas no consolidadas son fácilmente atacadas por el flujo de lodo y fluyen al pozo fácilmente.

Las areniscas o capas delgadas de calizas se derrumban según el mecanismo descrito con anterioridad.

El problema de los derrumbes se vuelve más crítico cuando el echado de las formaciones es pronunciado, ya que la misma inclinación proporciona un plano de deslizamiento.

PSEUDODERRUMBES

Frecuentemente cuando sucede un atoramiento de la sarta de tubería al estar metiendo la barrena, se atribuye a derrumbes verdaderos, pero posteriormente se comprueba que la tubería se atascó en un puente de cortes compactados. La semejanza entre derrumbes verdaderos y pseudoderrumbes es muy grande y difícil de distinguir; lo que ayuda a diferenciarlos, es la observación de los diferentes "fragmentos" retenidos en las mallas de las temblorinas.

Los derrumbes verdaderos se distinguen porque el tamaño de los fragmentos de roca son más grandes de aristas angulosas y no están remojados en su interior.

Los fragmentos de los pseudoderrumbes son de menor tamaño y generalmente están redondeados, (debido a la acción del flujo del lodo durante su arrastre y depositación en las cavidades), pastosos o recubiertos de una capa de arcilla, de hecho son cortes muy recirculados.

MECANISMOS DE UN PSEUDODERRUMBE

Para que se origine un pseudoderrumbe, se requieren, primero, que exista una caverna natural o se forme una gran cavidad por la erosión del flujo de lodo en una formación deleznable; una vez que se ha pasado esta formación, el flujo de perforación acarrea los cortes de la barrena, al pasar frente a estas cavernas, la velocidad de acarreo disminuye y los cortes son depositados dentro de la cavidad por el movimiento natural que tiene las partículas aplanadas. Cuando la caverna se ha llenado, el movimiento de la sarta de tubería, los aplanan y se forma en pared más o menos consolidada. En alguna sacada de tubería, cuando el lodo está muy gelatinoso, al pasar la herramienta frente a esta cavidad llena de recortes, se rompe el equilibrio por la succión ocasionada por el movimiento de extracción rápida y por la dificultad con que fluye el lodo, debido a su gelatinosidad.

Este vacío momentáneo, es llenado por los cortes, los cuales fluyen al agujero, quedando suspendidos por la gelatinosidad del lodo, es consecuencia, que al momento de introducir la barrena y encontrar la acumulación de recortes, éstos se comportaran como derrumbes. Es muy importante diferenciar entre un derrumbe verdadero y un pseudoderrumbe ya que las medidas correctivas serán diferentes.

ATRAPAMIENTOS DE TUBERIA

Las tuberías de perforación frecuentemente se ven atrapadas dentro del agujero que se está perforando por diferentes motivos, tales como:

Derrumbes, pegadas de tubería por presión diferencial, atascamientos por enjarre grueso y otros.

Las tuberías de perforación pueden atorarse o quedar atrapada al estarlas metiendo, sacándolas o perforando. También pueden atorarse durante las pruebas de formación. Estas pegadas de tubería o atoramientos pueden efectuarse en el fondo, a mediados del agujero o en las cercanías de la superficie. Todas ellas quedan consideradas en tres tipos de atrapamientos, siendo ellos:

- Atorones
- Atascamientos
- Pegadas

Atorones

Se entiende por atorón cuando el movimiento de la sarta de perforación se ve restringida temporal o transitoriamente por objetos duros que después de una serie de maniobras u operaciones, tales como: cargar peso, tensionar la tubería, dar rotación inversa, generalmente se libera. Ejemplos clásicos de esos atorones se tienen cuando la tubería se ha atorado por la caída de objetos metálicos (tales como martillo, llaves, dados de las cuñas, conos de barrena, también en ojos de llave (Key Seat) y agujeros estrechos.

Los atorones pueden ser por lo tanto:

1.- De carácter mecánico

Se deben a la caída de cuerpos metálicos al pozo, los cuales se acunarán entre las paredes del pozo y la herramienta impidiendo toda clase de movimiento.

2.- Por agujero reducido

La tubería también se puede atorar cuando se está metiendo la barrena nueva en un agujero reducido y no se toman las precauciones necesarias, por lo tanto, si el perforador introduce con fuerza la barrena se acunará en él, siendo muy difícil su extracción.

3.- En un ojo de llave

El atoramiento de la tubería en un "ojo de llave" (Key Seat) es frecuente, cuando al perforar se tienen desviaciones y quiebres bruscos del agujero, propiciando la formación de un agujero lateral de diámetro igual al de la tubería de perforación con una profundidad (lateral), suficiente para que en una de las sacadas de tubería, ésta se introduzca en el agujero reducido y facilite el aprisionamiento de la herramienta al no poder pasar a través de este "agujero reducido".

Por lo tanto, los atrapamientos de tubería en la mayor parte de los casos se deben a causas mecánicas y no es responsabilidad directa de los fluidos de perforación.

4.- Por atascamiento

Los atrapamientos por atascamiento se deben a que la herramienta o sarta de tubería se ve inmovilizada por la acción conjunta de fragmentos duros provenientes de la formación (cortes de la barrena, derrumbes o lodo solidificado) y enjarre de lodo que se han compactado alrededor de la herramienta, estableciendo un puente o suficientemente potente para retenerla dentro del agujero.

Los atascamientos pueden ser de diferentes tipos

a).- Por enjarre grueso

Cuando se utilizan fluidos de pérdida de agua elevada se puede originar un estrechamiento del diámetro del agujero tal, que a la hora de sacar tubería, la herramienta arrastra este enjarre y lo va compactando hasta formar un puente de considerable resistencia que impida la sacada de tubería. Este fenómeno puede presentarse en el fondo o en las cercanías del fondo; pocas veces a mediados del agujero.

b).- Por asentamiento de los cortes

En muchas ocasiones la herramienta se introduce rápidamente sin precauciones hasta el fondo del agujero y ésta se atasca en los recortes asentados. Este problema es resultado de la falta de limpieza del fondo por una circulación deficiente. Los recortes y derrumbes se sedimentan en tal forma, que a la introducción rápida de la herramienta, ésta los compacta a su alrededor, quedando empacada y que en la mayoría de las veces impide la circulación del lodo

c).- Por derrumbes

Los atrapamientos de la tubería de perforación debidos a la compactación de los derrumbes (o pseudoderrumbes), al introducir la sarta rápidamente, dentro de una zona donde están acumulados los fragmentos de roca suspendidos por la gelatinosidad del lodo, es poco frecuente y su mecanismo de compactación es muy similar al caso anteriormente descrito. Esto sucede al tratar de seguir introduciendo tubería, no obstante notarse la resistencia y ocasionar el atascamiento.

Puede quedar también atrapada la tubería en una zona de derrumbes, al sacarla, cuando no obstante tener una fricción persistente, se continúa sacándola sin haber circulado previamente, lo que originará que el derrumbe sea compactado lo suficientemente fuerte, para que la tubería quede empacada y en la mayoría de los casos difícilmente se puede circular.

d).- Por pegadas

El caso más frecuente que ocurre, es el debido a "Pegada por presión diferencial".

1.- Mecanismo de pegada de tubería por presión diferencial

Cuando por razones especiales de la perforación del pozo se requiere la utilización de una alta densidad del lodo y se llega a una zona de alta permeabilidad, se propicia que en el momento de suspender la perforación y que la herramienta se recargue contra las paredes de la zona permeable, debido al flujo establecido por la diferencia de presiones entre la columna de lodo y la presión de la formación, se estructura un enjarre lo suficientemente grueso que cubre parcialmente la herramienta recargada en la pared.

La fuerza necesaria desarrollada desde la superficie para despegar la herramienta de la pared del agujero sería infinita, ya que la componente horizontal de esta fuerza es nula por ser perpendicular.

$$\text{Donde } E = (P) A = (Ph_L - P_f) A$$

E = Fuerza de empuje debido a diferencia de presión Kg

Ph_L = Presión hidrostática de la columna de lodo en Kg/cm²

P_f = Presión de la formación en Kg/cm²

A = Area en contacto en cm²

Por lo tanto, la fuerza de tracción trataría de deslizar la herramienta, pero, ésta realmente está pegada por el enjarre estructurado, que se incrementa con el paso del tiempo.

En resumen, las pegadas de tuberías, se deben a una programación inadecuada del filtrado de lodo al perforar zonas muy porosas y permeables, llegando al máximo del problema cuando por exigencias anteriores se necesitan emplear lodos de alta densidad.

RECUPERACION DE TUBERIA DE PERFORACION PEGADA

Antes de tratar de despegar tubería pegada, se debe hacer un análisis cuidadoso de las razones por lo que se pegó, pues la manera de despegarla depende de la causa que la pegó. Básicamente, es usual tratar de despegarla en la posición opuesta al movimiento de la tubería cuando se pegó. Las causas más comunes por las cuales se pegan las tuberías son:

CAUSAS Y REMEDIOS

TUBERIA EN O CERCA DEL FONDO

- 1).- Derrumbe o acumulación de recortes en o cerca del fondo debido a que se corta la formación más rápida de lo que se transporta.

Cuando la tubería se pega en o cerca del fondo al estar perforando, haciendo conexión o al empezar a sacar tubería, se debe generalmente a derrumbes o acumulación de recortes en la barrena y mangos. Analizando la cantidad y tipo de recortes que salen en el colador dará idea de que tan grande y a que altura está el derrumbe. A continuación es una buena práctica el circular y acondicionar el lodo para mejorar sus propiedades, no solamente para acarrear eficientemente los recortes, si no para evitar derrumbes adicionales. La tubería se debe trabajar hacia arriba o hacia abajo frecuentemente (cada 3 o 5 minutos), para evitar que se pegue más arriba. Si se trabaja la tubería con demasiado vigor y rapidez, se corre el peligro de dañar las paredes del agujero y causar derrumbes adicionales.

Después de acondicionar el lodo debidamente y el colador indique que el agujero esta libre de recortes, se debe dar

consideración al colocar aceite, agua o ácido alrededor de la barrena y mangos. Si se decide usar aceite, el procedimiento más común es llenar la tubería de perforación de aceite y desplazarlo poco a poco hacia afuera cada 30 minutos. Acido y agua son efectivos rápidos. El aceite requiere de 8 a 48 horas para despegar tuberías. La experiencia previa dictará cual es el líquido más efectivo en cada campo.

Si lo anterior falla, lo indicado es meter dentro de la tubería un indicador de punto libre o manga-tector para determinar el punto libre inferior. Estos instrumentos indican a que profundidad la tubería deja de tomar tensión y la torsión aplicada desde la superficie. La tubería se puede después desenroscar aplicándole torsión a la izquierda acompañada de una explosión con "primacord" en la primera junta libre arriba del punto de pegadura.

El procedimiento más seguro a seguir para recuperar la tubería pegada en el pozo, es meter tubería lavadora.

El diámetro del agujero, diámetro exterior de tubería y juntas, longitud del pescado y condición general del agujero determinará el tamaño y la longitud de la tubería lavadora y tipo de zapata a usar. Por ejemplo: juntas de 5 3/4" O.D., en agujero de 8 5/8" acomodará tubería lavadora de 7" O.D. y zapata de 7 5/8" O.D. Por lo general se usan de 70 a 130 m de tubería lavadora. Si la barrena está en el fondo y la longitud del pescado es tal que se puede lavar en un sólo viaje, se puede usar un enchufe de pesca para tubería lavadora espaciado debidamente para agarrar el tramo superior después de haber lavado hasta la barrena. También se puede usar la herramienta tri-State para enroscarla en la parte superior del pescado al lavar hasta la barrena.

Si no se cuenta con la herramienta para enroscar tri-state se saca la tubería lavadora y se hace un viaje con enchufe de pesca o tubería franca para recuperar el pescado ya lavado. Si el pescado está en el fondo pero es demasiado largo para lavarse en el viaje, se coloca la herramienta tri-state en la parte superior de la tubería lavadora. Así, al terminar de lavar la longitud total de la tubería lavadora, se enroscará la herramienta tri-state en la parte superior del pescado. A continuación con torsión a la izquierda y una explosión con "prima-cord" se recuperará la parte lavada. Este procedimiento se duplica hasta que recupere todo el pescado. Si la tubería pegada no está en el fondo y no se desea que caiga al fondo al lavarla, se coloca un enchufe para agarrar la junta (tool-joint) un tramo arriba de la zapata lavadora. Este enchufe no permitirá que caiga la tubería.

El tramo superior del pescado debe estar libre (no pegado) para permitir que pase el enchufe sobre la junta en la boca del pescado antes de empezar a lavar. De ahí la necesidad de dejar siempre un tramo lavado al desenroscar la tubería con el "string-shot".

Se debe tener la costumbre de usar un martillo y una junta de seguridad con la tubería lavadora.

2).- Tubería sin movimiento, permitiendo a formaciones pegajosas y enjarre, pegarse a la tubería o si se para de circular, permitiendo a recortes depositarse alrededor de la tubería o mangos.

En áreas donde es común que se peguen tuberías sin movimientos, es preferible desconectar con la mayor rapidez posible en el punto libre inferior y empezar las operaciones de lavado normales.

3).- Pérdida de circulación que causa derrumbes. Tubería pegada en gravas, arenas superficiales, generalmente se pueden despegar sellando la formación ladrona con material obturante hasta que se pueda circular para limpiar el agujero. Cuando de antemano se sabe que será difícil establecer circulación, la tubería libre se debe recuperar y establecer circulación antes de proceder a lavar.

a).- Tubería pegada al meter tubería. Forzando la barrena en un derrumbe o en un agujero reducido perforado por una barrena ya gastada.

Tubería pegada al meter tubería; generalmente se puede despegar recuperando con un "string-shot" la tubería libre, reenroscar con un martillo y golpear hacia arriba. Si esto no es efectivo es indicado lavar el resto del pescado.

b).- Sacando tubería

1.- Se acumulan los recortes en la parte superior de la barrena y alrededor de los mangos hasta que se pega la tubería.

2.- Acuñamiento de los mangos en el agujero

Tubería pegada; al sacar tubería se debe desenroscar en el punto libre inferior y después con un martillo se debe martillar hacia abajo primero y hacia arriba después. Se debe

usar un enchufe de pesca abajo del martillo para poder soltar el pescado en caso de que no se pueda despegar. Se deben de poner suficientes drill collars sobre el martillo a fin de tener suficiente peso para dar un golpe efectivo hacia abajo. Cuando se acuña demasiado la tubería en un "key seat" muy a menudo es muy difícil despegarla golpeándolo. Al martillar tubería se debe tomar en consideración el daño que se puede hacer en la torre.

La tubería frecuentemente se pega al jalarla dentro de un acuñaamiento. Esto puede ocurrir aun en agujeros con menos de un grado de desviación. Esto se debe a un cambio en la dirección del agujero, generalmente 180°. Un acuñaamiento por lo general avisa a un perforador alerta al tenderse a pegar la tubería uno, dos o tres viajes antes de pegarse. Al cambiar el número de mangos puede resultar en que se pegue la tubería en un acuñaamiento.

Los mangos se pueden despegar casi siempre; pero a veces es difícil o imposible sacar la tubería. El procedimiento más seguro es desconectar con "string-shot" dos o tres tramos arriba del tramo pegado. A continuación se lava la tubería pegada con tubería lavadora y zapata de diámetro del agujero perforado. Esto rima el acuñaamiento y permite la recuperación de la tubería. Un enchufe espaciado convenientemente en la tubería lavadora no permitirá que se vaya a fondo la tubería al despegarla.

Concediendo que a veces las herramientas indicadas no siempre están disponibles y que las herramientas y procedimientos a veces fallan, se piensa que siguiendo los procedimientos antes explicados lo más cerca posible, resultará un alto porcentaje de éxitos.

DESVIACIONES DE POZOS

Las desviaciones pueden ser programadas como en el caso de la perforación direccional y son el resultado de la aplicación de una metodología especializada; también puede originarse una desviación por una operación defectuosa de la perforación, auspiciada por las condiciones geológicas del subsuelo.

Será este último tipo de desviaciones, las que interesa tratar como problemas de perforación.

Las desviaciones de los pozos se pueden clasificar en la forma siguiente:

Las desviaciones se deben generalmente a una mezcla de factores geológicos y de elementos mecánicos. Pero considerando su efecto en forma separada, cada uno de estos factores obrarían de la forma siguiente:

DESVIACIONES DEBIDAS A ECHADOS PRONUNCIADOS

Al estar perforando un pozo donde la inclinación de las formaciones es muy pronunciado, ésta se efectúa verticalmente con cierta facilidad mientras, las formaciones atravesadas sean blandas, pero al llegar la barrena a una formación dura e inclinada, ésta se deslizará siguiendo el plano de contacto de la formación dura.

DESVIACIONES DEBIDAS A ESTRATOS ALTERNADOS DE DIFERENTE DUREZA CON PENDIENTES MODERADOS

En este caso la barrena, en vez de seguir el sentido de la inclinación de los planos de contacto, tiende a buscar las condiciones de equilibrio, hasta que el eje del pozo llega a ser perpendicular al plano del echado de las capas.

El paso de una formación inclinada suave a una formación horizontal dura, en donde la barrena tiende a buscar la perpendicularidad de la formación de mayor dureza, ocasionando una desviación.

DESVIACIONES DEBIDAS A ELEMENTOS MECANICOS

1.- Exceso de carga sobre la barrena con respecto a bajas revoluciones:

Uno de los factores que más ocasionan desviaciones, es el efecto del peso sobre la barrena, ya que éste flexiona la herramienta y obliga a la barrena a desviarse de la vertical.

2.- Sarta de perforación no estabilizada

Cuando la relación entre los diámetros del agujero y el diámetro de la herramienta es muy grande, el efecto de desviación por exceso de carga se propicia. La experiencia recomienda el empleo de estabilizadores espaciados adecuadamente en la herramienta de acuerdo con la

experiencia de campo y lo recomendado por H.B Woods y Arthur Lubinsky en sus artículos "Como evitar pozos torcidos" y "Como usar eficazmente los estabilizadores".

3.- Desviaciones ocasionadas por el diseño de la barrena

Las barrenas de alas que actualmente están en desuso propiciaban la desviación del pozo, principalmente en formaciones blandas, ya que su propio diseño la hacía trabajar como un tornillo

En la perforación de pozos direccionales en una de sus técnicas emplea una barrena de diseño especial a la cual se le denomina iniciadora y lleva acabo la desviación en la dirección de la descarga del chorro de lodo.

