UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA

SELECCIÓN Y EMPLEO DE CORONAS IMPREGNADAS EN LA PERFORACIÓN DIAMANTINA

Servicios Profesionales presentado por el Bachiller:

CANSAYA QUISPE, BENJAMIN GIANCARLO

para optar el Título Profesional de:

INGENIERO METALURGISTA

AREQUIPA – PERU

2019

INTRODUCCIÓN

La geografía del Perú exige llevar los equipos de exploración a lugares de difícil acceso para ejecutar los procesos de exploración de los diferentes recursos minerales. Por este motivo, fallas imprevistas pueden ocasionar pérdidas de producción por largos tiempos de parada y reparación, además de arriesgar la seguridad del personal y de los activos, por ello que se deben seleccionar correctamente el tipo de corona dependiendo del tipo de superficie a perforar.

La perforación diamantina en minería del Perú, tiene como una de sus principales objetivos la obtención de testigos para su posterior estudio y evaluación del yacimiento minero a ser explotado.

Las empresas dedicadas al rubro de perforación diamantina tienen un elevado consumo de accesorios y tipos para cada tipo de superficie a ser perforadas.

Los fluidos de perforación constituyen una herramienta que es usada para mejorar el desempeño de la perforación, además que previenen el desgaste de los accesorios e incrementa la vida útil de estos, debido a que se trabaja en todo tipo de superficie y clima.

Los aditivos pueden ser polímeros, lubricantes, inhibidores, dispersantes, bentonitas, etc. que desempeñan un papel muy importante en reducir el desgaste y evitar la corrosión de los componentes de la perforadora.

El presente informe tiene como objetivo seccionar y emplear coronas impregnadas, para determinar una correcta selección del tipo de corona según el tipo de superficie y los parámetros, para un correcto manejo del equipo.

SELECCIÓN Y EMPLEO DE CORONAS IMPREGNADAS EN LA PERFORACIÓN DIAMANTINA

ÍNDICE

CAPITULO I – GENERALIDADES

1.1.- Historia de la Empresa 1
1.2.- ¿Quiénes Somos? 2
1.3.- Visión 3
1.4.- Certificaciones 3
1.5.- Política Empresarial 4
1.6.- Comunidades 5
1.7.- Equipos 6
1.8.- Proyectos de Perforación Diamantina 13

CAPÍTULO II - EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y SU TECNOLOGÍA

2.1. Introducción 14
2.2. Selección de Coronas Diamantadas 15
2.3. Coronas Sacatestigos Impregnadas 15
2.3.1. Brocas de Carburo de Tungsteno (Tipo Widia) 17
2.3.2. Brocas de Carburo de Tungsteno Triturado 18
2.3.3. Brocas con Diamantes 19
2.3.3.1. Brocas con Diamantes Insertados 21
2.3.3.2. Brocas con Diamantes Impregnados 23
2.4 Criterios Generales de Selección de Coronas 26
2.5. Guía de Selección de Coronas Según Tipo de Roca 28
2.6. Escariadores 29
2.7. Zapatas Para Revestimiento 30
2.8. Fluidos de Perforación 30
2.8.1. Tipos y Aplicaciones de Fluidos 32

CAPITULO III - MARCO TEORICO

3.1.- Estructura.....34
3.2.- Dureza 35
3.3.- Abrasividad 37
3.4.- Resistencia 38
3.5.- Clasificación del Tipo de Roca.....38
3.6.- Definiciones de Tipo de Rocas 39

CAPITULO IV - SELECCIÓN CORONAS IMPREGNADAS

4.1.- Series de Coronas Saca testigos Impregnadas 44
4.2.- Selección del Producto 47
4.3.- Selección de las Coronas Impregnadas 48
4.4.- Pautas de Perforación.....49
4.5.- Velocidades de rotación.....50
4.6.- Peso Sobre la Corona.....52
4.6.1.- Métodos de presión diferencial.....54
4.7.- Flujo de Fluido 54
4.8.- Perforación Para Coronas Impregnadas.....55
4.9.- Método de Afilado en el Pozo 60
4.10.- Método de Afilado Fuera del Pozo.....61
4.11.- Grados de Diamantes 61
4.12.- Perfiles de la Corona.....62
4.13.- Vías de Agua 64
4.14.- Tamaño del Diamante.....64

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 Visita a Comunidades 5
Figura N° 2 Maquina LM-90 6
Figura N° 3 Maquina LM-75 7
Figura N° 4 Maquina Meter Eater.....8
Figura N° 5 Maquina Geo 3000.....9
Figura N° 6 Maquina Geo 95 10
Figura N° 7 Maquina UDR 11
Figura N° 8 Maquina LF70 12
Figura N° 9 Coronas Sacatestigos Impregnadas 16
Figura N° 10 Coronas de Carburo de Tungsteno.....18
Figura N° 11 Vista Frontal de una Corona Diamantina 20
Figura N° 12 Vista Transversal de una Corona Diamantina.....20
Figura N° 13 Corona Sacatestigos con Diamantes Insertados 23
Figura N° 14 Brocas con Diamantes Impregnados 26
Figura N° 15 El Escariador.....29
Figura N° 16 Partes del Escariador.....30
Figura N° 17 Fluidos de Perforación 31
Figura N° 18 Selección de Coronas Impregnadas 48
Figura N° 19 Relación Dureza de la Rocas y Serie de las Coronas.....49
Figura N° 20 Patrones de Desgaste.....56
Figura N° 21 Patrones de Desgaste.....57
Figura N° 22 Patrones de Desgaste.....58
Figura N° 23 Patrones de Desgaste.....59