DESVIACIONES DE POZOS, DEBIDO A EFECTOS HIDRAULICOS

La perforación direccional utiliza la descompensación hidráulica como un método para iniciar la desviación del pozo.

Esta misma descompensación puede tenerse, cuando tratando de obtener una determinada pérdida en las boquillas para cumplir con el programa hidráulico, se seleccionan boquillas de diferente diametro.

Si no se tiene cuidado puede originarse una desviación no controlada, máxime si se está perforando en una formación suave

De lo anteriormente expuesto se deduce que la influencia de los fluidos de perforación para desviar los pozos, es a través de la hidráulica más no de sus propiedades.

PESCAS

Se considera como pesca la operación por medio de la cual se extrae del agujero un objeto que se ha caído o quedado en él.

Las pescas pueden clasificarse de acuerdo a las causas que originaron el pescado, como se muestra en el siguiente cuadro:

Pescados originados por: Tuberias atoradas
Tuberias pegadas
Fallas de los materiales
Operación inadecuada
Caida de cuerpos

PESCAS DE TUBERIAS ATORADAS

Los pescados originados por tuberias atoradas, se deben a que habiendo fallado todas las operaciones aconsejables para safarla, no quedan más recursos, que desenroscar la tubería lo más cercano posible al tubo atorado y dejar un tramo libre que permita lavar el resto del pescado en la forma más adecuada, según el caso y posteriormente efectuar la verdadera operación de pesca. Actualmente se emplea en este tipo de casos la herramienta denominada "TRISTATE", la cual permite efectuar el atrapamiento del pescado, lavado del pescado, liberación y recuperación del pescado en un sólo "viaje".

Durante las operaciones de pesca de este tipo, el control de las condiciones del fluido de perforación será el mismo, ya que el lodo no fue el que originó el problema.

PESCAS DE TUBERIAS PEGADAS

Las tuberias pegadas, tal como se mencionó anteriormente, se deben fundamentalmente a un filtrado inadecuado y que la diferencia entre las presiones de formación con respecto a la carga de la columna de lodo es muy grande (pegadas por presión diferencial). En estos casos se tendrá que efectuar una pesca en forma similar al caso anterior, pero el control del fluido deberá extremarse.

PESCAS DEBIDAS A FALLAS DE LOS MATERIALES

Las operaciones de pesca por falla de materiales originan pescados, siendo en algunos casos más difícil su recuperación. La falla de los materiales varía dependiendo de la herramienta que haya fallado y en donde se presente el problema; esto es si la tubería se rompió en medio de un tubo, cerca de la caja o en el pistón. También puede deberse a que uno de los conos o los roles de la barrena se queda en el interior del pozo.

PESCAS DEBIDAS A OPERACION INADECUADA

La tubería de perforación, los lastrabarrenas o la barrena que se han roto pueden deberse a una mala operación, por ejemplo:

El exceso de carga sobre la barrena aunada a una alta velocidad de rotación, desgastan los baleros, propiciando que los conos se desprendan de la barrena.

Deficiencia en el apriete de las juntas de la sarta de la tubería propicia la ruptura de los piñones por erosión.

Cargas inadecuadas durante la perforación propicia fatigas en los tramos inmediatos a la herramienta y por lo tanto, su ruptura.

PESCAS DEBIDAS A LA CAIDA DE CUERPOS

Cualquier cuerpo metálico capaz de caber en el agujero puede originar el atoramiento permanente de la sarta de tubería si ésta se encuentra adentro en el momento de la caída.

Si el cuerpo cae cuando la tubería está afuera del pozo, el problema se limita a extraerlo, dependiendo del tipo de este cuerpo la técnica a seguir.

Por lo anterior expuesto y basándose en la experiencia del campo, los únicos pescados que pueden ser atribuidos en forma indirecta al control de los fluidos de perforación son: los debidos a enjarre grueso a pegadas por "presión diferencial"

"Pesca" Es una palabra generalmente usada para indicar la operación de recuperar o tratar de recuperar material perdido en un agujero.

Aún con equipo moderno, herramientas especiales y personal especializado, las pescas cuestan aproximadamente un 3% del costo total de la perforación. La cantidad anual en millones de pesos gastados en esta fase de la industria, ha traído como consecuencia la creación de una industria especializada dentro de la industria de la perforación.

1.- Remedio para recuperar tubería rota. La pesca más frecuente es la tubería que se rompe. La tubería de perforación generalmente se rompe al estar perforando. La rotura puede ocurrir en el tubo o en sus juntas. El enchufe de pesca es la herramienta aceptada para agarrar este tipo de

"pescado". Un enchufe de pesca debe ser equipo "estándar" en todos los equipos de perforación y se debe mantener en buenas condiciones para uso inmediato con las cuñas o empaque de hule adecuados para enchufar cualquier tamaño de tubería, juntas o mangas, que se están usando en el pozo. (Ver anexo 10 enchufe bowen).

a).- Uso de enchufe de pesca. Antes de armar el enchufe de pesca, es importante examinar cuidadosamente el extremo inferior de la tubería recuperada para determinar si la parte superior del pescado esta chupada, expansionada o desgastada y en su distancia de la junta. Esta inspección asistirá para determinar el tamaño de las cuñas y empaque de hule y si es necesario o no usar un molino. Es muy importante obtener medidas precisas de la distancia de la guía del enchufe a las cuñas y la distancia a que el pescado puede entrar dentro del enchufe después de pasar las cuñas.

Esta información será de utilidad al estar pescando. Más importante aún es el determinar la profundidad exacta de la boca del pescado y el tener medidas exactas del aparejo de pesca para que sepa el operador donde encontrar la boca del pescado. Muchas operaciones de pesca han fallado porque el operador estuvo operando arriba o abajo de la boca del pescado. Si la boca del pescado no se puede encontrar o hay duda de su posición, entonces se debe tomar un registro eléctrico para determinar su posición.

Después de que el enchufe de pesca se ha metido cerca de la boca del pescado, se debe circular para limpiar la herramienta. No es recomendable que se circule más de unos cuantos minutos. Se recomienda que el lodo y agujero estén en condiciones antes de meter el pescante, generalmente no se circula cuando se está pescando con un enchufe de pesca. Hay más probabilidades que el empaque de hule aguante después de que se ha pescado si no se está circulando al entrar a la boca del pescado. La operación de pesca puede consistir simplemente en bajar el enchufe sobre la boca del pescado y permitir al pescado que pase por las cuñas hasta el tope superior del enchufe. El aparejo de pesca después se levanta y las cuñas se agarrarán firmemente al pescado. A continuación se debe de circular a través del enchufe y el pescado para acondicionar el agujero antes de sacar la tubería.

La pesca no suele ser tan sencilla y a veces puede requerir horas de levantar y bajar la tubería, dándole vuelta y probando. Aquí es cuando se necesitan medidas exactas para determinar si el enchufe está topando con la boca del pescado; si el pescado no entra a las cuñas del enchufe, o si las cuñas

no aprisionan el pescado. Durante esta operación es necesario tener paciencia, imaginación y cuidado. Se le puede hacer un daño irreparable a la boca del pescado, se debe poner candado a la rotaria y sacar el pescado sin rotación para no soltarlo.

Si el pescado está pegado, el enchufe de pesca soltara el pescado aplicándole peso y dándole rotación a la derecha.

b).- Uso de enchufe de pesca y molino. El molino para enchufe de pesca es una herramienta para cortar, diseñada para usarse en el extremo inferior del enchufe (en lugar de la guía), con la cual se puede acondicionar la boca del pescado hasta las cuñas del enchufe. Su acción cortante se obtiene bajando la herramienta sobre la boca del pescado y después dándole rotación despacio. Su diámetro inferior y filos de corte son cónicos y limarán progresivamente el diámetro exterior del pescado a las dimensiones del enchufe.

c).- Uso de enchufe de pesca y tubo de perforación chueco. Muy a menudo es imposible encontrar la boca del pescado con el enchufe de pesca. Esto es ocasionado por cavernas en el pozo que permiten al pescado recargarse a un lado, pasando el enchufe a su lado.

La primera y más económica operación es enchuecar el primer tramo de tubería arriba del enchufe. El tramo chueco forzará el labio de la guía del pescado si se levanta y baja el aparejo de pesca dándole una fracción de vuelta a la tubería durante cada operación. Debe de tenerse cuidado al meter el aparejo de pesca, pues la guía del enchufe irá rascando la pared del agujero.

d).- Uso de enchufe de pesca con junta articulada y gancho de pared. La junta articulada y gancho de pared son una combinación de herramientas usadas para sacar tubería de una cavidad y colocarla en una posición tal, que se pueda agarrar con el enchufe de pesca colocado abajo de la junta articulada. Esta es la herramienta que normalmente se usa después de que se ha operado y fallado con un tubo chueco. La acción articulante se obtiene con la presión hidráulica del lodo de perforación. Al ir bajando y dándole vuelta al aparejo de pesca con circulación, el gancho de pared es forzado hacia afuera y enganchará la tubería.

Después de haber enganchado la tubería, se le da una vuelta de torsión al aparejo de la pesca, se le pone candado a la rotaria, se para la bomba y se levanta el enchufe hasta que desaparezca la torsión y se vuelve a bajar el enchufe unos 6 o

9 metros abajo de la boca del pescado a fin de engancharlo con

el gancho de pared. Esta operación requiere experiencia y puede requerir horas y aún días para hacerlo acertadamente. A veces se mete un martillo arriba del enchufe para ayudar a despegar un pescado pegado y se debe recordar que la junta articulada aguantará golpes hacia arriba; más no hacia abajo.

e).- Uso de machuelo y junta de seguridad.- Muy a menudo habrá un tramo chueco en la boca del pescado, haciendo imposible que el pescado entre al enchufe, arriba de la junta articulada y gancho de pared. En ese caso una buena herramienta será un machuelo "arreglado" con una junta de seguridad en el primer tramo arriba del machuelo. Este machuelo se prepara de la manera siguiente: el agujero de circulación en el extremo inferior del machuelo se tapa y a continuación se corta un agujero a un lado del machuelo para que la presión de circulación fuerce la punta del machuelo hacia los lados del agujero.

A continuación se baja al machuelo dentro del pescado y se enrosca. Después de haber enroscado el machuelo al pescado, se desconecta la junta de seguridad. A continuación debe ser posible entrar a la boca de la junta de seguridad con contratubo exterior y tubería lavadora. Se corta abajo de la caverna, se recuperará la parte cortada y se continúa pescando con enchufe de pesca.

f).- Uso de ampliador. Si los procedimientos anteriores han fallado, se puede ampliar el agujero al diámetro mayor posible, cuando menos desde 20 m. arriba de la boca del pescado y usar de nuevo los procedimientos antes enumerados.

Si vuelven a fallar los procedimientos anteriores, la única solución es desviar el agujero. A veces hay alguna arena de aceite, gas o agua que se desea taponar y que se encuentra abajo de la boca del pescado y se perfora a un lado de este para taponarla debidamente. Es indispensable cementar la parte superior del pescado antes de intentar perforar a un lado del mismo.

2.- Recuperación de barrenas, conos y/o pedacería de fierro

La pedacería de fierro se puede recuperar metiendo una canasta magnética en la parte inferior de la tubería. Se debe de circular en el fondo para levantar los cortes y así permitir que el imán tenga contacto directo con el fierro. Se puede usar también una canasta (tipo globo). Esta canasta consiste de un barril de muestreo de 60 cm a 1 m de largo. Para operarlo se corta un núcleo, atrapando los fierros que entren al barril. Hay además varios tipos de canastas laterales

diseñadas con una bolsa lateral para agarrar la pedacería de fierro cuando éstos se bombean del fondo. La canasta se conecta inmediatamente arriba de la barrena. El secreto está en romper el fierro en pedazos chicos y alternativamente arrancar y parar la bomba. Este método tiene la ventaja de permitir continuar perforando al atrapar la pedacería de fierro, sin necesidad de sacar la tubería.

Barrenas, cuñas o acero similar se deben hacer pedazos antes de pescarlos. Esto se puede hacer usando explosivos con un tramo liso de tubería N-80, o con molino con material duro en el fondo.

AGUJEROS RECTOS

PRACTICAS DE PERFORACION PARA MANTENER AGUJEROS RECTOS

Cuando se descubrió que los agujeros se torcían y se empezaron a usar los instrumentos que median la desviación, se impuso como norma que las inclinaciones tuvieran un límite de 3 grados con respecto a la vertical.

Luego vieron que tratar de mantener un ángulo máximo de 3 grados implicaba en muchos lugares detener los avances de perforación para respetar el límite de 3 grados y lo ampliaron hasta 5 grados. Sin embargo se vió que esta política no siempre evitará los pozos chuecos y que originaba las llamadas "patas de perro", pues éstas se originan principalmente al tratar de corregir un ángulo de desviación. Supongase que se fija como límite 5 grados, cuando se llega a ese límite, se ordena tratar de disminuir el ángulo dando menos peso y más rotación. Esto origina un cambio en la inclinación, lo cual produce una "pata de perro".

Mientras se originen más patas de perro, más problemas pueden presentarse por pegadas de tubería en las "patas de perro" al formarse "ojos de llave" donde se atorán los drill collars.

Por esta razón, la tendencia actual es usar arreglos de fondo rígido, que resisten más la tendencia al cambio de dirección.

Estos arreglos de fondo evitan la formación de "patas de perro" pero en la profundidad total puede pasarse del límite de 5 grados.

Durante años anteriores, se gastaron millones de dólares inútilmente tratando de mantener agujeros con una desviación máxima de 3 o 5 grados.

Las técnicas modernas permiten perforar agujeros precisos a cualquier profundidad y está demostrando que los grandes ángulos del pozo, no ocasionan problemas en la producción y el bombeo.

COMO LIMITAR EL CAMBIO DE ANGULO DEL POZO TECNICA DE JUEGOS DE FONDOS RIGIDOS

Un conjunto rígido de la columna de perforación en el fondo, en lugares donde se presume que el agujero se va a desviar, evitará o disminuirá el peligro de cambios de ángulo repentinos.

Hay dos ángulos de rigidez simple que se recomiendan, tanto para formación suave como para formación dura.

JUEGO RIGIDO PARA FORMACIONES DURAS

Esencialmente consiste en la barrena, un escariador de 3 o 6 puntos, un drill collars lo más grande en diámetro por ejemplo, para agujero de 8 3/4 con lastrabarrena de 7 3/4; o un agujero de 12 1/4 o drill collars de 10 u 11 pulgadas para agujero de 12 1/4. Los drill collars deben ser de 30 pies, después del primer drill collar viene un estabilizador con aletas de caucho de preferencia, pero si no se tiene, se usa el de aluminio.

JUEGO RIGIDO PARA FORMACIONES SUAVES

Este arreglo consiste esencialmente, en la barrena, un estabilizador de cuchillas integrales (este estabilizador tiene las costillas en espiral y es toda de acero), un drill collar de mayor diámetro posible por ejemplo de 8" en agujero de 9 7/8 o de 9 o 10 pulgadas, en agujero de 12 1/4, otro estabilizador, otro drill collar y finalmente otro estabilizador integral. En total dos lastrabarras del mayor diámetro posible y tres

El estabilizador de la barrena no debe tener más de un desgaste máximo de 1/8 de pulgada en su diámetro. Para el segundo estabilizador situado a 30 pies, no debe pasar de 1/4 de pulgada.

Cuando se quieren juegos más rígidos se pueden usar drill collar cuadrados.

TECNICA DEL PENDULO

Si llega el momento en que para combatir la desviación del pozo, disponga disminuir el peso sobre la barrena, es conveniente que sepa como aprovechar la fuerza de gravedad.

Por lo mismo, el extremo inferior de su sarta de drill collar tiende a regresar a la vertical.

En formaciones donde se tuercen los pozos se produce una fuerza que empuja lateralmente a la barrena, alejándola de la vertical. Entre más peso se aplique a la barrena más aumenta esa "fuerza de la formación.

Por ejemplo, si con 14,000 lb. de PSB a duras penas se mantienen la inclinación de 6 grados, porque la fuerza de la formación y la fuerza pendular son iguales, es decir, están equilibradas. Qué se hace en este caso? Las alteraciones son las siguientes:

- a).- Reducir la fuerza de la formación quitando PSB, el pozo se endereza.
- b).- Aumentar la fuerza de la formación aumentando más PSB, el pozos se tuerce.
- c).- Aumentar la fuerza pendular al colocar un estabilizador, el pozo se endereza.
- d).- Aumentar la fuerza pendular y aplicar mas peso, el ángulo de 6 grados se mantiene.

Reglas empiricas de soluciones para agujeros de 9 7/8" o más pequeños:

- 1.- Instale un estabilizador encima del 2o. lastrabarrenas

- 2.- Asegurarse que los dos drill Collar del fondo sean los de diámetro más grande posible que se pueden usar.

Para agujeros de 9 7/8" o más grandes:

- 1.- Ponga un estabilizador encima del 3er. lastrabarrenas.
- 2.- Asegurarse que los lastrabarrenas del fondo sean del mayor diámetro posible que se puedan usar.

CONTAMINACIONES

Existen diferentes flúidos de perforación y por lo tanto, cada tipo se comportará en forma diferente, siendo unos más resistentes que otros ante una misma contaminación. En este subcapítulo, se tratará de las contaminaciones relacionadas a los flúidos más comunmente usados, los lodos fase continua agua-sódicos.

Las contaminaciones pueden ser ocasionadas por la naturaleza de las rocas perforadas, o por los flúidos contenidos en ella o por operaciones tales como: acidificaciones y cementaciones.

Contaminaciones debidas a la naturaleza de las rocas

Las contaminaciones producidas por las rocas perforadas generalmente se notan por los aumentos bruscos e las viscosidades, de la gelatinosidad, así como por el incremento del filtrado de los lodos empleados.

La intensidad de la contaminación varía de acuerdo con la solubilidad de la roca o del grado de dispersión que ésta puede tener. También intervendrá el espesor de las capas perforadas, ya que a mayor espesor, el problema se acentuará hasta llegar a su punto crítico, esto es, no se tendrá el mismo problema si se perfora una capa de anhidrita de un metro que en un intervalo de cien metros.