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1 Guía de Selección de Coronas 28
Tabla N° 2 Ventajas y Desventajas de los Fluidos de Perforación 32
Tabla N° 3 Escala de Dureza de Mohs 35
Tabla N° 4 Propiedades Físicas de las Rocas 37
Tabla N° 5 Pautas Para la Perforación con Coronas Impregnadas 50
Tabla N° 6 Velocidades y Peso sobre la Corona 53
Tabla N° 7 Perfiles de las Coronas Incrustadas.....63
Tabla N° 8 Medidas Estándar de los Diamantes.....65
Tabla N° 9 Selección de la Corona Incrustada 65
Tabla N° 10 Tamaño del Diamante.....66
Tabla N° 11 Volumen de Fluido recomendado para las Coronas Incrustadas.....66

RESUMEN

La geografía del Perú exige llevar los equipos de exploración a lugares de difícil acceso para ejecutar los procesos de exploración de los diferentes recursos minerales. Por este motivo, fallas imprevistas pueden ocasionar pérdidas de producción por largos tiempos de parada y reparación, además de arriesgar la seguridad del personal y de los activos, por ello que se deben seleccionar correctamente el tipo de corona dependiendo del tipo de superficie a perforar.

La perforación diamantina en minería del Perú, tiene como una de sus principales objetivos la obtención de testigos para su posterior estudio y evaluación del yacimiento minero a ser explotado.

Las empresas dedicadas al rubro de perforación diamantina tienen un elevado consumo de accesorios y tipos para cada tipo de superficie a ser perforadas.

Los fluidos de perforación constituyen una herramienta que es usada para mejorar el desempeño de la perforación, además que previenen el desgaste de los accesorios e incrementa la vida útil de estos, debido a que se trabaja en todo tipo de superficie y clima.

Los aditivos pueden ser polímeros, lubricantes, inhibidores, dispersantes, bentonitas, etc. que desempeñan un papel muy importante en reducir el desgaste y evitar la corrosión de los componentes de la perforadora.

El presente informe tiene como objetivo seccionar y emplear coronas impregnadas, para determinar una correcta selección del tipo de corona según el tipo de superficie y los parámetros, para un correcto manejo del equipo.

PALABRAS CLAVE: Perforación Diamantina, Polímeros, broca impregnada Bentonita, exploración.

ABSTRACT

The geography of Peru requires taking the exploration equipment to places of difficult access to execute the exploration processes of the different mineral resources. For this reason, unforeseen failures can cause production losses due to long stop and repair times, as well as risking the safety of personnel and assets, which is why the type of crown must be correctly selected depending on the type of surface to be drilled.

Diamond drilling in mining in Peru, has as one of its main objectives the obtaining of witnesses for further study and evaluation of the mining deposit to be exploited.

The companies dedicated to the field of diamond drilling have a high consumption of accessories and types for each type of surface to be drilled.

Drilling fluids are a tool that is used to improve the performance of drilling, in addition to preventing the wear of the accessories and increases the useful life of these, because it works on all types of surface and climate.

The additives can be polymers, lubricants, inhibitors, dispersants, bentonites, etc. They play a very important role in reducing wear and prevent corrosion of the components of the drill.

The purpose of this report is to section and use impregnated crowns to determine the correct selection of the crown type according to the type of surface and the parameters, for a correct handling of the equipment.

KEYWORDS: Diamond Drilling, Polymers, impregnated bit, Bentonite, exploration.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA

ENTREGA DE SERVICIOS PROFESIONALES

Bachiller: CANSAYA QUISPE, BENJAMIN GIANCARLO

SELECCIÓN Y EMPLEO DE CORONAS IMPREGNADAS EN LA PERFORACIÓN DIAMANTINA

Dr. ELIAS ESQUICHA LARICO	Ing. ORLANDO DUARTE MUÑOZ	Ing. HECTOR BOLAÑOS SOSA
PRESIDENTE	MIEMBRO	MIEMBRO

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 HISTORIA DE LA EMPRESA

Geodrill S.A.C., inicia sus operaciones en el año 1995, teniendo como objetivo brindar el servicio de perforación al sector minero en nuestro país. En este momento se inicia un gran auge de la actividad minera, especialmente en el Perú, con especial desempeño en las inversiones en exploraciones, lo que determino la necesidad de ingresar en este rubro de negocio.

En los siguientes 5 años Geodrill fue creciendo lentamente participando cada vez más en proyectos de mayor jerarquía y con mayor cantidad de equipos, para que a partir del año 2000 pudieran enfrentar proyectos de mayor envergadura y con clientes más grandes como Southern Perú, Cambior, Xstrata Tintaya, Grupo Hochschild, Compañía Minera Buenaventura entre otros.