Siendo las contaminaciones resultado de las reacciones químicas o de los efectos físico-químicos de los componentes de la roca, el grado de solubilidad de los componentes con respecto a la fase continua del lodo es el factor primordial.

Del cuadro anterior se ve que las contaminaciones más frecuentes son de carácter químico, las cálcicas y las sódicas, existiendo también contaminaciones magnesianas que son muy similares a las cálcicas.

Contaminaciones cálcicas

Las contaminaciones cálcicas que se tienen durante la perforación de las siguientes rocas:

Anhidritas	Sulfato de calcio anhidro
Calizas	Dolomías (carbonato de calcio y magnesio)
Margas	Cretosas (Carbonato de calcio)
	Lutitas cálcicas

Anhidritas

La contaminación debido a las anhidritas, es la más severa de todas las contaminaciones, ya que durante la perforación de ellas, éstas afectarán el lodo por tres causas:

- 1a. Siendo sulfato de calcio anhidro, absorberá agua de la fase continua de lodo, incrementando la viscosidad de éste, por el secuestro de ella. Su solubilidad es de 0.257% a 50°C.
- 2a. El ión sulfato dará una contaminación de carácter ácido por su preponderancia al ión calcio.
- 3a. El calcio desplazará algunos de los iones sodio de las arcillas, creando una inestabilidad del sistema, reflejado por un incremento del punto de cedencia (P_c), de la gelatinosidad e incrementará la pérdida de filtrado. El lodo más adecuado para perforar este tipo de rocas es el lodo "base yeso".

Dolomías y calizas cretosas

Las contaminaciones producidas por estas rocas se notan por el incremento de la gelatinosidad y de la viscosidad.

siendo menos severas que en el caso anterior, ya que la solubilidad del carbonato de calcio, es prácticamente nula y la del carbonato de magnesio es de 0.0106%.

La gelatinosidad desarrollada por estas contaminaciones son de alta rapidez, pero de poca fuerza (tipo planar), mientras que la gelatinosidad desarrollada por las contaminaciones de cloruros o sulfatos, son del tipo persistente

La perforación de este tipo de rocas se efectúa eficientemente con lodos cálcicos o lodos base yeso.

Contaminaciones sódicas

Las contaminaciones sódicas se tienen durante la perforación de los domos salinos y en capas de lutitas saladas.

Domos salinos

La alta solubilidad de la sal, hace a este problema grave, ya que la cantidad del contaminante es muy elevada, con respecto al volumen del fluido empleado. Como se mencionó anteriormente, la contaminación de los cloruros produce viscosidades elevadas al principio y posteriormente si la cantidad de cloruros es muy alta provoca floculaciones y precipitación de las arcillas floculadas y como consecuencia posterior, el asentamiento de los materiales suspendidos por las arcillas, tales como la barita y recortes. Cuando esto sucede, lo más fácil es que se peque la tubería por la sedimentación de los materiales densos.

La pérdida de agua se incrementa demasiado, dando origen a enjarres esponjosos, no adherentes, como consecuencia de esto, se pueden originar pegadas de tubería por enjarre grueso.

Para la perforación de los domos salinos, se requiere de un fluido especial, siendo éste el lodo salado o un lodo de emulsión inversa.

El empleo de lodos de fase continua agua, proporciona un medio muy propicio para la disolución de la roca y en muchas ocasiones, hay atrapamiento de la herramienta por la calda de grandes masas de sal.

Lutitas saladas

Las lutitas saladas que fueron originadas por la sedimentación de las arcillas en un mar saturado de sal (cuencas cerradas), que por lo tanto, al mismo tiempo que se sedimentaban éstas, se cristalizaba la sal, el problema es relativamente menos grave, ya que la cantidad de sal es baja, si se compara con respecto a un domo salino. Las lutitas prácticamente no se dispersan porque la acción de la sal las anhíbe. La perforación de estas lutitas pueden hacerse con un lodo de pH medio, tratado con cromolignosulfonato (un sistema CL-CLS).

Contaminación debido a rocas altamente dispersables

El problema más grave que corresponde a este tipo de rocas, es el que se tiene cuando se perforan intervalos de cenizas volcánicas (heaving Shales), los cuales en presencia del agua proveniente del filtrado de los flúidos fase continua agua, se hidratan muy fácilmente e incrementa el pH, por lo que las arcillas existentes en el lodo más las perforadas y las correspondientes a otras capas superiores, se hidratan a su vez, originando una elevación de viscosidad y de geatinosidad como consecuencia del % de sólidos activos en el fluido de perforación. La solución adecuada para este caso, es la perforación con flúidos fase continua aceite como son los flúidos de emulsión inversa o los de base aceite (Black magic).

Existen otros tipos de arcillas altamente hidratables, pero no del mismo grado que el anterior, el problema es menos grave y se puede solucionar con la selección de un fluido de perforación de pH medio, siendo el mejor, el sistema de lodos - CL-CLS (Cromolignito-Cromo lignosulfonato).

La selección de estos flúidos fue hecha basándose en su resistencia ante la contaminación considerada y que el tamaño de la roca es lo suficientemente grande que amerite el empleo de un lodo especial. No debe olvidarse que para efectuar la selección definitiva en un caso particular, además debe tener en cuenta otros factores, entre los cuales están: el económico, la restricción de la interpretación de los registros eléctricos, daños a la formación, seguridad y velocidad de perforación.

Como se verá posteriormente, los lodos de emulsión inversa son adecuados para la mayoría de los casos, pero su empleo se

ha restringido actualmente por su costo, los problemas de interpretación de los registros eléctricos y en algunos casos cómo afecta la rapidez de perforación.

Contaminaciones debidas a los flúidos contenidos en las rocas

Los flúidos contenidos en la roca son los mencionados anteriormente. En este párrafo se tratará solamente el efecto químico de las salmueras. Siendo de dos tipos: contaminación cálcica debida a la salmuera de cloruro de calcio y contaminación sódica a consecuencia de soluciones naturales de cloruro de sodio.

La contaminación debida a salmueras de cloruro de calcio es la más grave, porque a la contaminación de calcio se agrega el efecto de los cloruros.

La acción química de estas salmueras es muy grande, puesto que es una solución química y por lo tanto, ésta es muy efectiva. Un caso típico de este problema, se tuvo en el pozo El Plan 162 de la Zona Sur. La solución de estos problemas sólo se logra utilizando lodo salado. Puede también utilizarse lodos de emulsión inversa.

Contaminaciones debidas a operaciones necesarias:

Durante la terminación de los pozos y durante la perforación, se efectúan operaciones donde se emplean cementos y ácidos, los cuales contaminan en menor o mayor grado a los flúidos de perforación.

El cemento se perfora necesariamente después de haberse efectuado el fraguado de las cementaciones de la tubería de revestimiento superficial e intermedias para poder continuar la perforación. Las contaminaciones están en relación directa a la cantidad de cemento que se dejó dentro de la tubería de revestimiento y la altura a la que se cementaron dichas tuberías con respecto al fondo del agujero en el momento de efectuar dichas cementaciones.

La magnitud de estos problemas es pequeña, ya que se refiere a volúmenes conocidos de antemano y por lo tanto, se puede programar un tratamiento, dependiendo éste del tipo de lodo que se está utilizando.

A veces se requiere colocar tapones de cemento, para efectuar alguna desviación del agujero, condenando la parte inferior del mismo. También se colocan tapones de cemento, para recuperar la circulación perdida en algunos casos; en estas ocasiones, la cantidad de cemento por perforar es pequeña y por lo tanto, la contaminación es leve.

Durante la perforación, a veces se requiere efectuar un tratamiento de ácido (HCl), para despegar la tubería de perforación, aunque el volumen de ácido es pequeño (máximo 6m³), la concentración del ácido es suficiente para provocar una contaminación (muy similar a la tenida con la sal), las porciones de lodo en contacto con él, así como las paredes del pozo durante el retorno a la superficie son los afectados. Este problema es de magnitud conocida, pues dependerá del volumen empleado de ácido y del tipo de lodo que se está usando. Se pueden tomar medidas preventivas según el caso, estabilizadores integrales.

EJEMPLOS ESPECIFICOS DE PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS

Se considera como problema de perforacion todo aquéllo que en forma directa o indirecta, afecte la eficiencia de la perforación, pudiendo ser de caracter humano, debido a fallas de las herramientas o equipo, a la deficiencia de la calidad de los materiales empleados en la preparación y control de los fluidos de perforación o a las características y condiciones de las diferentes rocas.

Esta sección se limitara a estudiar los problemas provocados por las condiciones y características de las rocas perforadas y de los fluidos contenidos en ellas, sin tomar en consideración el efecto humano y considerando que la calidad de los materiales empleados, es buena.

CLASIFICACION DE LOS PROBLEMAS DE PERFORACION.

Los problemas de perforación se pueden clasificar en 9 tipos segun el siguiente cuadro:

- 1.- Gasificaciones.
- 2.- Flujos.
- 3.- Derrumbes.
- 4.- Contaminaciones.
- 5.- Perdidas de circulación.
- 6.- Solidificación de los fluidos
- 7.- Atrapamiento de la tubería
- 8.- Desviaciones del pozo.
- 9.- Pescas.

Los seis primeros, están íntimamente ligados con el control de los fluidos de perforación y a las condiciones de las rocas. los tres últimos son problemas de caracter mecánico, sobre los cuales poca influencia tienen los fluidos de perforación, pero que es indispensable conocer su origen y tomar las precauciones necesarias para no complicar mas los problemas.

1- Aunque las gasificaciones son poco frecuentes en la perforación de pozos para agua puede darse el caso, por lo que es necesario tomarlas en cuenta.

Se conocen como gasificaciones, la introducción de los gases existentes en las formaciones a los fluidos de perforación.

Flujos: Por flujos se entiende la introducción de los diferentes fluidos existentes en la formación al seno del fluido de perforación.

Esto es debido a que existen formaciones con sobrepresión y que son consideradas como el resultado de sedimentos originalmente depositados como lodo, arcilla y arena suelta. A medida que más y más material se depositó en estos sedimentos, se fueron haciendo más densos mientras se compactaban con el peso de las rocas superpuestas y al exprimirse el exceso de agua.

Cuando esta agua podía llegar a una formación porosa y permeable, como una formación de arena, el agua tomaba la presión del fluido normalmente encontrado en la formación. El peso de la sobre carga de rocas lo soportaban los granos de la formación. Si el espacio poroso estaba conectado a una presión normal, entonces la presión del agua sería normal. Por otro lado, si el cuerpo de arena estuviera aislado dentro de un espesor masivo como el esquisto, el agua exprimida del esquisto que por compactación se acumula en el espacio poroso de la arena y eventualmente adquiere la presión de sobre carga.

Existen flujos de Agua dulce, agua salada, salmueras, aceite, asfalta, gilsonita y azufre líquido, estos dependen del tipo de formación.

Derrumbes: Los tipos más comunes de rocas y sedimentos donde ocurren los derrumbes generalmente se presentan en las siguientes:

Gravas, arcillas deleznales, arenas no consolidadas, areniscas y en rocas calizas que presenten echado pronunciado.

Contaminaciones: En esta sección se habrá únicamente sobre las contaminaciones ocasionadas por la naturaleza de las rocas perforadas, tal es el caso de las siguientes:

Contaminación calcica : este tipo de contaminación puede ser ocasionada generalmente por Anhidrita, caliza (dolomías) y margas.

Contaminación sodica: en la que destacan las lutitas saladas, los domos salinos y zonas con agua salada.

Contaminación debido a concentración de sólidos: Arcillas altamente hidratables (heaving Shale) y cenizas volcánicas.

Perdidas de Circulación: Existen dos tipos de pérdidas de circulación, naturales e inducidas, como las pérdidas de circulación naturales son debidas más que nada al tipo de rocas enfocaremos más nuestra atención a las naturales.

De las pérdidas de circulación naturales existen dos tipos: las totales y las parciales, dentro de la totales existe la influencia de rocas en las que se forman cavernas, tales como las calizas, en las que también pueden existir fracturas. Ahora bien, no podemos dejar atrás a las rocas ígneas, tales como las

riolitas los basaltos, en las que tambien se forman fracturas
Existen otros tipos de rocas donde se presentan perdidas
totales de circulacion, como las gravas no consolidadas, las
arenas no consolidadas.

En el caso de las perdidas naturales parciales de circulacion,
figuran las arenas no consolidadas, calizas porosas y
permeables y las areniscas porosas

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Hoy en día, la gran escasez de agua que padecen las grandes y medianas urbes, así como el campo sobre todo en las regiones semidesérticas, es motivo de tomar en cuenta la importancia de eficientar los diferentes procesos para la obtención del vital líquido.

En la actualidad, las perforaciones de pozos profundos para el alumbramiento de aguas subterráneas se ha venido desarrollando a profundidades cada vez de mayor importancia, en donde es necesario el uso de equipo de perforación de gran capacidad, cuyos costos son mayores y que de igual manera implican un manejo más especializado.

Por desgracia, en nuestro País no se le ha dado importancia a este problema, porque aun la perforación no se realiza de la mejor manera, es decir, no son tomados en cuenta todos los factores que nos pueden ayudar a eficientar el proceso de perforar y así obtener los mejores resultados.

Este trabajo tiene como objetivo, presentar los problemas más ordinarios que ocurren durante una perforación, y también de igual forma las posibles soluciones como una medida de orientación para quienes se dediquen al desarrollo de esta ingeniería, y debemos tomar en cuenta que los conocimientos de geología, son importantes, puesto que se va a trabajar sobre rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; además de que estas dan la pauta para un buen programa de trabajo.

RECOMENDACIONES

- 1.- Conocer completamente la columna geológica por perforar, es decir: el tipo de formación y el espesor.
- 2.- Seleccionar la capacidad del equipo de perforación tomando como variable principal la profundidad por perforar.
- 3.- Hacer un programa de perforación en función del tipo de formación por atravesar y el espesor de cada formación cuidando que se cumpla "lo mejor posible".
- 4.- Efectuar una supervisión completa durante la perforación con personal competente y no dejar que el operador "tome el solo las decisiones."
- 5.- Atención especial al "fluido de perforación" durante el proceso de perforación.
- 6.- Llevar una bitácora de perforación con el fin de controlar las operaciones y al personal del equipo.
- 7.- Revisar periódicamente las condiciones de la herramienta de perforación así como el malacate y el sistema de frenos del equipo.
- 8.- Seleccionar al personal de perforación: el perforador, ayudantes de primera y ayudantes de segunda.

GLOSARIO

A PRUEBA DE VAPORES Término que se usa para describir un producto que no es susceptible a la acción de gases u otros vapores. Su aplicación principal en el mastil de perforación es para describir artículos de alumbrado a prueba de explosión que son seguros en presencia de gases combustibles.

ACABADO O ARMADO Amolar o afilar (como en el caso de una barrena de tracción) reparación y cambio de partes para que las piezas de equipo queden en condiciones de volver a trabajar. El término se aplica especialmente a barrenas de perforación y uniones de tubería.

ACIDIFICAR El procedimiento de aplicar ácidos a las paredes de los pozos de aceite y gas para quitar cualquier material que obstruya la entrada de los fluidos. También se usa en formaciones de carbonato, como las calizas, para aumentar la porosidad.

ACHICANDO (Pistoneo) Operación de un dispositivo elevador para llevar los fluidos del pozo a la superficie cuando el pozo no fluye naturalmente. Esta operación es temporal para determinar si se puede hacer fluir el pozo o no. En el caso de que el pozo no fluya después de haberlo achicado será entonces necesario instalar una bomba como un dispositivo permanente para llevar el aceite a la superficie.

ADIVINO Un término de jergonza que se aplica al sismógrafo que se usa en la exploración de estructuras geológicas que pueden tener petróleo. También se aplica a varios dispositivos que se utilizan en la busca de depósitos petrolíferos.

AGUJERO Un término común que se usa para referirse generalmente al agujero del pozo. Agujero de ratón o ratonera son agujeros de poca profundidad abajo de la torre en los que se soportan temporalmente la barra cuadrada o tramos de tubería de perforación mientras se hacen conexiones. La ratonera también se refiere a un agujero de tamaño reducido en el fondo del agujero de tamaño regular del pozo. Algunas veces el perforador "ratonera adelantándose" para facilitar la toma de una muestra de vástago de perforación cuando parezca conveniente esa prueba.

AGUJERO ABIERTO La parte del pozo que no tiene adome.

AGUJERO CUEVO También llamado hoyo torcido y hoyo abierto.

AGUJERO SECO Se le dan muchos significados en el trabajo petrolero, pero en general cualquier pozo que no produce aceite o gas en cantidades comerciales. Un agujero seco puede fluir agua, o gas, o puede producir un poco de aceite a la bomba, pero no en cantidades comerciales.

AGUZAR Afilar o acondicionar una pieza de equipo (tal como una barrena de perforación o uniones de tubería vastago).

ALIMENTACION El acto de desenrollar un cable de un tambor. Un dispositivo en el equipo de perforación que mantiene uniforme el peso en la barrena, es decir, constante, y baja el cable de perforación automáticamente. Se conoce como el "perforador automático".

ALMACENAR UN EQUIPO O FARO Depositar en una bodega un equipo de perforación después de terminar un trabajo cuando se va a retirar de operación el equipo durante un periodo de tiempo.

AMORTIZACION El pago de una deuda, capital e intereses en cantidades iguales periódicas. La recuperación del capital invertido en un fondo de amortización.

ANALISIS, LODO Examen y pruebas del lodo de perforación para determinar sus propiedades físicas y químicas.

ANALISIS, NUCLEO Examen de laboratorio de muestras geológicas tomadas del agujero del pozo. Este examen se usa para determinar la capacidad de la formación para contener aceite y gas, la posibilidad de que el aceite y el gas pasen por la formación, el grado de saturación de la formación con aceite, gas y agua y para otros propósitos.

ANGULO CÓNICO El ángulo del cono de una barrena. Este ángulo puede ser empinado, en cual caso el cono tiene un ahusamiento agudo, o puede ser reducido, en cual caso el cono tiene un ahusamiento más llano.

ANGULO DE LA CHUMACERA El ángulo formado por las líneas perpendiculares al eje de la chumacera y al eje de la barrena. También llamado ángulo del pasador.