Otro echo importante en estos años fue la incursión en la perforación en interior mina como una línea complementaria en las operaciones es de la empresa.

Luego de superada la crisis en la minería por las bajas cotizaciones de los metales a nivel mundial, el crecimiento de la empresa apoyado en las mayores inversiones de las compañías mineras. A partir del año 2003 se logra conseguir una gran fortaleza en las operaciones, con la fabricación de brocas y accesorios, lo que represento una gran ventaja para la empresa desde entonces.

En el año 2006 Geodrill confirmo su posicionamiento entre las 3 primeras compañías de perforación en el Perú, al fabricar sus propias máquinas de perforación.

Actualmente cuenta con más de 500 colaboradores, más de 10 proyectos ubicados en el Perú y otros proyectos en México y Bolivia.

1.2. QUIÉNES SOMOS

Ser un equipo líder en perforación es parte de la cultura de la empresa, innovando y aplicando los conocimientos del recurso humano en la tecnología, cumpliendo las expectativas de sus clientes y de la organización misma; todo ello constituye la razón del éxito y buen desempeño de la empresa.

En Geodrill nuestro compromiso es brindar a cada uno de nuestros clientes, información valiosa oportunamente con la seriedad y confidencialidad que nos caracteriza. Brindamos soluciones en perforación para exploración y geotecnia.

Nos constituimos como un Socio confiable de cada campaña de perforación para su completo desarrollo.

1.3. VISIÓN

"Ser una empresa internacional líder en perforación, generando el mayor valor para nuestros clientes, comprometidos con el cuidado del medio ambiente, la seguridad y la calidad de servicio".

1.4. CERTIFICACIONES

Actualmente por iniciativa propia y bajo compromiso real con la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente, hemos realizado la recertificación exitosa de nuestro Sistema Integrado de Gestión (SIG) bajo los conceptos de Gestión de la Calidad (ISO 9001:2008), Gestión Ambiental (ISO 14001:2004) Y Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHAS 18001:2007) con asesoría de la empresa Bureau Veritas S.A.

Los certificados logrados reflejan la conformidad del funcionamiento de su sistema de gestión con los requisitos fijados por normas internacionales, y resalta el compromiso de Geodrill con la calidad, medioambiente, seguridad y salud ocupacional.

Esta certificación, conlleva para Geodrill un compromiso de mejora continua en la gestión de sus procesos, lo que nos ha permitido asegurar un servicio de calidad a nuestros clientes, el cumplimiento de los requisitos exigidos por las normativas y reglamentos que regulan el desarrollo de sus actividades y preservar los intereses de las partes interesadas a lo largo de la prestación de nuestro servicio.

1.5. POLITICA EMPRESARIAL

GeoDrill

POLITICA DE GESTION EMPRESARIAL GEODRILL

Geodrill S.A.C. dedicada a brindar soluciones en perforación al sector minero, con el propósito de generar valor para nuestros clientes y trabajadores, hemos establecido los siguientes compromisos:

- Mejorar continuamente el desempeño del Sistema Integrado de Gestión de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional, promoviendo la consulta y la participación activa de todo el personal, proporcionando los recursos para la planificación, operación y verificación.
- Cumplir con los requerimientos de nuestros clientes, la legislación vigente aplicable, así como otros requisitos asumidos voluntariamente relacionados con calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.
- Ejecutar continuamente programas de capacitación, entrenamiento, motivación y comunicación para el personal con la finalidad de elevar su productividad y desarrollo personal.
- Fortalecer nuestra cultura de prevención de los incidentes, asociados a nuestras actividades, apoyándonos en el liderazgo y compromiso del personal. Eliminar peligros y reducir los riesgos para la seguridad y salud ocupacional manteniendo un sistema de control. El Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional es compatible con los otros sistemas de gestión.
- Proteger el medio ambiente, incluida la prevención de la contaminación en las actividades, productos y servicios que realizamos.

El cumplimiento de esta política es responsabilidad de todo el personal de la empresa.

LA GERENCIA GENERAL

Ivan Herrera Enriquez

Fecha de creación: Jun, 2007
Fecha de Modificación: 03-JUL-18
Fecha de Revisión: 03-JUL-18
Versión.: 07

ISO 9001 GESTIÓN DE LA CALIDAD
ISO 14001 GESTIÓN AMBIENTAL
OSHAS 18001 GESTIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

1.6. COMUNIDADES

El respeto irrestricto en las comunidades practicado por cada uno de los trabajadores de Geodrill, ha hecho que no se haya tenido problemas con las comunidades

Consúltenos sobre la posibilidad de realizar sus proyectos si tiene comunidades cercanas.