ANULAR, ESPACIO El espacio que rodea a la tubería suspendida en el agujero del pozo. La pared exterior del espacio anular puede ser el agujero abierto o puede ser una columna de tubo más grande.

APAREJANDO Antes de que el trabajo de perforación pueda iniciarse, pero después de que se ha erigido la torre, se deben instalar las herramientas y la maquinaria y se debe establecer un suministro de combustible y agua. Esta operación que en síntesis es la de alistar el equipo, se describe convenientemente con el término de los perforadores de "aparejando".

ARBOL DE NAVIDAD es un término que se aplica a las válvulas y a los accesorios ensamblados en la parte superior de un pozo para controlar el flujo de petróleo.

ARENA DE EQUIPAJE Una formación que se ha encontrado que no es productiva de aceite o gas. Se deriva del hecho de que se suspenden las operaciones y las cuadrillas hacen sus maletas y se van a otro sitio.

ARRANCAR UN POZO El acto de terminar un pozo y dejarlo en condiciones de producción.

ARRASTRE SOBRE LOS LARGUEROS (patines) del equipo. Mover un equipo de la localización de un agujero perdido o terminado como preparación para empezar uno nuevo. Al arrastrar un equipo en patines, el movimiento debe hacerse sin desmontar el equipo o desmantelar una parte mínima.

ARREGLAR UNA UNION El acto de enroscar un tramo de tubería con otro tramo o sección de tubería.

ARTICULACION GIRATORIA Un acoplamiento de mangueras que forma una conexión entre las bombas de lodo y la columna de perforación y permite la rotación de dicha columna.

ASOCIACION CANADIENSE DE CONTRATISTAS DE PERFORACION PETROLERA Canadian Association of Oilwell Drilling Contractor. La Asociación representa casi el 100% de los contratistas de perforación rotaria y la mayoría de los operadores de instalaciones de re-acondicionamiento en el occidente de Canadá.

ASOCIACION INTERNACIONAL DE CONTRATISTAS DE PERFORACION Una organización de contratistas de perforación de gran renombre y prestigio cuya sede está en Houston, Texas. La asociación auspicia o realiza la investigación sobre educación, prevención de accidentes y tecnología de perforación, así como otros temas de interés.

ATACARUAS Término que se emplea para un dispositivo que se utiliza para apretar cadenas en una carga de tubería.

A.A.C.P.P. (Asociación Americana de Contratistas de Perforación de Pozos Petroleros) Asociación que se ocupa de investigación, educación, prevención de accidentes y otros asuntos de interés.

A.A.G.P. Asociación Americana de Geólogos Petroleros

A.P.I.A. Asociación Petrolera Independiente de América. Una organización de productores "independientes" de aceite y gas de los Estados Unidos.

BAJOESCARIAK Agrandar un agujero perforado abajo de la tubería de ademe.

BANDERA Amarrar un pedazo de tela o alguna otra señal en una línea que cucharee o pistonee para permitir que el perforador sepa a que profundidad el pistón o cuchara están operando en el agujero.

BARITAS Un mineral que se usa apesentar los fluidos de perforación es un material de peso específico de 4.2, es decir, 4.2 veces mas pesado que el agua.

BARRA CUADRADA El pesado vástago (o barra) cuadrada o hexagonal de tubo de acero que pasa por la mesa rotaria y hace girar la tubería de perforación. También se le llama tubería vástago.

BARRA MAESTRA Columna de tubería de perforación incluyendo los portabarreras, el cuadrante, la tubería de perforación, estabilizadores y uniones de tubería vástago. También llamada Barra de Carga.

BARRENA Elemento perforador que penetra en las formaciones en la perforación de pozos de petróleo o gas. Este elemento puede ser de rotación o percusión, o puede ser una combinación de ambos. Incluye elementos perforantes/cortantes y de circulación (toberas) las cuales permiten el paso del fluido de perforación y cuya corriente contribuye a aumentar la velocidad de la misma.

BARRENA DE CALIBRE REDUCIDO Es una barrena cuyo diámetro exterior se ha desgastado hasta el punto que es menor a lo que fue cuando la barrena era nueva.

BARRENA DE CARBURO DE TUNGSTENO Un tipo de barrena de rodillo o para roca. También llamada de insertos y barrena para roca.

BARRENA DE CHORRO Una barrena que contiene hoquillas reemplazables a través de las cuales se dirige el fluido de perforación a altas velocidades hacia el fondo del hoyo para hacer más eficaz la perforación.

BARRENA DE CHORRO DESVIADORA Una barrena de chorro especial con una tobera bastante grande utilizada para desviar al hoyo de la vertical. La tobera grande erode un costado del hoyo, así desviándolo de la vertical. La barrena de chorro desviadora es especialmente activa en las formaciones blandas.

BARRENA DE DIAMANTES Barrena que tiene un cuerpo de acero con incrustaciones de diamantes industriales. La perforación se lleva a cabo a través de la rotación de la barrena sobre la superficie de la formación.

BARRENA DE DIENTES DE ACERO Una barrena de rodillos en la superficie de cada cono es compuesta por filas de dientes de acero. También llamada Barrena de dientes fresados y barrena fresada.

BARRENA DE TURBINA Una herramienta de perforación que recibe fuerza para rotación a través de la acción del lodo de perforación sobre las hojas de turbina de la herramienta. Cuando la barrena de turbina se utiliza, solamente la barrena gira por lo tanto no es necesario rotar toda la sarta de perforación. Aunque los hoyos rectos se pueden perforar con esta herramienta, se le usa más comúnmente para perforar hoyos desviados.

BARRENA PILOTO Una barrena colada en un aparato especial llamado abridor de hoyos. Esta sirve para guiar al abridor dentro de un hoyo ya existente el cual debe abrirse (aumentado en diámetro). La barrena piloto simplemente guía, o dirige, a los cortadores en el abridor de hoyos dentro del hoyo ya existente, con el fin de que los cortadores del abridor de hoyos puedan ampliar al hoyo hasta el tamaño deseado.

BARRENA SACAMUESTRAS El elemento cortante del ensamble del tubo portamuestras. Su diseño corresponde a uno de los tres tipos principales de barrena: barrena de arrastre o de fricción con cuchillas para cortar formaciones blandas; barrenas de rodillos con cortadores rotantes para cortar formaciones medias duras; y barrenas de diamante para cortar formaciones muy duras.

BARRENA TRIONICA Un tipo de barrena en la cual tres elementos cortantes conformes son montados de forma que engranen o intercalen y giren juntos o medida que la barrena perfora. El cuerpo de la barrena puede tener boquillas o chorros a través de los cuales el fluido de perforación se descarga. Una barrena de un solo cono se utiliza en formaciones blandas para perforar un hoyo desviado.

BAÑALTO Una roca ígnea, densa y de grano fino, cuyo color suele variar de gris oscuro a negro.

BENTONITA Un material gris, finalmente pulverizada, que se usa para preparar lodo de perforación. Generalmente se refieren a ella en la torre como el "gel".

BLOQUE DE PERFORACION Generalmente es una concesión o un buen número de ellas de extensiones de tierra adyacentes que constituyen una unidad de espacio suficiente para justificar el gasto de perforar un pozo de exploración.

BLOQUE PARA DESARMAR Una placa sólida que se ajusta en la mesa rotaria y sostiene la barrena de perforación mientras se descansa del lastrabarrenas.

BOTON También llamado inserto, injerto, inserción e incrustación.

BRIDA Un margen o borde ensanchado (tal como en las conexiones de tubería y las aperturas en las bombas y los recipientes). Generalmente está perforada con huecos para permitir su unión con otras conexiones mediante el uso de pernos.

BROCA También llamada barrena, mecha o trépano.

BUJE 1. Un acople para tubería en el cual el ensanchado externo es mayor que el ensanchado interno, así permitiendo la conexión de tubería de dos tamaños diferentes. 2. Un ferro removible insertado o atornillado en una apertura para limitar su tamaño para resistir desgaste o corrosión, o para servir de guía.

BUJE DEL CUADRANTE Un aparato que va sentado dentro del buje maestro y transmite rotación al cuadrante y simultáneamente permite movimiento vertical del cuadrante para hacer el hoyo. Puede ser diseñado para caber en el buje de rotación o puede tener paradones para transmitir torsión. También llamado buje de transmisión.

BUJE MAESTRO Un aparato que va sentado dentro de la mesa rotatoria para proveer un adaptador que acomoda el buje del cuadrante. Este buje también achica la apertura de la mesa rotatoria para acomodar las cuñas. También llamado buje de rotación.

CABECEO Un término aplicado a un pozo fluyente cuando el flujo se hace intermitente.

CABEZADA. FLUYENDO POR Cuando un pozo fluye intermitentemente más bien que continuamente, se dice que fluye por cabezadas (o cabeceos).

CALIBRE El diámetro (tamaño) de una barrena o del hoyo perforado por la barrena.

CALIZA Una roca sedimentaria rica en carbonato de calcio; esta roca suele servir de yacimiento para petróleo.

CAMA Una capa específica de tierra o material rocoso en contraste con otras capas de tierra o roca de diferente material, que quedan asentadas arriba, abajo o adyacentes a la cama de referencia.

CAMBIO DE COMPUERTAS En los equipos de perforación rotatoria los reventones se evitan con un dispositivo llamado preventor de reventones. El efecto sellador del preventor de reventones se logra por medio de partes llamadas compuertas. Es necesario cambiar las compuertas cuando se usa tubería de perforación de diferente tamaño de la que estaba en servicio.

CAMISA Un tramo cualquiera de tubería de ademe, cuya parte superior esté situado en cualquier punto abajo de la superficie.

CAMPO PETROLERO Una área en la que se encuentra petróleo. Un término definido liberalmente que se refiere a una área en la que se pueden encontrar uno o más yacimientos o depósitos.

CAÑO GUIA Una sarta corta de tubería de revestimiento de diámetro ancho utilizada para mantener la boca del pozo abierta y proporcionar el medio para sacar los rípios y fluido de perforación del pozo hacia los tanques de lodo. También llamado caño conductor y tubo conductor.

CAODC Asociación Canadiense de Contratistas de Perforación Petrolera.

CAPA EXTERIOR DEL CONO Aquella parte del cono de una barrena de rodillos de la cual los dientes son fresados, o sobre la cual son incrustados los insertos de carburo de tungsteno y dentro de la cual están contenidos los cojinetes.

CARBURO DE TUNGSTENO Un compuesto de tungsteno y carbono en forma de un polvo gris cristalino, sumamente duro y fino. Este compuesto es ligado con cobalto o níquel en composiciones de carburo cementado, y es utilizado en las herramientas cortadoras, abrasivas y para hacer dados.

CARRERA La acción de sacar y luego meter nuevamente al hoyo una sarta de tubería de perforación o cualquier tipo de tubería. También llamada viaje redondo.

CAT, (Gato) Un tractor del tipo de oruga que se distingue por su habilidad para moverse en terreno escabroso. Se usa mucho para limpiar la localización, operaciones de movimiento de tierras y para arrastrar equipo. El operador o conductor con frecuencia recibe el mote de chofer de gato (cat). Probablemente el término es una abreviatura del nombre de la marca Caterpillar, que es una marca registrada de este tipo de equipo.

CAZA NIPLES Un empleado del departamento de materiales que está encargado de conseguir y entregar en el faro de perforación las herramientas necesarias y el equipo para proseguir la perforación.

CEMENTACION La operación por la cual se fuerza la lechada de cemento hacia abajo por la tubería de ademe y sale por el extremo inferior de modo que llena el espacio entre la tubería de ademe y los lados de la pared del agujero hasta una altura predeterminada arriba del fondo del pozo. Esto es con el propósito de asegurar la tubería de ademe en su lugar y excluir el agua y otros fluidos del agujero del pozo.

CENTRADORES Guías de resorte de acero, que se fijan a la tubería de ademe y que sirven para conservarlo en el centro del agujero.

CIRCULACION INVERSA El curso normal de la circulación del fluido de perforación es hacia abajo dentro del tubo de perforación, y hacia arriba en el espacio del agujero del pozo que rodea a la tubería de perforación. En problemas especiales esta circulación normal se invierte y el fluido regresa a la

CIRCULAR Recircular el fluido de perforación a través de la tubería de perforación y del agujero del pozo, mientras se suspenden temporalmente las operaciones de perforación. Esto se hace para acondicionar el fluido de perforación y para obtener recortes del fondo del pozo, antes de que prosiga la perforación. La circulación del fluido de perforación mientras se suspende la perforación, generalmente es necesaria para evitar que se pegue la tubería.

CLASIFICACION DE CARGA DEL VIENTO Una especificación de una torre que se usa para indicar la resistencia de la torre a la fuerza del viento. La clasificación de carga del viento se calcula de acuerdo con fórmulas incorporadas a las especificaciones de I.A.P. (A.P.I.). La resistencia típica de las torres al viento es de 75 millas por hora con la tubería descansando en la torre y 115 millas por hora y más sin tubería descansando en la torre.

CLINOMETRO El nombre comercial de un instrumento que se usa para determinar si el agujero del pozo procede con una orientación vertical en cualquier punto. En la mayoría de las operaciones de perforación, ya sea por reglamentos de oficinas de gobierno o por estipulaciones contractuales, o por ambos, establecen una desviación máxima del agujero del pozo de la vertical; generalmente este máximo es de tres grados. Cuando la desviación excede la permisible, es necesario modificar el procedimiento de perforación para volverlo a poner en la línea.

CLUBES (o círculos) de oficina y equipos Organizaciones de mujeres empleadas en la industria petrolera. Estos círculos existen ahora en cerca de una docena de los principales centros petroleros. El propósito de la organización es en parte educativa y en parte social.

CMC Carboximetilcelulosa sódica. Un producto de celulosa que no se fermenta y que se usa en los fluidos de perforación para combatir la contaminación por anhídrido (yeso), así como para bajar la pérdida de agua del fluido de perforación a la formación. El agua con más de 20,000 ppm de sal (cloruro de sodio) reduce su efectividad como agente de tratamiento.

COFRE DEL SABER Un aparador o escritorio en el que el perforador guarda los diferentes registros relativos a la operación de perforación.

COJINETE Un componente de una máquina en la cual otro componente (tal como un muñon o una clavija) gira o rebota.

COJINETE DE BOLAS Un cojinete en el cual bolas sueltas de acero endurecido giran con facilidad sobre una pista en el muñón, y así convierten a la fricción deslizante en fricción de rodamiento.

COJINETE DE RODILLOS Un cojinete en el cual rodillos sueltos de acero endurecido giran con facilidad sobre una pista en el muñón, y así convierten a la fricción deslizante en fricción de rodamiento.

COLOCAR TUBERIA DE ADEME Instalar tubo de acero o de revestimiento en un agujero de pozo. Una operación conjunta es la cementación de la tubería de ademe en el lugar rodeándola con una pared de cemento que se extienda en toda o parte de la profundidad del pozo.

COLUMNA DE AGUA Una sarta o columna de tubería de ademe que se usa para aislar toda el agua arriba de una arena petrolera. Con frecuencia es necesario correr más de una sarta o columna antes de que se termine un pozo.

COLUMNA DE PERFORACION La columna de tubo se extiende desde la barrena hasta la barra de propulsión, lleva el lodo hacia abajo a la barrena y hace girar la barrena.

COMPENSADOR DE PRESION Un aparato colocata en la pata de una barrena de rodillos que tiene cojinetes lubricados sellados. Su función es el mantener igual a la presión adentro y afuera de los cojinetes de la barrena, no obstante que el lodo de perforación en el hoyo puede ejercer presiones muy altas sobre el exterior de la barrena.

CONEXION DE OLEODUCTO La salida de un pozo o tanque por la cual se transfiere el petróleo a un oleoducto para transportarlo lejos del campo.

CONFIGURACION DE CABEZA DE HUNDO Una condición en que el peso sobre un diente de la barrena es tan alto que causa que el diente se embote hasta que la porción interior más blanda del diente se derrame sobre el forro exterior más duro.

CONO Un dispositivo metálico de configuración cónica sobre el cual se forman o montan dientes cortadores en una barrena de rodillos.

CONTRATO DE FONDO DEL AGUJERO Un contrato que establece que el pago de efectivo u otra consideración hasta que se termine el pozo a una profundidad especificada.

CORRER TUBERIA También llamado instalar tubería de revestimiento o tubería de perforación.

CORTADORES Los dientes cortantes en los conos de la barrena de rodillos.

CORTADORES DEL CALIBRE Los dientes o insertos de carburo de tungsteno en la fila exterior extrema de los conos de una barrena, denominados así porque cortan el diámetro del hoyo y determinan el calibre, o tamaño, de éste. Llamados también dientes posteriores.

CRATER (HACERSE UN CRATER) Término que significa que se está derrumbando el agujero. Hacer un crater se refiere a los resultados que algunas veces acompañan un reventón violento, durante el cual la superficie que rodea el pozo cae dentro de un gran agujero formado en la tierra por la fuerza del escape de gas, aceite y agua. Un cráter algunas veces cubre una área de varios metros y alcanza una profundidad de varios cientos de pies. Hacer un cráter también quiere decir en la jerga de los campos petroleros cualquier desgracia que pueda ocurrir a la gente o al equipo.

CUADRANTE La pieza pesada de acero, de cuatro o seis lados, que va suspendida entre la unión giratoria y la mesa rotatoria. El cuadrante va conectado a la parte superior de la tubería de perforación que está dentro del hoyo y hace dar vueltas a la sarta de perforación a medida que la mesa rotatoria gira. Tiene un agujero que permite que fluido se circule hacia el pozo o hacia afuera.

CUADRILLA Los trabajadores en una instalación de perforación o reacondicionamiento, incluyendo el perforador, el encuellador y los ayudantes del perforador.

CUADRUPLO Una sección de tubería de perforación, de adome o de producción que consista de cuatro tramos unidos unos a otros.

CUARCITA Una roca granular compacta, compuesta de cuarzo y derivada de la arenisca por medio del metamorfismo.

CUNA DESVIADORA Un tubo largo de acero que utiliza un plano inclinado para causar la deflexión de la barrena, a un ángulo ligero, del rumbo original del pozo. Las cuñas desviadoras a veces se utilizan en la perforación direccional controlada para enderezar hoyos desviados y para esquivar pescados que no se han podido sacar del hoyo.