Figura N° 1.
Visita comunidades

1.7. EQUIPOS

Contamos con los equipos siguientes equipos de perforación diamantina, según las necesidades de nuestros clientes:

Figura N° 2.
Maquina LM 90.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Taladros Negativos
Línea HQ 450
Línea NQ 800
Línea BQ 1000

Taladros Horizontales
Línea HQ 400
Línea NQ 800
Línea BQ 900

Taladros Positivos
Línea HQ 150
Línea NQ 250
Línea BQ 400

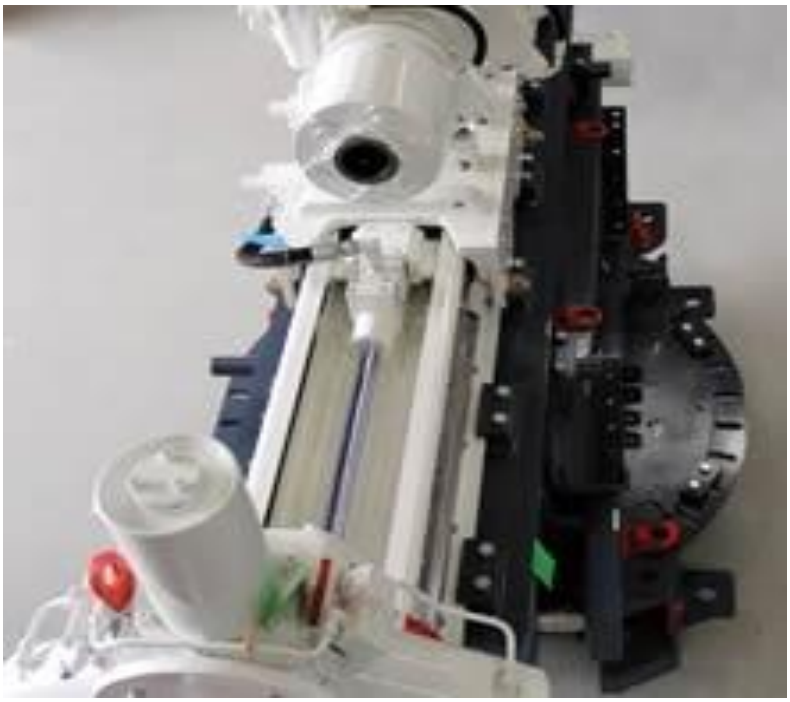


Figura N° 3.

Maquina LM 75.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Taladros Negativos

Línea HQ 350

Línea NQ 600

Línea BQ 700

Taladros Horizontales

Línea HQ 250

Línea NQ 500

Línea BQ 600

Taladros Positivos

Línea HQ 80

Línea NQ 200

Línea BQ 300

Figura N° 4.

Maquina Meter Eater.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Taladros Negativos

Línea BQ 200

Taladros Horizontales

Línea BQ 150

Taladros Positivos

Línea BQ 70

Figura N° 5.

Maquina Geo 3000.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Taladros Negativos

Línea HQ 450

Línea NQ 900

Línea BQ 1200

Figura N° 6.

Maquina Geo 95.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Taladros Negativos	**Taladros Horizontales**
Línea HQ 500	Línea HQ 450
Línea NQ 950	Línea NQ 950
Línea BQ 1200	Línea BQ 1200

Figura N° 7.

Maquina UDR.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Taladros Negativos

Línea HQ 300

Línea NQ 600

Línea BQ 700

Figura N° 8.

Maquina LF70.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Taladros Negativos	**Taladros Horizontales**
Línea HQ 250	Línea HQ 200
Línea NQ 650	Línea NQ 400
Línea BQ 600	Línea BQ 150

1.8. PROYECTOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA

1.	Tía Maria	Southern Peru	Arequipa
2.	Los Chancas	Southern Peru	Apurimac
3.	Ares	Hochschild	Arequipa
4.	Arcata	Hochschild	Arequipa
5.	Explorador	Hochschild	Apurímac
6.	Pallancata	Hochschild	Ayacucho
7.	Orcopampa	Buenaventura	Arequipa
8.	Pinaya	Canper Explor.	Puno
9.	Caylloma	Minera Bateas	Arequipa
10.	Cerro Cori	Southern Perú	Ayacucho
11.	Purgatorio	Southern Perú	Moquegua
12.	San Hilarión	Milpo	Ancash
13.	Casapalca	Minera Casapalca	Lima
14.	Marcona	Shougang	Ica
15.	Las Magdalenas	Marsa	La libertad
16.	Totoral	Sinchi Wayra	Oruro Bolivia
17.	Nacozari	Grupo México	Sonora México
18.	Monterrico	Minera Casapalca	Lima
19.	Soledad	Minera Casapalca	Lima
20.	Tambillos	Southern Perú	Ica
21.	Cerro Verde	Minera Cerro Verde	Arequipa
22.	Antapaccay	Minera Antapaccay	Cuzco
23.	Montoneros	Southern Perú	Arequipa

CAPITULO II

EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y SU TECNOLOGÍA

2.1. INTRODUCCIÓN

La Perforación Diamantina también conocido como sondeo a rotación con obtención de muestras alteradas consiste en cortar y/o recuperar los testigos cilíndricos de rocas o suelos que se atraviesan con los sondeos con el fin de proporcionar información de perfil litológico y geológico del subsuelo con relación a la profundidad a explorar, si es lo que se busca, de lo contrario no se recuperaran las muestras y solo se procederá a seguir profundizando.

El proceso de perforación diamantina involucra una serie de aspectos técnicos, operativos, así como normas de seguridad las cuales son obligatorias para poder iniciar el trabajo de perforación. Dichas normas conllevan al análisis de riesgos en las operaciones y al establecimiento de funciones básicas antes de realizar la labor y de esta forma evaluar los riesgos y poder evitarlos.

La función principal de la perforación de diamantina es la de recuperación de una muestra de roca *in situ* (testigo) para su estudio e identificación de los minerales que forman parte de la composición de la muestra. Dicha perforación se realiza durante la etapa exploratoria del desarrollo de una mina, así, podremos determinar leyes y tonelajes del yacimiento y establecer si es rentable su explotación o no.

La perforación diamantina se es particular debido a los equipos que utiliza, tales como el barreno de perforación, el cual es un cilindro hueco que lleva componentes muy duros en uno de sus bordes para cortar la roca sin triturarla y permitir la recuperación casi intacta del testigo.

Algunos aspectos importantes serán mencionados en el siguiente informe, así como el desarrollo de una perforación diamantina.

2.2. SELECCIÓN DE LAS CORONAS DIAMANTADAS

Las herramientas diamantadas son los constituyentes esenciales de cualquier sistema de perforación. Estas herramientas son productos que deben poseer las siguientes características básicas:

- Una calidad sobresaliente
- Una construcción adecuada
- Un diseño avanzado.

2.3. CORONAS SACATESTIGOS IMPREGNADAS

En el mercado existe una variedad de fabricantes de coronas sacatestigos impregnadas. La simple gama de 3 productos y con códigos de color fue aceptada prontamente como estándar para la industria de los sondajes diamantinos.

En forma progresiva, se han introducido nuevas matrices, materiales diamantados y técnicas de fabricación para crear una gama nueva y mejorada de productos; se trata de las *coronas impregnadas de Serie.*

Figura Nº 9.
Coronas sacatestigo impregnadas.

Las Coronas de Serie están codificadas por color y numéricamente del 2 al 10 para eliminar la confusión causada por las coronas codificadas y ofrecidas por otros fabricantes. Como simple guía, mientras más dura es el tipo de roca, mayor es la Serie, es decir, Serie 10 para rocas más duras y las Series 2 y 4 para las formaciones más blandas y abrasivas.

En todo caso la experiencia del perforista y el tipo de roca en la que se trabajará también condicionan en el tipo de corona a elegir.

Prácticamente no se tiene límites en cuanto al de campo de acción de las coronas impregnadas pudiéndose usar enrocas duras como en material alterado con algunas diferencias en el procedimiento de perforación. Su ventaja radica en que se pueden extraer muestras de varios diámetros, cuyos rangos varían de 48 mm a 146 mm en profundidades de cientos de metros o kilómetros, en casos especiales, utilizándose brocas de carburo de tungsteno o diamante.

Si el terreno a perforar es muy duro, tal como macizos rocosos, granito, cuarcitas, filones de cuarzo, etc., es inútil intentar perforar con brocas widia (de prismas de carburo de tungsteno) pues con menos de 10 cm de perforación las brocas habrán perdido su capacidad de corte, y por lo tanto, hay que detener la perforación extrayendo todo el tren para volver a afilar las brocas. No es económico usar brocas de este tipo en terrenos muy duros, pues se perderá la jornada de trabajo en continuas extracciones de tren, dedicando a la perforación un tiempo mínimo.

Cuando el terreno es blando, es necesario estudiar el problema desde el punto de vista económico y de recuperación del testigo. Como norma general hay que decir que la perforación con brocas de diamante es más suave y por lo tanto, el testigo sufre menos, obteniéndose una mejor recuperación. Cuando las diferencias de precio no sean considerables, es preferible decidirse por realizar el sondaje con brocas de diamante, pues el objeto de realizar el sondaje es el de obtener el mayor porcentaje de recuperación de testigos.

2.3.1. BROCAS DE CARBURO DE TUNGSTENO (TIPO WIDIA):

Estas brocas generalmente tienen unos prismas octogonales de carburo de tungsteno que proporcionan una sujeción segura al cuerpo de la broca. Los prismas se fabrican en tres diámetros 4, 5.5 y 7.5 mm. El grosor de corte de la corona determina el diámetro del prisma a utilizar. Los prismas son rectificados aun ángulo de 10x del plano vertical y pueden reafilarse. Estas brocas son utilizadas a velocidades relativamente bajas. La velocidad de rotación es excesiva, los prismas se sobrecalientan, produciéndose un rápido desgaste de las mismas. Este tipo de brocas solamente deberán usarse en formaciones blandas como: arcilla, pizarra blanda y dura; caliza blanda y semidura, yeso, arena, sal, tierra helada y hielo. También son apropiados para perforar en terrenos de recubrimiento y para limpieza de sondeos. Los testigos

obtenidos mediante su uso son normalmente de baja calidad. Esto se debe a que los prismas presionan los detritus y otros materiales contra el testigo; además la forma de la corona produce una alta vibración durante la perforación.

Figura Nº 10.

Coronas de carburo de tungsteno.