CUÑAS Aparatos en forma de prisma con dientes u otros elementos de agarre, utilizados para sostener tubería en el hoyo sin que se caiga dentro. Cuñas rotatorias van aseguradas alrededor de la sarta de perforación y hacen presión contra el buje maestro para aguantarlo en su sitio. Cuñas neumáticas o hidráulicas se montan automáticamente, así librando a la cuadrilla de tener que meter las cuñas manualmente. Empaquetadores y otro equipo de hoyo abajo se aseguran en posición por cuñas que aguantan la tubería por acción dirigida desde la superficie

C.P. PUNTO DE UN AGUJERO PARA CEMENTAR POR AGUJEROS PERFORADOS
Es también la abreviatura de "punto en la tubería de ademe"

CHATARRA. Hacer chatarra Piezas de hierro o residuos perdidos en el pozo. Hacer chatarra un pozo: abandonarlo debido a una operación de pesca imposible o a una que sería muy costosa.

CHORRO Un dispositivo hidráulico operado con la presión de una bomba, con el propósito de limpiar el fluido de las presas o tanques en una localización de perforación rotatoria.

CHUMACERA Una pieza de maquinaria en la cual un eje rotatorio (chumacera) gira o se desliza. También llamado Cojinete de fricción.

DADOS DE LAS TENAZAS Piezas de acero sumamente duras y quebradizas con dientes, que son instaladas en las tenazas las cuales agarran o muerden las juntas de tubería vastago de la tubería de perforación, cuando las tenazas son enganchadas en la tubería.

DARLE UN TRAGO A LA TUBERIA Antes de elevar la tubería de perforación, es conveniente bombear a la sección superior de la misma una cantidad de lodo muy pesado que hará que baje el nivel

de fluido en el tubo. Cuando una parada de tubería se desenrosca el fluido de perforación se habrá evacuado de ella. Esto evita que los miembros de la cuadrilla y las herramientas se cubran con el fluido de perforación.

DECANEWTON Una unidad de medida métrica equivalente a diez newtons. su símbolo dN.

DENSIDAD El peso de una sustancia por unidad de volumen. Por ejemplo, la densidad del lodo de perforación puede describirse como de "10 lbs. por galón" o "70 lbs. por pie cúbico"

DEPRECIACION La disminución de valor de cualquier propiedad como un equipo de perforación, debida al desgaste normal o por el paso del tiempo. Incluyendo un cargo por depreciación en el costo de perforación, el contratista de perforación acumula fondos para reponer el equipo de perforación cuando se haya desgastado.

DESARMADO TOTAL Generalmente significa desentrosar la columna de perforación en tramos sueltos y colocarlos en el estante de tubería. Esta operación tiene lugar a la terminación del pozo, cuando ya no se va a usar tubería. También tiene lugar cuando se cambia de un tamaño a otro de tubería de perforación durante la operación. Es necesario desarmar totalmente la tubería para poder desarmar totalmente la tubería para poder manejarla y moverla en tramos lo bastante cortos. También se dice empujar la tubería.

DESARMAR Se refiere al acto de desentrosar una sección de tubería de otra sección, especialmente en el caso de tubería de perforación, mientras se está sacando del agujero del pozo. Durante esta operación se usan las tenazas de desarmar para iniciar la operación de desentrosado. También se refiere al ascenso de un miembro de la cuadrilla a la posición de perforador.

DESCONECTOR DE BARRERAS Una placa pesada que cabe en la mesa rotaria y sostiene a la barrena mientras está siendo conectada o desconectada de la barra maestra.

DESCORTEZAR (PERFORACION INICIAL) La verdadera iniciación de las operaciones de perforación de un pozo.

DESCOSTRAR Romperse en astillas o escamas.

DERECHOS MINEROS La propiedad de los minerales bajo una superficie dada con el derecho de entrar en ella, minar y sacarlos.

DESMANTELAR El acto de desarmar un equipo después de la terminación de un pozo para prepararlo para moverlo a la siguiente localización.

DESVIACION Perforar a un lado de un clado o tubería de adome rotos que se han alojado permanente en el agujero. Esta operación se logra con el uso de una herramienta especial que se conoce como gutabarrena o gutaronda.

DESVIADOR DE PARED También llamada cuna desviadora y gutaronda.

DESVIAR El perforar alrededor de tubería rota que se ha atascado permanentemente en el hoyo, mediante el uso de un guíasonda, un motor de turbina de hoyo abajo o cualquier otro motor de hoyo.

DESVIO Casi siempre se refiere a conexiones de tubería alrededor de una válvula u otro mecanismo de control.

DIAMETRO DE DESVIACION En la perforación el tamaño efectivo del hoyo. También llamado diámetro efectivo.

DISPARANDO Explotando nitroglicerina u otros explosivos de alto poder en el agujero para sacudir la roca y aumentar el flujo de aceite. Igual que torpedear.

DOBLE Una sección de tubería de perforación ademe o producción que consiste de dos tramos enroscados uno con otro.

DOLOMITA Un tipo de roca sedimentaria parecido a la caliza pero rico en carbonato de magnesio; esta roca suele ser un yacimiento de petróleo.

DYNA-DRILL Un motor de hoyo abajo es impulsado por el fluido de perforación y proporciona rotación a la barrena conectada a la herramienta, así eliminando la necesidad de rotar la sarta de perforación completa. Se utiliza para perforar hoyos rectos y desviados.

EMBOLAR El acumular una masa consolidada de materia pegajosa, generalmente ripios de perforación, en la tubería de perforación. los portabarrenas, las uniones de tubería vástago, etc. -- Una barrena que tiene tal materia adherida a ella, suele llamar se una barrena "embolada". Frecuentemente, esta condición es el resultado de una presión inadecuada de las bombas o una insuficiencia de fluido de perforación.

ENTIBAR Se refiere al acto de "apoyar" o sostener una sección de tubería mientras otra se enrosca o desenrosca de ella. También se aplica a enroscar tuercas en pernos o desenroscarlas. Una llave que se usa para sostener el tubo o el perno. Llave, para tubería de perforación suspendidas en la torre y que se usan para sostener una sección de tubería de perforación mientras otra sección se desenrosca de ella por medio de otras llaves. El hombre que entiba es el miembro de la cuadrilla que opera las tenazas de entibar. La posición de entibar se refiere a la colocación del hombre para el trabajo de entibar.

ESCARIADOR O ESTRIADOR Durante las operaciones de perforación los lados de la barrena se van gastando, con lo que resulta un agujero de pozo más pequeño que el que se planeó perforar originalmente. Escariar es la operación que se emplea para agrandar el agujero al tamaño originalmente planeado.

ESTABILIZADOR Una herramienta que se coloca cerca de la barrena, y a menudo más arriba de ésta, en la sarta de perforación y es utilizada para cambiar el ángulo de desviación en el pozo mediante el control del punto de contacto entre el hoyo y los pozolabarrenas. A la inversa, los estabilizadores son empleados para mantener el ángulo apropiado en el hoyo. Un recipiente en el cual los vapores de los hidrocarburos son separados de los líquidos.

FATIGA La tendencia de un material tal como el metal a romperse bajo cargas cíclicas repetidas, a esfuerzos considerablemente menores a la resistencia a la tracción en una prueba estática.

HOYO TORCIDO Un hoyo para un pozo que se ha desviado de la vertical. Usualmente ocurre en áreas donde las formaciones debajo de la superficie son difíciles para perforar, tal como una sección donde roca blanda y roca dura alternan y el trabajo blando se inclina de la horizontal en un ángulo agudo. También llamado hoyo tuerto y agujero curvo.

IADC Asociación Internacional de Contratistas de Perforación. Su antiguo nombre era la Asociación Americana de Contratistas de Perforación de Pozos Petroleros (AAODC).

IMP Instituto Mexicano del Petróleo.

INHIBIDOR De acuerdo con Webster, cualquier agente que evita. En las operaciones de perforación y producción generalmente se refiere a un elemento que evita la corrosión. Los inhibidores de corrosión se usan mucho en las operaciones de perforación y producción para evitar la corrosión del equipo de metal expuesto al gas ácido sulfhídrico y al agua salada. En algunas operaciones de perforación se agrega inhibidor de corrosión al fluido de perforación para proteger la tubería de perforación.

I.A.I.M.M. (A.I.M.M.E.) Instituto Americano de Ingenieros Mineros y Metalurgistas. Esta organización mantiene una sección de petróleo, cuyos intereses son exclusivamente petroleros.

IAP (API) Instituto Americano del Petróleo. Fundado en 1920; asociación nacional de negocios petroleros que mantiene una División de Producción, cuyas oficinas están en Dallas, Texas. El IAP. es la organización principal de normalización (normas) del equipo de campos petroleros y de producción, habiendo publicado muchos códigos que cubren esas materias. También tiene divisiones de transportación, refinación y ventas. Se usa como argot para significar "procedimiento normal".

IW.R.C. Abreviatura de Centro Independiente de Cables de Acero. Se refiere a un tipo de construcción de cables de acero para líneas de perforación o cables de acero. Este centro de cables de acero es en realidad un cable de acero separado en sí mismo que constituye un núcleo para la línea de perforación y evita que se aplaste.

PASADOR DEL COJINETE Un muñón fresado alrededor del cual se colocan los cojinetes de la barrena.

PERFORACION A CHORRO Una operación similar a la perforación con perforación con pistola, excepto que una carga conformada de explosivos poderosos es la que se usa para quemar un agujero a través de la tubería de ademe en lugar de la pistola que dispara un proyectil cuando se usa la pistola. Este uso de explosivos se originó en la Segunda Guerra Mundial como un medio defensivo contra los tanques.

PERFORACION DE DISPARO El perforar hoyos relativamente pequeños en la tierra, los cuales proveen el medio para bajar cargas explosivas cuya finalidad es crear ondas de choque para el análisis sísmico.

PESO SOBRE LA BARRENA La diferencia entre el peso neto de la barrena maestra completa y el peso reducido resultante cuando la barrena está descansando sobre el fondo del hoyo.

POZO DE EXPLORACION Un pozo perforado donde todavía no existe producción de petróleo ni gas. Con los métodos modernos de exploración, uno de cada seis es productivo, aunque no necesariamente produzca cantidades sustanciales. También llamado pozo de cateo y pozo de reconocimiento.

POZO DE EXPLOTACION Un pozo perforado para permitir extracción más efectiva de un yacimiento. También se le llama pozo de desarrollo o pozo de producción.

POZO DE PRODUCCION También llamado pozo de desarrollo o pozo de explotación.

POZO DIRECCIONAL Ver: Perforación direccional.

QUEBRACHO Un árbol sud-americano, cuyo nombre en español significa "quebrador de hachas". El extracto cristalino de la fibra del quebracho, se usa ampliamente como agente adelgazador del lodo de perforación. Es te producto tambien se usa mucho para curtiduria.

RATONERA Un hoyo en el piso de la instalación que mide aproximadamente 30 a 35 pies (9 a 11 m) de profundidad y está forrado con tubería de revestimiento que sobresale del piso de la instalación. La ratonera se utiliza para guardar el cuadrante y la unión giratoria mientras se está removiendo tubería del hoyo. También llamada hueco de descanso.

SISMOGRAFO Un dispositivo para detectar las vibraciones en la tierra. Se usa en la exploración de probables estructuras que contengan aceite. En esta aplicación las vibraciones se provocan descargando explosivos en agujeros de poca profundidad. La naturaleza y la velocidad de las vibraciones se registra en el sismógrafo para indicar la naturaleza general de la sección de tierra por la que pasa la vibración.

TAPONAR Sellar la sección de fondo de un agujero de pozo para evitar la entrada del flujo de esa porción del agujero. Esto permite el flujo de entrada de la formación que este arriba de la sección así taponada, sin contaminación de fluidos abajo de esa profundidad.

TORQUE Una medida de fuerza o del esfuerzo aplicado a una flecha haciéndola girar. En equipo de perforación rotatoria, el torque se aplica especialmente a la rotación de la columna de perforación.

TORSION El esfuerzo giratorio que se le aplica a un eje u otro mecanismo giratorio para causarle rotación o tendencia a rotación. La torsión se mide en libras-pies, julios y kilogramo-metros.

TREPANO También llamado barrena, broca o mecha.

TUBO PORTATESTIGOS Un aparato tubular que mide de 15 a 50 pies (7.6 a 18 m) y se conecta a la sarta de perforación en vez de una barrena para sacar muestras o testigos de las formaciones. También llamado tubo sacatestigos.

TUBO REVESTIDOR LISO Un tubo revestidor sin perforaciones

BIBLIOGRAFIA

Departamento de Perforacion Distrito Sur, Cerro Azul, Ver.
1980. "Guia de los fluidos de perforación y algunos de sus
problemas".

Drilco Smith Tools, 1985, "Manual Drilco de conjuntos de
perforación".

Gallegos Gonzalez Ramiro 1991 "Metodos de perforacion" Apuntes

Hugues Tool Company, 1976-1977. "Hugues Catalog".

Instituto Mexicano del Petroleo, 1965,1979. "Lecciones sobre
perforación rotatoria"

Instituto Mexicano del Petroleo, 1971. "Manual de
Procedimientos para la rama de la perforacion".

Subdireccion de Capacitacion IMP, Cerro Azul, Distrito Sur.
1983. "Problemas que se presentan en la perforacion".

W. Mc Gray Arthur y W. Cole Frank. 1963. "Tecnologia de la
perforación de Pozos Petroleros". Edit. Continental.

ANEXOS

LA INSTALACION Y SUS COMPONENTES



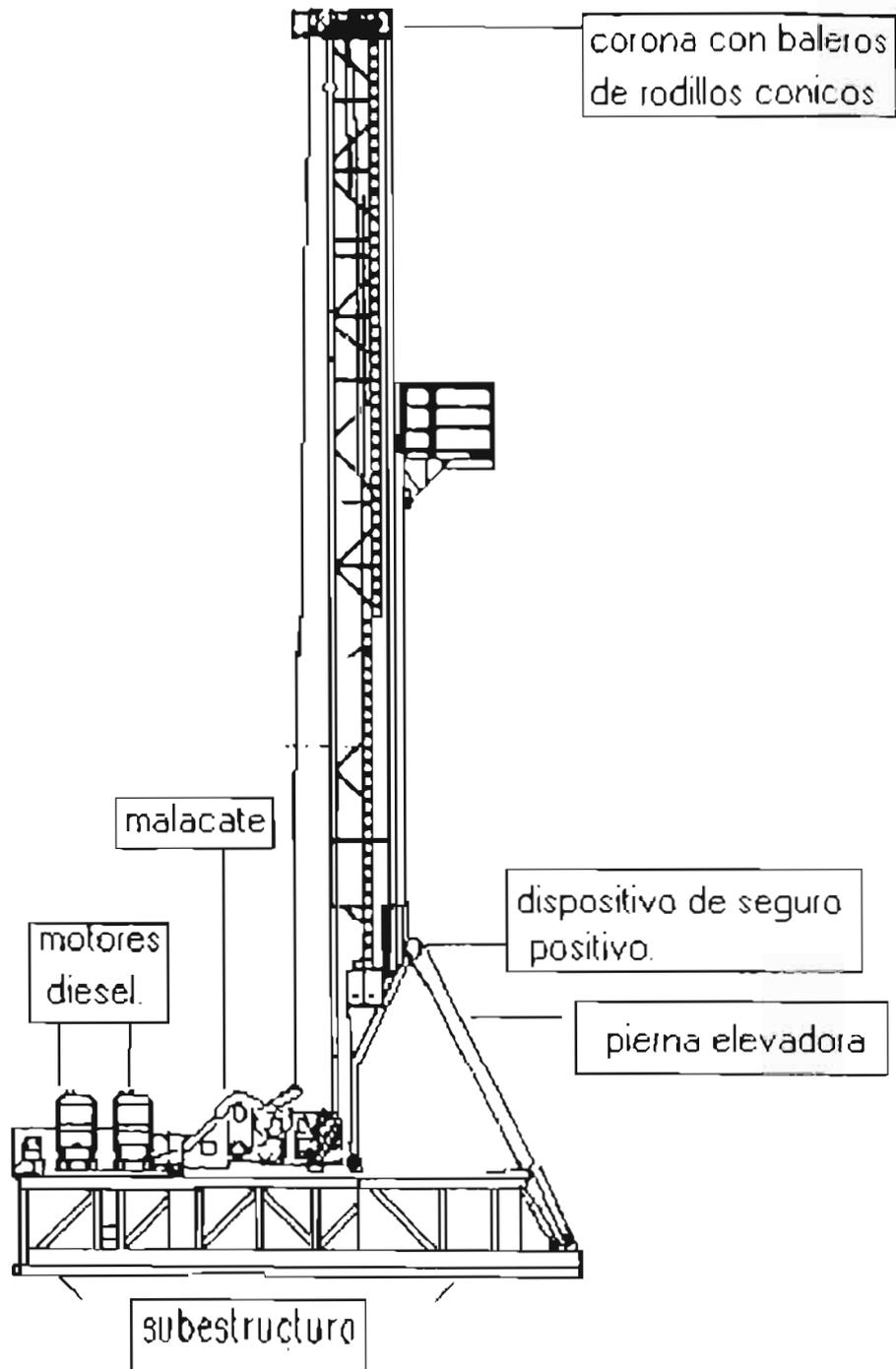
- 1 BLOQUE DE CERRAJE Y CERRAJE
- 2 PASTIL
- 3 PLATAFORMA DEL TORREDO
- 4 INCILLATERO O PISO DE ENCHUFE
- 5 BLOQUE DE APARAJE O BLOQUE MAJEHO
- 6 DANCÓN
- 7 UNIÓN GIRATORIA (Swivel)
- 8 ELEVADORES
- 9 CUADRANTE (Kelly)
- 10 BUJE DEL CUADRANTE
- 11 BUJE MAESTRO O BUJE NUTADOR
- 12 MUECO PARA DEPOSITAR TUBO O MUECO DE RATÓN
- 13 RATONERA O MUECO DE RATA
- 14 LLAVES DE CONTRAFUERZA
- 15 TENAZAS O LLAVES DE CHOENS
- 16 MALBERT