2.3.2. BROCAS DE CARBURO DE TUNGSTENO TRITURADO

El frente de corte consta de plaquitas de carburo de tungsteno triturado (tamaño granular de 2 – 5 mm) soldados al cuerpo de la roca. El tipo de broca determina el tamaño granular del carburo del tungsteno. Durante la perforación tienen más aristas cortantes en contacto con la roca quelas brocas con prismas. Esto reduce la vibración, produciendo un testigo de mejor calidad y permite utilizar la broca a mayores velocidades de rotación que las brocas de prismas. La velocidad de rotación más conveniente lo determina el tipo de roca que se perfora y otros factores propios de la perforación, por lo que su velocidad periférica puede variar entre 0.5 – 2 m/s (Velocidad periférica recomendada, aproximadamente 1 m/s).Este tipo de brocas son apropiadas para rocas de dureza algo mayor que las brocas con prismas (rocas semiduras abrasivas, como arenisca semidura, pizarra dura o rocas sedimentarias) También son apropiadas para limpieza de sondeos;

por ejemplo para extraer cuerpos extraños, coronas quemadas, etc. Otra ventaja de este tipo de corona cuando se emplea aire comprimido como medio de barrido, es el diseño de las aristas cortantes, que proporciona una refrigeración más efectiva y dispersión del calor.

2.3.3. BROCAS CON DIAMANTES

Esta clasificación se divide en diamantes insertados y diamantes incrustados, teniendo en común las siguientes características:

a) Diamantes: Están compuestos por carbones cristalinos y tienen dos importantes propiedades físicas, por lo que son el elemento de corte más apropiado para montar en las brocas de perforación. Estas propiedades físicas son:

- Es el material más duro y resistente al desgaste.
- Su capacidad de conducción del calor a temperatura térmica del diamante, dependiendo del tipo, es entre 2 y 7 veces superior a la de la plata o el cobre. Esta característica es especialmente valiosa cuando se monta el diamante como elemento de corte de la corona, ya que el calor producido durante la perforación es eficazmente disipado.
- El diamante, sin embargo, es frágil y puede romperse fácilmente si es sometido agolpes. Es además relativamente sensible a altas temperaturas en que empieza a transformarse en grafito y más frágil aún, cuando se sobrecalienta.

b) Tamaño del diamante: Generalmente la medición del diamante se hace mediante dos métodos: malla o quilate. El número de malla indica la cantidad de mallas por pulgada de un tamiz.

Por ejemplo: 20 – 30 de malla quiere decir, que los diamantes pueden pasar a través de un tamiz con 20 mallas por pulgada, pero no a través de un tamiz con 30 mallas por pulgada.

Quilate es un peso: 1 quilate = 0.200 gramos. Por ejemplo: 1/20, 1/50, designan 20 o 50 piedras por quilate (p.p.q.)

La estructura de una corona diamantada se muestra en los siguientes esquemas. Para visualizar la estructura, se muestra una planta y un perfil de la corona. Se puede observar las vías de agua, la región de la matriz, ancho de pared, etc.

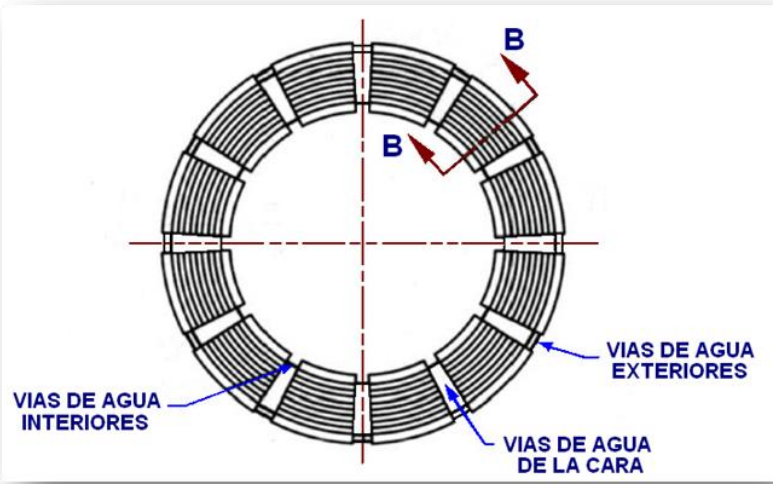


Figura Nº 11.

Vista frontal de una corona diamantina.

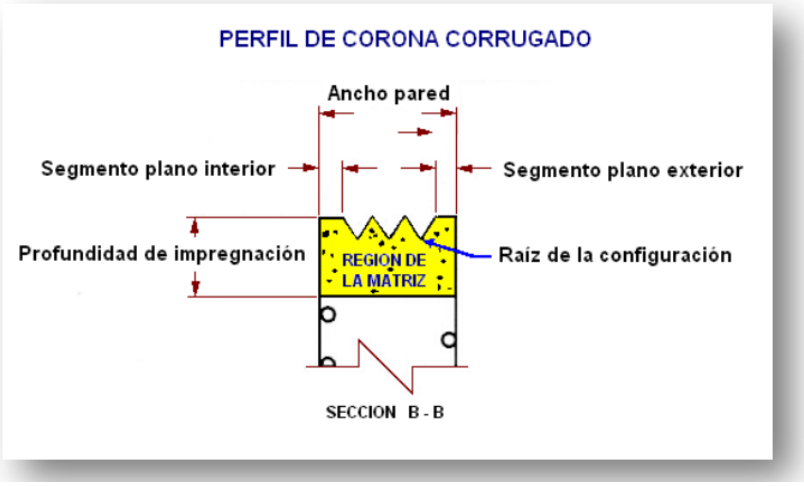


Figura Nº 12.

Vista transversal de una corona diamantina.

2.3.3.1.- Brocas con diamantes insertados:

Actualmente en la mayoría de brocas insertadas se usa diamantes naturales. Los diamantes son insertados en la matriz de la parte frontal de la broca dejando el diamante expuesto de un octavo a un tercio. Se permite mayor exposición del diamante para formaciones de roca blanda a semiblanda y menor exposición para formaciones duras, fracturadas y abrasivas. Los diamantes son montados en tal forma que la matriz quede cubierta uniformemente. Un montaje incorrecto puede ocasionar el desgaste de la matriz circundante y la consiguiente pérdida de los diamantes, estos pierden su capacidad de corte principalmente por haberse pulido, fracturado o quemado. La matriz que sujeta los diamantes en una posición de corte, está compuesta de un material duro y resistente al desgaste. Este material normalmente consistente en carburo de tungsteno o cimentado, y uno o más componentes blandos son fundidos con un material de soldadura blanda.

La dureza y la resistencia al desgaste de la matriz pueden variar para adecuarse a las características de la roca. Durante la perforación, la resistencia al desgaste es más importante que la dureza. No hay una definición generalmente aceptada para la resistencia al desgaste, por lo que algunas veces la resistencia al desgaste es definida incorrectamente como dureza.

a) Influencia del Tamaño del Diamante en el Rendimiento: Como corona se puede decir que cuanto más blanda sea la formación, mayor será el tamaño del diamante utilizado; mejor dicho 20 p.p.q. o aún mayor en caliza blanda.

   Cuanto más dura sea la formación, se usará un diamante más pequeño y de mejor calidad, por ejemplo, en granito se utilizará diamantes de calidad de 90 p.p.q. En formaciones blandas, los diamantes grandes penetran con mayor profundidad en la roca,

resultando un avance más efectivo que con diamantes pequeños.

Por el contrario, en formaciones duras, los diamantes pequeños no pueden profundizar tanto en la roca. Si se usan diamantes excesivamente grandes para formaciones duras, la fuerza ejercida sobre cada diamante se hace demasiado elevada dando lugar a la fractura.

b) Influencia de la Matriz en el Rendimiento: La matriz es el soporte metálico donde se encuentra embebidos los diamantes a través de todo su volumen, sirviendo de soporte a éstos, mientras mantienen capacidad cortante. La composición de la matriz es quizás el factor más importante en el rendimiento dela broca.

   El diseño o formulación de la matriz tiene como objetivo que exista una relación directa entre el desgaste del metal de la matriz con la abrasividad de la roca; de manera que a medida que los diamantes se vayan gastando, se expongan otros nuevos. (Brocas de tipo impregnado).

c) Forma geométrica del frente de la broca: Las brocas de paredes gruesas tienen normalmente un perfil escalonado; cinco escalones son utilizados con bastante frecuencia para conseguir una mayor penetración y sondeos más rectos, especialmente en formaciones duras en ciertas formaciones blandas existe el riesgo de que el agua de barrido pueda dañar el testigo. Para evitarlo se usa la broca de descarga frontal, donde el agua de barrido pasa a través del frente de la broca sin tocar el testigo.

Figura Nº 13.
Corona sacatestigos con diamantes insertados.

2.3.3.2.- Brocas con diamantes impregnados:

Están hechos de la misma manera que un esmeril de diamante con miles de agudas partículas de diamantes ligados en la matriz de la cabeza de la broca. Con la elección correcta de la matriz y los parámetros de perforación (velocidad de rotación y fuerza de empuje) la broca se auto-afila, consiguiéndose una penetración más o menos constante durante la vida útil de la broca.

Utilizándose correctamente la broca, se obtiene el auto-afilado, produciéndose desgaste simultaneo de matriz y diamantes, con lo que constantemente son expuestos nuevos diamantes en la superficie de corte.

Para cada combinación de broca y formación de roca hay un campo de ajuste de la fuerza de empuje de perforación, que facilita el auto-afilado sin causar excesivo desgaste. Este campo de ajuste se reduce cuando se aplican fuerzas de empuje excesivas ya que una fuerza de empuje demasiado baja puede dar lugar a que los

diamantes se pulan y si por el contrario es demasiado alta puede dar lugar a un sobrecalentamiento. Las características de una broca de impregnación dependen el tipo de diamante, de la matriz y del fundente entre los diamantes y la matriz.

Las ventajas de utilizar una broca de impregnación son los siguientes:

- Se necesita menor cantidad de brocas, cuando se perfora en formaciones duras o fracturadas, que los de inserción.
- No se hace necesario recuperar las brocas, como en el caso de las insertadas (manejo más fácil).
- Igual régimen de penetración con la misma fuerza de avance, a lo largo de la vida útil de la broca.