- 17 INDICADORA DE PESO
- 18 CONDUCCIÓN DEL PERFORADOR
- 19 CABLE O CABLE DE PERFORADOR
- 20 CABLE O CABLE DE PERFORADOR
- 21 MANEJADORA DE LODO O MANEJADORA DE CIRCULACIÓN
- 22 UNIDAD DE RECUPERACIÓN
- 23 FASILLO
- 24 BOMBA PARA TUBERÍA
- 25 BASTIDERA PARA TUBERÍA
- 26 BARRIL PLANEA O BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 27 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 28 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 29 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 30 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 31 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 32 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 33 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 34 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 35 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 36 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 37 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 38 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 39 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 40 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 41 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 42 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA
- 43 BARRIL PLANEA PARA TUBERÍA

- 44 SEPARADOR DE LODO (L.M.)
- 45 DESECHICADOR
- 46 TUBO O TANQUE DE RESERVA
- 47 TANQUE DE RESERVA
- 48 TANQUE DE LODO
- 49 DESECHICADOR
- 50 DESECHICADOR
- 51 BOMBAS DE LODO
- 52 LINEA DE LODO
- 53 CONDUCCIÓN DE LODO
- 54 DEPOSITO PARA RESERVA DE LODO
- 55 DEPOSITO PARA RESERVA DE LODO
- 56 DEPOSITO PARA RESERVA DE LODO
- 57 TANQUE DE AGUA
- 58 TANQUE DE COMBUSTIBLE
- 59 MOTOR O COMBUSTIBLE
- 60 RECIPIENTES DE RESERVA
- 61 RECIPIENTES DE RESERVA
- 62 RECIPIENTES DE RESERVA
- 63 RECIPIENTES DE RESERVA

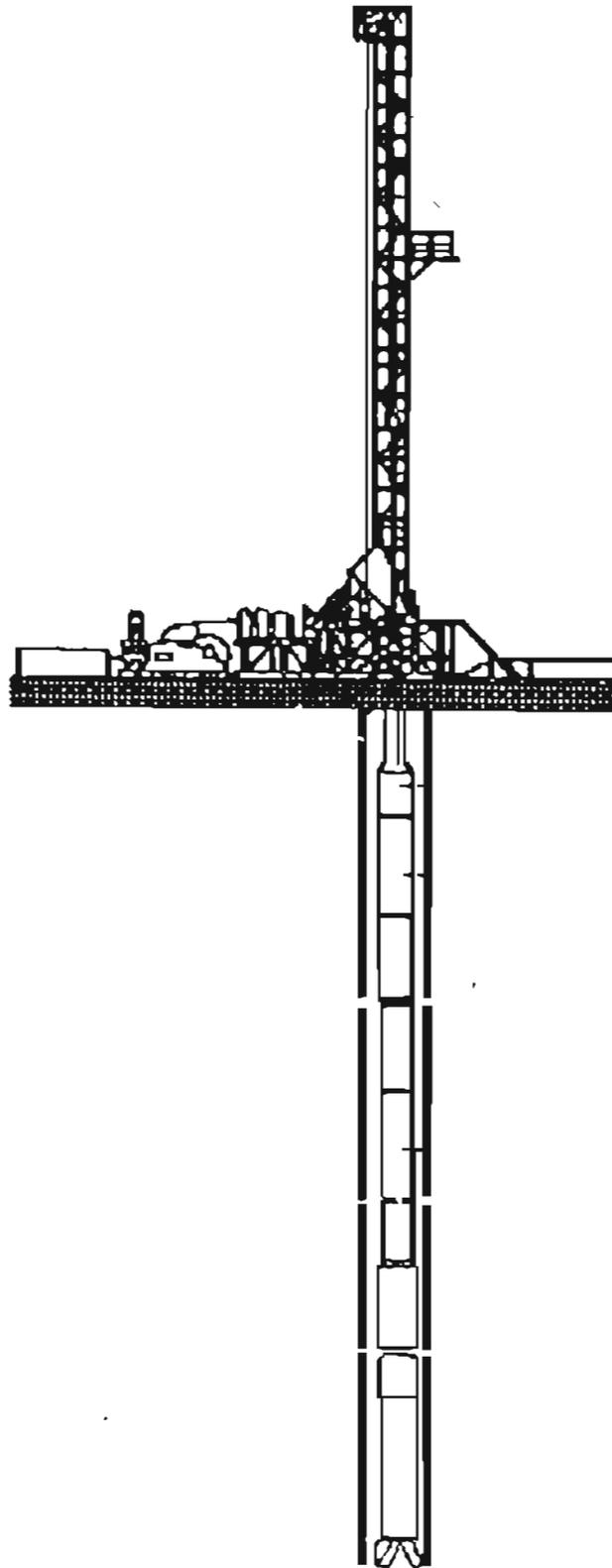
ANEXO 1

UASLP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA
	TRABAJO RECEPTIONAL	TITULO TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE REPERFORACION EN ROCAS IONICAS Y SILICATADAS
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	ELUMNO JORGE RIVAS RAMOS
		FECHA



ANEXO 2

USFSP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA
	TRABAJO RECEPCIONAL	<small>OBJETIVO: PARA RESOLVER PROBLEMAS DE FUNDACION EN BUCAS Y CIGARRAS Y EXPERIMENTALES.</small>
	<small>ASESOR</small> ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	<small>ALUMNO</small> JORGE RIVAS RAMOS



ANEXO 3

USLP

FACULTAD DE INGENIERIA

AREA CIENCIAS DE LA TIERRA

TRABAJO RECEPTACIONAL

TEMA

TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS

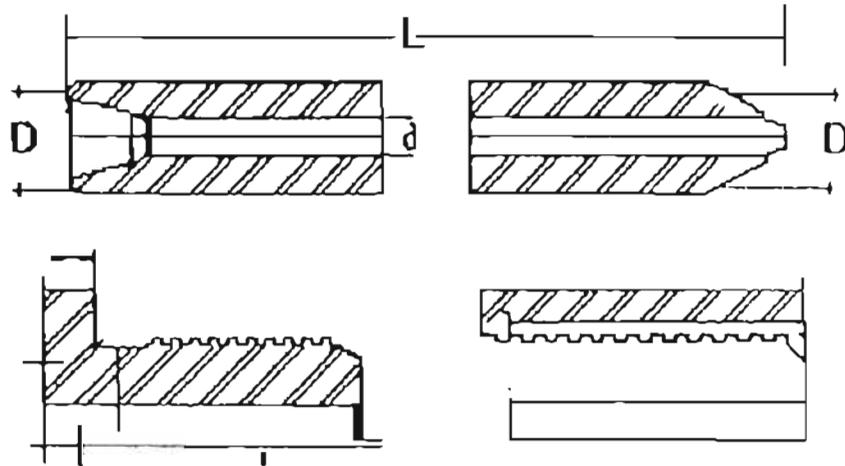
ASESOR

ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.

ALUMNO

JORGE RIVAS RAMOS

FECHA



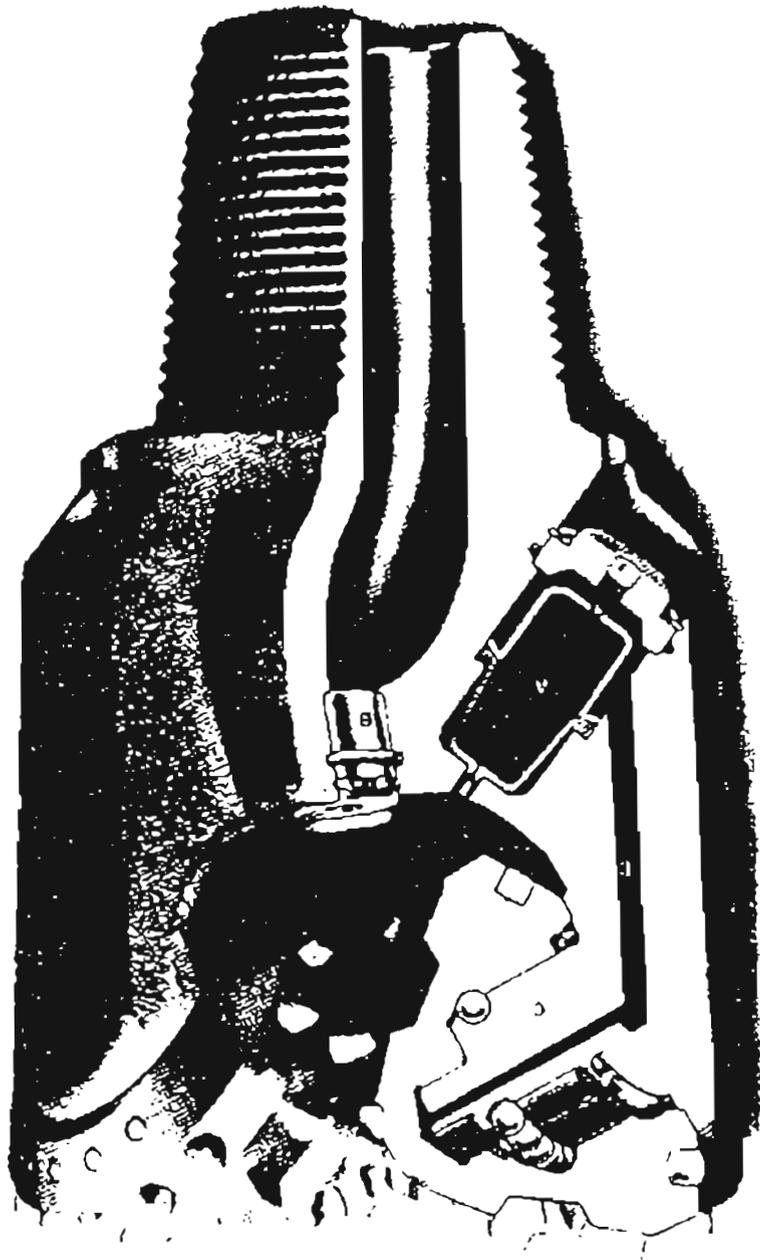
PINON

CAJA

COMPONENTES ESPECIFICOS DE UNION DE DRILL COLLARS

ANEXO 4

U A S L P	FACULTAD DE INGENIERIA		AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
	TRABAJO RECEPCIONAL		TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS	
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.		ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS	



ANEXO 5

**U
A
S
I
P**

FACULTAD DE INGENIERIA

AREA CIENCIAS DE LA TIERRA

TRABAJO RECEPCIONAL

TEMA

TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS

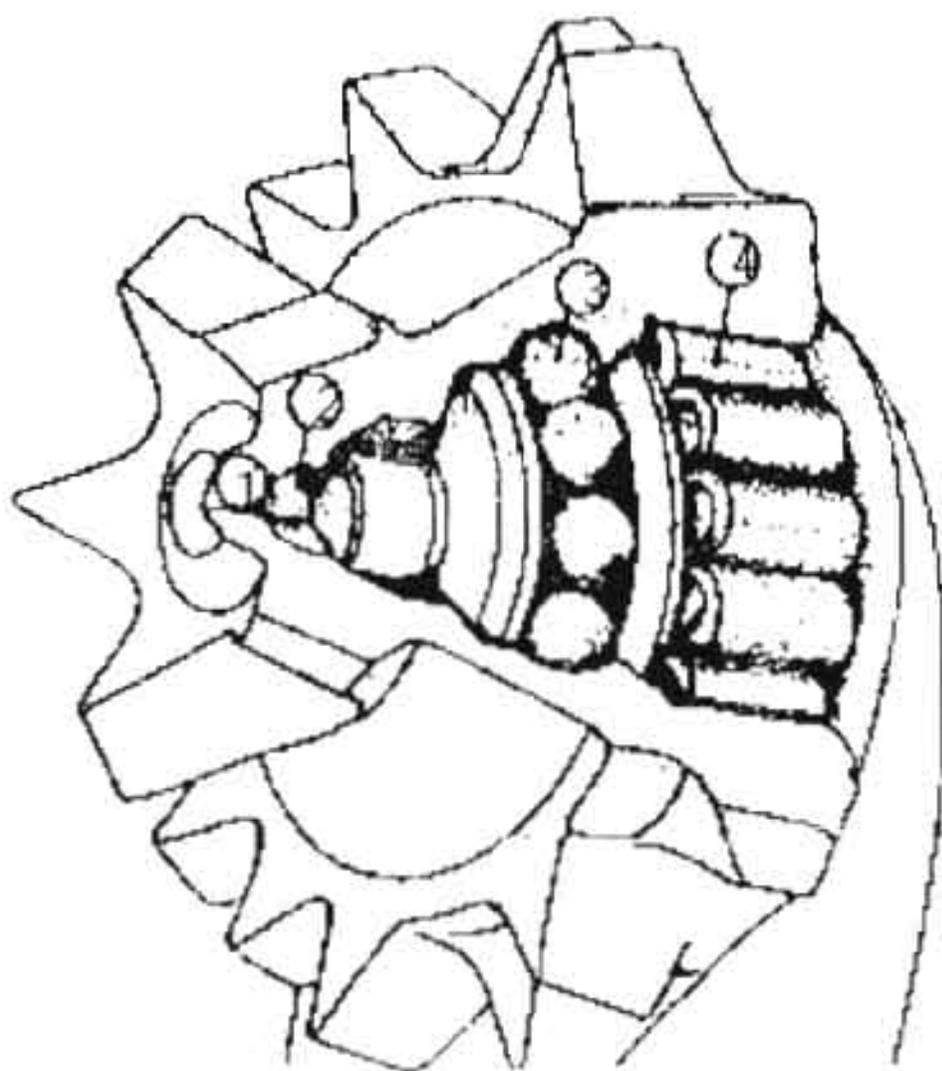
ASESOR

ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.

ALUMNO

JORGE RIVAS RAMOS

FECHA



ANEXO 6

U A S I P	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
	TRABAJO RECEPCIONAL	TÍTULO TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE FUNDACION EN ROTACIONES ELEMENTARIAS	
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	A. JUNIO JORGE RIVAS RAMOS	FECHA:

Las barrenas direccionales "Desvian" rápidamente haciendo uso de la energía hidráulica



Con la energía hidráulica se logra un deslave controlado de la formación. Esto inicia la deflexión de el pozo para la perforación direccional



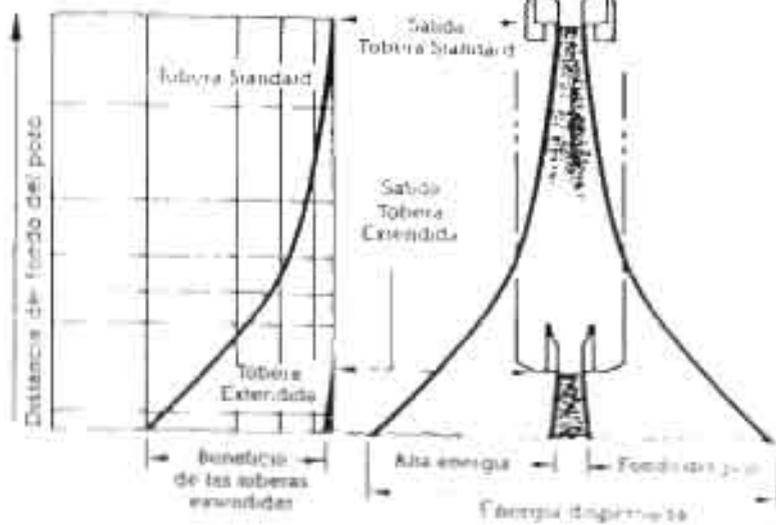
BHD] código IADC 128



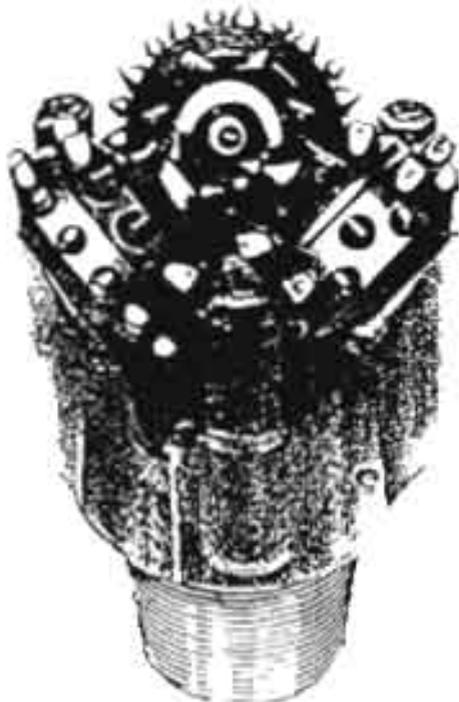
DJ] código IADC 118

Las toberas extendidas hacen uso de la energía hidráulica en donde ésta es necesaria en el fondo del pozo

CURVAS DE DISPERSION DE ENERGIA



Incremento de la energía Hidráulica

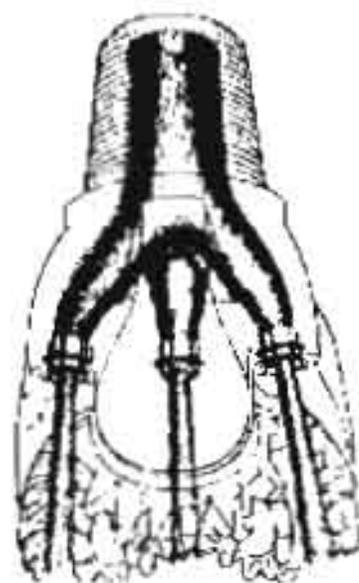


ANEXO 7 Barrana de Toberas Extendidas

UASLP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA
	TRABAJO RECEPCIONAL	TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN BOLLAS LINEALES Y CURVAS
	ANEXO ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS



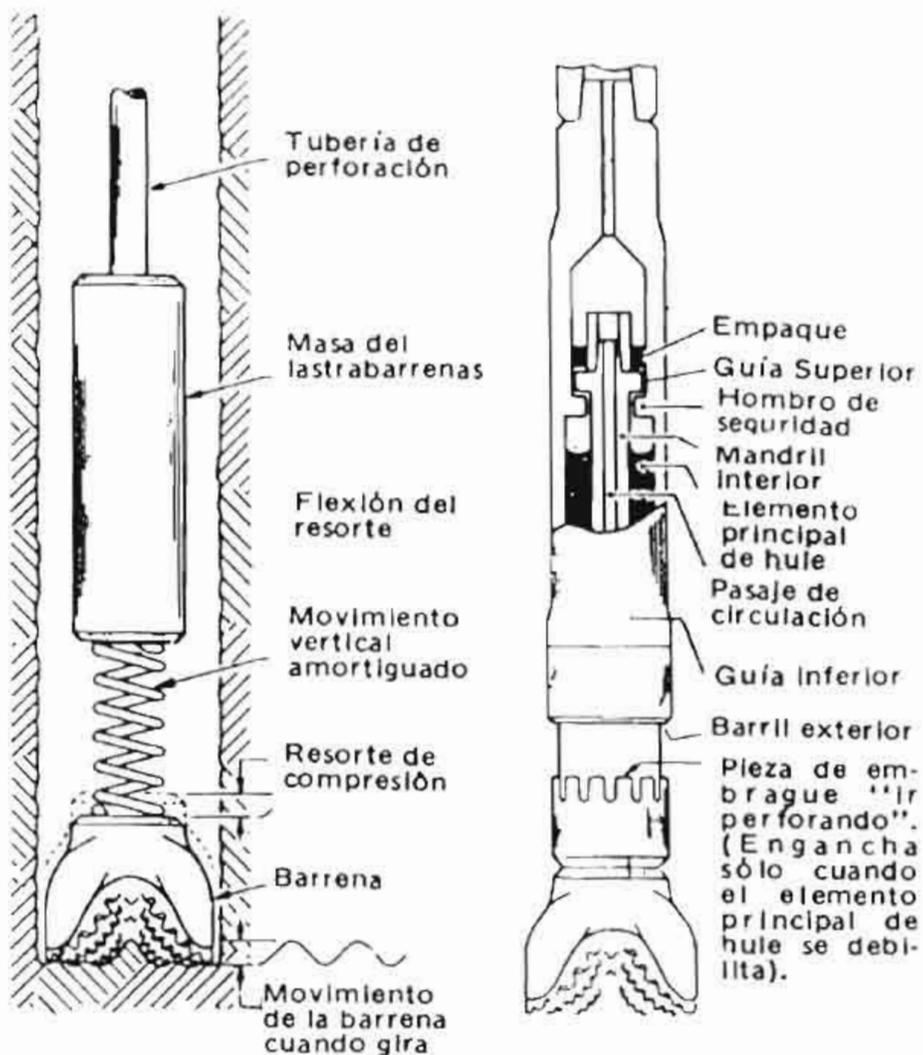
CORRIENTE DE AGUA EN BARRENAS CONVENCIONALES



CORRIENTE DE AGUA EN BARRENAS A CHORRO

ANEXO 8

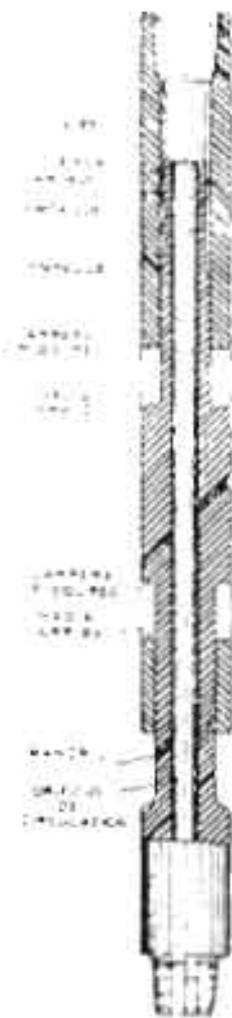
UASLP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA
	TRABAJO RECEPCIONAL	<small>TRABAJO DE INVESTIGACION EN EL AREA DE CIENCIAS DE LA TIERRA</small> <small>EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SALTILO</small>
	<small>ALUMNO</small> ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ	<small>ASISTENTE</small> JORGE RIVAS RAMOS



Representación esquemática de la acción de un sustituto amortiguador. b. Vista en corte de un sustituto amortiguador.

ANEXO 9

UASLP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA
	TRABAJO RECEPCIONAL	TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS
		FECHA



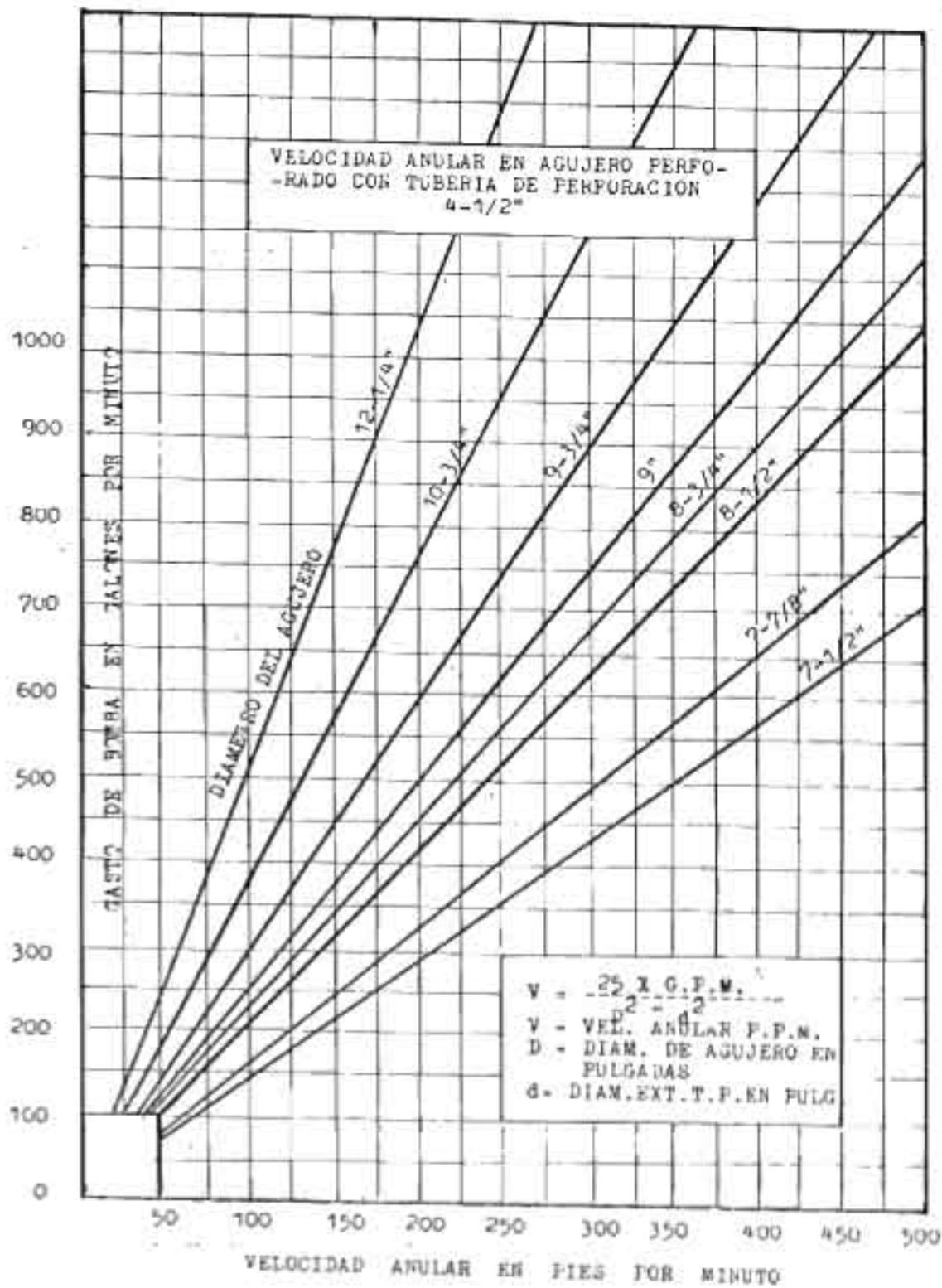
Part No.	Part Name
M1	MANEJO
M2	MUELLE
M3	MUELLE
M4	MUELLE
M5	MUELLE
M6	MUELLE
M7	MUELLE
M8	MUELLE
M9	MUELLE
M10	MUELLE
M11	MUELLE
M12	MUELLE
M13	MUELLE
M14	MUELLE
M15	MUELLE
M16	MUELLE
M17	MUELLE
M18	MUELLE
M19	MUELLE
M20	MUELLE
M21	MUELLE
M22	MUELLE
M23	MUELLE
M24	MUELLE
M25	MUELLE
M26	MUELLE
M27	MUELLE
M28	MUELLE
M29	MUELLE
M30	MUELLE
M31	MUELLE
M32	MUELLE
M33	MUELLE
M34	MUELLE
M35	MUELLE
M36	MUELLE
M37	MUELLE
M38	MUELLE
M39	MUELLE
M40	MUELLE
M41	MUELLE
M42	MUELLE
M43	MUELLE
M44	MUELLE
M45	MUELLE
M46	MUELLE
M47	MUELLE
M48	MUELLE
M49	MUELLE
M50	MUELLE
M51	MUELLE
M52	MUELLE
M53	MUELLE
M54	MUELLE
M55	MUELLE
M56	MUELLE
M57	MUELLE
M58	MUELLE
M59	MUELLE
M60	MUELLE
M61	MUELLE
M62	MUELLE
M63	MUELLE
M64	MUELLE
M65	MUELLE
M66	MUELLE
M67	MUELLE
M68	MUELLE
M69	MUELLE
M70	MUELLE
M71	MUELLE
M72	MUELLE
M73	MUELLE
M74	MUELLE
M75	MUELLE
M76	MUELLE
M77	MUELLE
M78	MUELLE
M79	MUELLE
M80	MUELLE
M81	MUELLE
M82	MUELLE
M83	MUELLE
M84	MUELLE
M85	MUELLE
M86	MUELLE
M87	MUELLE
M88	MUELLE
M89	MUELLE
M90	MUELLE
M91	MUELLE
M92	MUELLE
M93	MUELLE
M94	MUELLE
M95	MUELLE
M96	MUELLE
M97	MUELLE
M98	MUELLE
M99	MUELLE
M100	MUELLE

MARTILLO MECANICO
DE DOBLE ACCION
MC COLLEOUGH

ANEXO 11

USAP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA
	TRABAJO RECEPCIONAL	TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PLANTACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS
		FECHA

TABLAS



UASLP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA
	TRABAJO RECEPTIONAL	TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS
ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS	FECHA

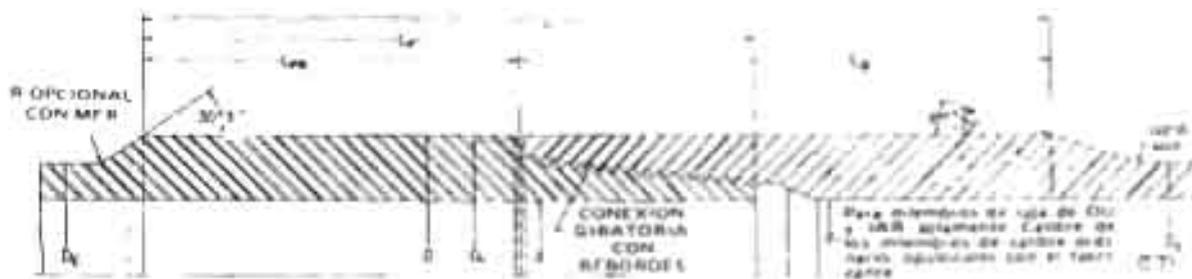
**TUBERÍA DE PERFORACION DE ALTA RESISTENCIA, REFORZADA
PARA JUNTAS DE TUBERÍA PARA SOLDAR**

(Gráfico X.G.1)

Especificaciones API 5AX, 1976 actualizado a Marzo 1976

PARTE 1

1 Tamaño Diámetro Exterior Pulg D	2 Peso Nominal Lb/pie	3 Espesor de Pared Pulg t	4 Diámetro Interior Pulg d	5 PLSO CALCULATIVO	
				Extensión Línea Lb/pie W _{pe}	Recalcado Lb Q _w
TUBERÍA DE PERFORACION DE RECÁLCAO INTERNO					
2 7/8	10.40	0.362	3.37	9.77	1.40
3 1/2	13.40	0.362	3.47	12.47	1.70
4	15.00	0.343	3.30	12.40	1.60
4 1/2	16.60	0.307	3.90	14.00	1.70
5	18.20	0.291	4.40	14.00	1.70
TUBERÍA DE PERFORACION DE RECÁLCAO EXTERNO					
2 3/8	6.85	0.289	1.67	4.25	0.60
2 7/8	10.40	0.362	2.15	6.75	1.20
3 1/2	13.30	0.362	2.74	12.17	1.70
3 1/2	15.10	0.449	2.62	14.67	1.90
4	14.00	0.380	3.00	12.70	1.60
4 1/2	16.60	0.337	3.82	14.00	1.70
4 1/2	20.00	0.430	3.40	18.60	1.90
5	19.50	0.362	4.20	17.00	2.00
5	25.60	0.500	4.00	24.00	2.20
TUBERÍA DE PERFORACION DE RECÁLCAO INTERNO - EXTERNO					
3 1/2	15.50	0.449	2.60	14.60	1.90
4 1/2	20.00	0.430	3.50	18.60	2.20
5	19.50	0.362	4.20	17.00	2.00
5	25.60	0.500	4.00	24.00	2.20
5 1/2	21.90	0.401	4.70	19.00	2.10
5 1/2	24.70	0.415	4.60	22.50	2.40



Recalcado Interno

Recalcado Externo

Recalcado Interno - Externo

- Recalcado para tubería de perforación de alta resistencia para instalaciones de juntas soldadas

TABLA 2

USP	FACULTAD DE INGENIERIA		AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
	TRABAJO RECEPTIONAL		TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS	
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.		ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS	
			FECHA	

**TUBERIA DE PERFORACION DE ALTA RESISTENCIA, REFORZADA
PARA JUNTAS DE TUBERIA PARA SOLDAR**
(Grados X, G, S)

(Especificaciones A P I. 5AX, Ultima Edición Marzo 1976)

PARTE 2

7	8	9	10	11
DIMENSIONES DEL RECALCADO, PULGADAS				
Diámetro Exterior + 1/8 - 1/32 D_{ou}	Diámetro Interior al Extremo del Tubo + 1/16 d_{ou}	Longitud de Recalcado Interno + 1 1/2 - 1/2 L_{iu}	Longitud de Recalcado Externo mín L_{eu}	Longitud del Extremo del Tubo al Arriague del Recalcado máx. $L_{eu} + M_{eu}$
TUBERIA DE PERFORACION DE RECALCADO INTERNO				
2.875	1 5/16	3 1/2		
3.500	1 15/16	3 1/2		
4.000	2 5/8	3 1/2		
4.500	2 13/16	3 1/2		
5.000	3 9/16	3 1/2		
TUBERIA DE PERFORACION DE RECALCADO EXTERNO				
2.656	1 9/16	4 1/4	3	5 1/2
3.250	1 15/16	4 1/4	3	5 1/2
4.000	2 1/2	4 1/4	3	5 1/2
4.000	2 1/2	4 1/4	3	5 1/2
4.625	3 1/16	4 1/4	3	5 1/2
5.188	3 9/16	4 1/4	3	5 1/2
5.188	3 7/16	4 1/4	3	5 1/2
5.750	3 15/16	4 1/4	3	5 1/2
5.875	3 13/16	4 1/4	3	5 1/2
TUBERIA DE PERFORACION DE RECALCADO INTERNO-EXTERNO				
3.781	1 15/16	4 1/4	3	5 1/2
4.781	2 13/16	4 1/4	3	5 1/2
5.188	3 9/16	4 1/4	3	5 1/2
5.188	3 5/16	4 1/4	3	5 1/2
5.563	3 3/16	4 1/4	3	5 1/2
5.563	3 13/16	4 1/4	3	5 1/2

TABLA 3

U P S	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
	TRABAJO RECEPCIONAL	TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS	
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS	FECHA

LISTA API 5A DE TUBERIA DE PERFORACION

1	2	3	4	5	6
Diámetro Exterior, Pulg D	Peso Nominal Lb/por	Peso de Extremos Líneas Calculado Lb/por W_{pe}	Grado	Espesor de Pared Pulg t	Extremos Reforzados para Juntas de Tuberia para Soldar al Tubo
2 3/8	6.62	6.26	11.1	0.280	Extremo exterior
2 7/8	10.40	9.72	12.1	0.362	Refuerzo int. o ext.
** 3 1/2	9.50	8.81	E	0.254	Refuerzo int. o ext.
3 1/2	13.30	12.31	D. E	0.368	Refuerzo int. o ext.
3 1/2	15.50	14.63	D. E	0.449	Refuerzo int. o ext.
** 4	11.81	10.46	E	0.262	Refuerzo int. o ext.
4	14.00	12.93	D. E	0.330	Refuerzo int. o ext.
** 4 1/2	13.75	12.24	E	0.271	Refuerzo int. o ext.
4 1/2	16.00	14.98	D. E	0.337	Refuerzo int. o ext.
4 1/2	20.00	18.64	D. E	0.430	Refuerzo ext. o int. ext.
** 5	16.25	14.87	E	0.295	Refuerzo interior
5	19.50	17.93	D. E	0.362	Refuerzo int-ext
5	25.60	24.03	D. E	0.500	Refuerzo int. ext.
5 1/2	21.90	19.81	D. E	0.361	Refuerzo int. ext.
5 1/2	24.70	22.54	D. E	0.415	Refuerzo int. ext.
6 5/8	25.70	22.19	D. E	0.330	

** Las normas de tubería de perforación en estos rangos de y pesos sólo son tentativas. No pueden usarse el monograma A.P.

TABLA 4

UASLP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
	TRABAJO RECEPTACIONAL	TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS	
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS	FECHA

TUBERIA DE PERFORACION REFORZADA PARA JUNTAS SOLDADAS

(Especificaciones A.P.I. 5A, Ultima Edición Marzo 1976)

PARTE 2

6	7	8	9	10	11	12
DIMENSIONES DEL REFUERZO, PULGADAS						
Diámetro Exterior $+1/8, -1/32$ D_{ou}	Diámetro Interior en el Extremo del Tubo $\pm 1/16$ d_{ou}	Longitud del Refuerzo Interior $+1 1/2, -1/2$ L_{iu}	Longitud del Cono Interior mín. m_{iu}	Longitud del Refuerzo Exterior mín. L_{eu}	Longitud del Cono Exterior mín. máx. m_{eu}	Longitud del Extremo del Tubo al Desvanecimiento del Cono máx. $L_{eu} + m_{eu}$
TUBERIA DE PERFORACION DE RECALCADO INTERNO						
2.875 3.500	1 5/16 2 1/4	1 3/4 1 3/4	1 1/2 1 1/2	1 1/2 1 1/2		
3.500 3.500 *4.000	1 15/16 1 15/16 2 15/16	1 3/4 1 3/4 1 3/4	1 1/2 1 1/2 1 1/2	1 1/2 1 1/2 1 1/2		
4.000 *4.500 4.500 *5.000	2 3/4 3 3/8 3 5/32 3 3/4	1 3/4 1 3/4 1 3/4 1 3/4	2 2 2 2	2 2 2 2		
TUBERIA DE PERFORACION DE RECALCADO EXTERNO						
2.656 3.219 3.824 3.824	1.815 2.151 2.992 2.602			1 1/2 1 1/2 1 1/2 1 1/2	1 1/2 1 1/2 1 1/2 1 1/2	4 4 4 4
3.824 *4.500 4.500	2.602 3.476 3.340			1 1/2 1 1/2 1 1/2	1 1/2 1 1/2 1 1/2	4 4 4
5.000 5.000 5.000	3.958 3.826 3.640			1 1/2 1 1/2 1 1/2	1 1/2 1 1/2 1 1/2	4 4 4
TUBERIA DE PERFORACION DE RECALCADO INTERNO-EXTERNO						
4.781 5.188 5.188 5.563 5.563	3 3 11/16 3 7/16 4 4	2 1/4 2 1/4 2 1/4 2 1/4 2 1/4	2 2 2 2 2	1 1/2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 1 1/2	1 1 1 1 1	1 1/2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 1 1/2

- * Estos tamaños y pesos son tentativos únicamente y se aplican sólo al Grado E de la tubería de perforación.
- + Los pesos calculados (columna 5) están basados en longitudes de 30 pies.

TABLA 5

U A S I P	FACULTAD DE INGENIERIA		AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
	TRABAJO RECEPTIONAL		TEMA	
	ASESOR		ALUMNO	
	ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.		JORGE RIVAS RAMOS	
			TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS	
			FECHA	

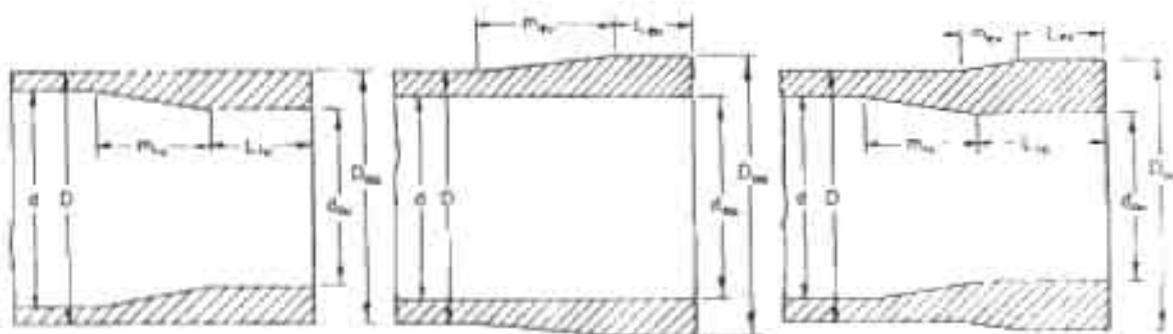
**TUBERIA DE PERFORACION REFORZADA PARA
JUNTAS DE TUBERIA PARA SOLDAR**

(Grados D y E)

(Especificaciones A P I 5A, Ultima Edicion Marzo 1976)

PARTE 1

1 Tamaño del Tubo Diámetro Exterior Pulg D	2 Peso Nominal Lb/pe	3 Espesor de Pared en Pulg t	4 Diámetro Interior Pulg d	5 Peso Calculado Extremos Usos Lb/pe Wpe
TUBERIA DE PERFORACION DE RECALCADO INTERNO				
2 7/8	10.40	0.367	2.151	9.72
3 1/2	9.50	0.254	2.992	8.11
3 1/2	13.30	0.368	2.764	12.31
3 1/2	15.50	0.449	2.602	14.64
*4	11.85	0.262	3.476	10.46
4	14.00	0.311	3.340	12.93
*4 1/2	13.75	0.271	3.958	12.24
4 1/2	16.60	0.337	3.026	14.98
*5	16.25	0.296	4.408	14.67
TUBERIA DE PERFORACION DE RECALCADO EXTERNO				
2 3/8	6.65	0.280	1.815	6.26
2 7/8	10.40	0.362	2.151	6.72
3 1/2	9.50	0.254	2.992	6.81
3 1/2	13.30	0.368	2.764	12.31
3 1/2	15.50	0.449	2.602	14.64
*4	11.85	0.262	3.476	10.46
4	14.00	0.330	3.340	12.92
*4 1/2	13.75	0.271	3.958	12.24
4 1/2	16.60	0.337	3.826	14.98
4 1/2	20.00	0.430	3.640	18.69
TUBERIA DE PERFORACION DE RECALCADO INTERNO-EXTERNO				
4 1/2	20.00	0.430	3.640	18.69
5	19.50	0.362	4.276	17.93
5	25.60	0.500	4.000	24.03
5 1/2	21.90	0.361	4.728	19.81
5 1/2	24.70	0.415	4.670	22.54



Recalcado Interno

Recalcado Externo

Recalcado Interno-Externo

- Recalcado para tubería de tubería de perforación para instalación de juntas soldadas.

TABLA 6

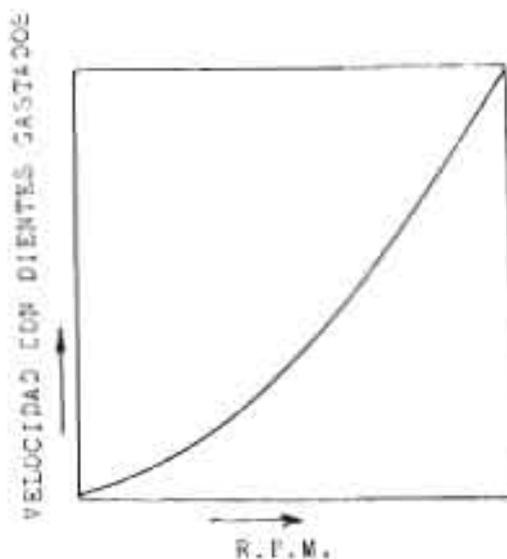
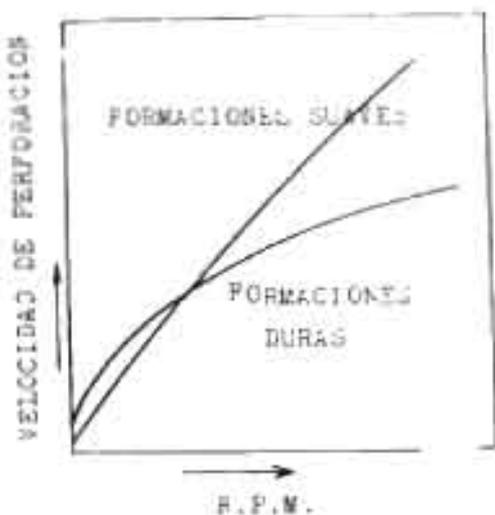
UASLP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
	TRABAJO RECEPCIONAL	TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS DUREAS Y SELEMENTARIAS	
	ALFESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS	TECNO

TUBERIA DE PERFORACION

RESISTENCIA A LA DEFORMACION POR TORSION MINIMA

ANCHO	H.M. (CM)	P.D. (CM)
5	15.50	1
4 1/2	16.60	1 1/2
4 1/4	15.30	1
4 3/8	16.40	1 1/4

15,670 Pcs/B.
17,26,700 Pcs/B.
17,19,500 Pcs/B.
16,000 Pcs/B.
16,000 Pcs/B.



El efecto de las RPM en la velocidad de perforación

Al aumentar las RPM aumenta el desgaste de los dientes

TABLA 7

UASP	FACULTAD DE INGENIERIA	AREA CIENCIAS DE LA TIERRA
	TRABAJO RECEPCIONAL	TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS

TAMAÑO DEL JET	DIAM INT. DEL JET PULG.	RANGO DE BARRENA		RANGO DE	RANGO DI
		5 7/8	6 3/4	7 5/8- 9	BARRENA
				9 7/8 - 18 1/2	
0	0 (TAPON)	X		X	X
7	7/32	X		X	X
8	1/4	X		X	X
9	9/32	X		X	X
10	5/16	X		X	X
11	11/32	X		X	X
12	3/8	X		X	X
13	13/32	X		X	X
14	7/16	X		X	X
15	15/32	X		X	X
16	1/2	X		X	X
18	9/16	X		X	X
19	19/32				X
20	5/8	X		X	X
21	21/32				X
22	11/16			X	X
24	3/4			X	X
28	7/8				X

TABL 8

U A S L P	FACULTAD DE INGENIERIA		AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
	TRABAJO RECEPCIONAL		TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS	
	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.		ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS	
			FECHA	

CLASIFICACION DE BARRENAS DE RODILLOS FABRICADAS POR LA COMPAÑIA REED ROCK BIT

SERIE	FORMACIONES	TIPOS	CARACTERISTICAS								
			ESTANDAR (1)	CALIBRE (2)	INSERTO DE CALIBRE (3)	CONJUNTO DE RODILLOS SELLADO (4)	CONJUNTO SELLADO Y CALIBRE (5)	CONJUNTO DE FRICCION SELLADO (6)	CONJUNTO DE FRICCION Y CALIBRE (7)	DIRECCIONAL (8)	OTROS (9)
BARRINAS DE DIENTES DE ACERO	1 Formaciones blandas con baja fuerza compresiva y alta durabilidad	1	V11			S11					
		3	V12			S12		FP12			
		4	V13		V13G	S13	S13G	FP13			
		4	V14						FP14		
BARRINAS DE DIENTES DE ACERO	2 Formaciones entre medianas y media duras con alta fuerza compresiva	1	V21		V21G	S21	S21G	FP21			
		2	V22			S22	S22G				
		3	V23		V23G	S23	S23G				
		4	V24						FP24		
BARRINAS DE DIENTES DE ACERO	3 Formaciones duras, semabrasivas o abrasivas	1	V31		V31G	S31	S31G		FP31		
		2	V32			S32	S32G				
		3	V33			S33	S33G				
		4	V34				S34G				
BARRINAS DE DIENTES DE ACERO	4 PARA USO FUTURO	1									
		2									
		3									
		4									
BARRINAS DE INSERTOS	5 Formaciones entre blandas y medianas con alta fuerza compresiva	1							FP51-FP51	HP SM	
		2				S52				HP SM	
		3				S53			FP53	HP SM	
		4								HP SM	
BARRINAS DE INSERTOS	6 Formaciones media duras con alta fuerza compresiva	1			V61/V62	S61			FP61	HP SM	
		2			V62	S62			FP62	FP62X-FP62S	
		3				S63			FP63		
		4				S64			FP64		
BARRINAS DE INSERTOS	7 Formaciones duras, semabrasivas y abrasivas	1			V71	S71			FP71	HP H	
		2			V72	S72			FP72	HP H	
		3			V73	S73			FP73	HP H	
		4				S74			FP74	HP H	
BARRINAS DE INSERTOS	8 Formaciones sumamente duras y abrasivas	1			V81	S81			FP81	HP H	
		2			V82	S82			FP82	HP H	
		3			V83	S83			FP83	HP H	
		4			V84	S84			FP84	HP H	

TABLA 9

AREA CIENCIAS DE LA TIERRA

FACULTAD DE INGENIERIA

TRABAJO RECEPCIONAL

ASESOR
ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.

ALUMNO
JORGE RIVAS RAMOS

TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION
EN SOCAS-CONCAS Y SEGMENTARIAS

FECHA

UAS LP

CLASIFICACION DE BARRENAS DE RODILLOS FABRICADAS POR LA COMPAÑIA SECURITY ROCK BITS

SERIE	FORMACIONES	TIPOS	CARACTERÍSTICAS							DIRECCIONAL	OTROS	
			ESTANDAR	CALIBRE "T"	INSERTO	COJINETE DE	COJINETE	COJINETE	COJINETE			
			(1)	(2)	DEL CALIBRE	RODILLOS	SELLADO Y	DE FRICCION	DE FRICCION			
			(4)	CALIBRE	SELLADO	Y CALIBRE	(7)	(8)	(9)			
BARENAS DE DIENTES DE ACERO	1. Formaciones blandas con baja fuerza compresiva y alta durabilidad	1.	S3S			S33S			S33SF		S3SJD	S3SJA
		2.	SJ	SJT	SJTG	S33			S33F		S3JD	S3JA
		3.	S4	S4T	S4TG	S44			S44F			
		4.									DS-DSS	
	2. Formaciones entre medianas y media duras con alta fuerza compresiva	1.	M4N		M4NG	M44N			M44NF			
		2.	M4		M4SG							
		3.	M4L		M4LG	M44L			M44LF		DM	
		4.										
	3. Formaciones duras, semiaabrasivas o abrasivas	1.	H7	H7T	H7TG	H77			H77F			
		2.										
		3.			H7SG				H77S			
		4.				H77C			H77CF			
4. PARA USO FUTURO	1.											
	2.											
	3.											
	4.											
BARENAS DE INSERTOS	5. Formaciones entre blandas y medianas con alta fuerza compresiva	1.					S84		S84F			
		2.										
		3.							S86F			
		4.			S8JA		S88		S88F		D588	
	6. Formaciones media duras con alta fuerza compresiva	1.							M84F			
		2.			M8JA		M88		M88F / M88TF			
		3.							M88F			
		4.										
	7. Formaciones duras, semiaabrasivas y abrasivas	1.										
		2.										
		3.							H84F			
		4.			H8JA		H88		H88F			
8. Formaciones sumamente duras y abrasivas	1.											
	2.											
	3.			H10JA		H100		H100F				
	4.											

TABLA 10

AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS
FACULTAD DE INGENIERIA	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS
TRABAJO RECEPTIONAL	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.
UASLP	
FECHA	

CLASIFICACION DE BARRENAS DE RODILLOS FABRICADAS POR LA COMPAÑIA HUGHES TOOL

SERIE	FORMACIONES	TIPOS	CARACTERISTICAS								
			ESTANDAAR (1)	CALIBRE "T" (2)	INSERTO DEL CALIBRE (3)	COJINETE DE RODILLOS SELLADO (4)	COJINETE SELLADO Y CALIBRE (5)	COJINETE DE FRICCION SELLADO (6)	COJINETE DE FRICCION Y CALIBRE (7)	DIRECCIONAL (8)	OTROS (9)
BARRENAS DE DIENTES DE ACERO	1. Formaciones blandas con baja fuerza compresiva y alta durabilidad	1	OSC 3A			K3A			J1		
		2	OSC 3			K3			J2		
		3	OSC 10			K10	KDC		J3		
		4									
	2. Formaciones entre medianas y media duras con alta fuerza compresiva	1	Dwy-Dwt				KDV		J4		
		2	W0								
		3									
		4									
	3. Formaciones duras, semiabrásivas o abrasivas	1	W7						J7		
		2	W7R 1						J8		
		3									
		4									
4. PARA USO FUTURO	1								J11		
	2										
	3										
	4										
BARRENAS DE INSERTOS	5. Formaciones entre blandas y medianas con alta fuerza compresiva	1							J12		
		2									
		3									
		4									
	6. Formaciones media duras con alta fuerza compresiva	1			W44		K44		J4		
		2			W45				J5		
		3									
		4									
7. Formaciones duras, semiabrásivas y abrasivas	1			W77				J7			
	2			AMB 101A2							
	3										
	4										
8. Formaciones sumamente duras y abrasivas	1							J8			
	2										
	3										
	4										

TABLA 11

UASLP

**FACULTAD DE INGENIERIA
TRABAJO RECEPCIONAL**

AREA CIENCIAS DE LA TIERRA

ASESOR
ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.

TEMA
TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION
EN ROCAS GRANES Y SEDIMENTARIAS
ALUMNO
JORGE RIVAS RAMOS

REC-14

CLASIFICACION DE BARRENAS DE RODILLOS FABRICADAS POR LA COMPAÑIA SMITH TOOL

SERIE	FORMACIONES	TIPOS	CARACTERISTICAS								
			ESTANDAR	CALIBRE "T"	INSERTO DEL CALIBRE	COJINETE DE RODILLOS SELLADO	COJINETE SELLADO Y CALIBRE	COJINETE DE FRICCIÓN SELLADO	COJINETE DE FRICCIÓN Y CALIBRE	DIRECCIONAL	OTROS
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
BARRENAS DE DIENTES DE ACERO	1. Formaciones blandas con poca fuerza compresiva y alta durabilidad	1.	OS			SOS					MDSHJ
		2.	OT	OTT		SO7		FDT		OJ/BHOJ	
		3.	OG	DGT	OGH	SO6	SO6H	FOG			SOGRE
		4.	K2		K2H						
	2. Formaciones entre medianas y media duras con alta fuerza compresiva	1.	V2		V2H	SV	SVH				
		2.									
		3.	T2		T2H	ST2					
		4.									
	3. Formaciones duras, semiabrasivas o abrasivas	1.	L4		L4H	SL4	SL4H				LAAP/L4HP
		2.									
		3.									
		4.									
4. PARA USO FUTURO	1.										
	2.										
	3.										
	4.										
BARRENAS DE INSERTOS	5. Formaciones entre blandas y medianas con alta fuerza compresiva	1.				2JS		F2		A1	
		2.									
		3.					3JS		F3		
		4.									
	6. Formaciones media duras con alta fuerza compresiva	1.					4JS		F4	FO4	4JA
		2.					5JS		F5		5JA
		3.							F57		
		4.									
	7. Formaciones duras, semiabrasivas y abrasivas	1.									
		2.							F6		6JA
		3.					7JS		F7		7JA
		4.									
8. Formaciones sumamente duras y abrasivas	1.										
	2.										
	3.					8JS		F8		8JA BAP	
	4.										

TABLA 12

AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	TEMA TECNICAS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PERFORACION EN ROCAS IGNEAS Y SEDIMENTARIAS	FECHA
FACULTAD DE INGENIERIA	ALUMNO JORGE RIVAS RAMOS	
TRABAJO RECEPCIONAL	ASESOR ING. RAMIRO GALLEGOS GLZ.	
UASLP		