Este como norma, permite hacer sondajes más rectos en comparación con las brocas de diamantes insertados.

Como normas prácticas dadas por la experiencia en el uso de brocas, podemos dar las siguientes recomendaciones:

- A formación más dura, broca más blanda.
- A mayor velocidad de rotación, broca más blanda.
- Cuanto más difíciles sean las condiciones, como formaciones fracturadas, abrasivas, maquinas muy potentes, vibraciones, etc. La broca debe ser más dura.
- Para obtener una duración y penetración mayor, se necesita una alta velocidad de rotación con brocas impregnadas, la velocidad no deberá ser menor de 2 m/s (800 RPM para brocas de diámetro A de 46 mm). Una velocidad de hasta 5 m/s (2000 RPM para brocas de diámetro A de 46 mm) puede usarse sin perjudicar la broca.

Un problema frecuente cuando se realiza sondajes con velocidades de rotación altas es que todo el tren es sometido a grandes vibraciones, comunicando éstos a la unidad de fuerza dañando los engranajes del cabezal. Debido a que los tubos de perforación no son totalmente rectos y que al momento de darle rotación; el tren de perforación se “bate” de una forma que produce vibraciones en toda su longitud, originando un desgaste prematuro de la unidad de fuerza como también del mismo tren. Se debe tener cuidado al darle una velocidad de rotación alta.

La mayoría de las brocas están previstas de salidas de agua transversales a su frente, ubicados de forma radial. Son canales que van desde la pared interior a la exterior de la corona de la broca y corresponden al diseño de descarga interna; es decir, que el agua de barrido del detritus pasa por la cara interna de la broca lavando el testigo. En formaciones de roca sana esto no tiene inconvenientes, pero si cuando se quiere recuperar muestras en roca alterada o suelo, por lo que se recurre para estos casos a las brocas de descarga lateral diseñadas para que el agua de barrido no llegue a tener contacto con el testigo. La broca de descarga frontal tiene sus salidas de agua compuestas por una serie de agujeros a través del frente de la corona y matriz.

Estos agujeros son de forma redonda u ovalada, y están diseñados para investigar el contacto del agua de barrido con el testigo, con lo que se evita la erosión de la muestra cuando se perfora en formaciones blandas.

El tipo de broca y su aplicación dependen básicamente del número de perforaciones y el tipo de suelo. Las coronas o brocas son fabricadas con diámetros diferentes, que permiten la perforación de sondeos escalonados, con la finalidad de reducir la vibración de la tubería de perforación, y en rocas fracturadas, evitar el

estrangulamiento de la línea de perforación por agotamiento del revestimiento, a causa del rozamiento con las paredes del sondeo.

Figura Nº 14.
Broca con diamantes impregnados.

2.4. CRITERIOS GENERALES DE SELECCIÓN DE CORONAS

Para la elección de la corona adecuada se recomienda:

A. Las coronas de Christensen se clasifican según el número de Serie, ésta denominación se basa en una descripción de la norma DCDMA, que considera el tipo de terreno o formación a perforar, relacionando la dureza de la roca con el número de Serie de la corona.

   Esto significa que si el terreno es blando, fracturado, abrasivo; la corona apropiada sería una Serie # 1 o # 2. Para la formación dura, la Serie de la corona más alta, Serie # 9 o más.

B. Es importante considerar las velocidades y la potencia de la sonda, para el diámetro y profundidad del pozo a perforar. Si se dispone de un equipo de alta potencia y empuje, se recomienda usar una corona de Serie baja, por el contrario, si se dispone de un equipo de baja potencia, se debe usar coronas de Serie alta.

- Sonda baja potencia: Use número Serie alta
- Sonda alta potencia: Use número Serie baja

C. Es importante obtener la mayor información geológica posible de las condiciones esperadas del terreno, tales como: tipo de roca esperada, dureza de la roca, condiciones del pozo. Es así, que según la condición de la roca se debe considerar:

- Roca dureza baja, grano grueso, fracturada => Use número Serie baja
- Roca dureza alta, grano fino, competente => Use número de Serie alta

D. Relacionando los puntos anteriores es necesario considerar el grado de penetración o avance de la corona, según lo cual se recomienda:

- Penetración baja => Use Serie más alta
- Vida útil corta de la corona => Use Serie más baja

E. SIGLAS:

A. **DCDMA:** Sigla de la “Diamond Code Drill Manufacturies Association”. Una buena interpretación en castellano es “Código de la Asociación de fabricantes de taladros de diamantes”.
B. **Código DCDMA**: Esta codificación es una tabla comparativa que muestra una relación del terreno y que permite asociar a los fabricantes, el tipo de la corona con la correspondiente numeración (Serie) de D.C.D.M.A.

2.5. GUÍA DE SELECCIÓN DE CORONAS SEGÚN TIPO DE ROCA.

A continuación, se presenta la Tabla Nº 1, que relaciona el tipo de roca, las características de la roca y la correspondencia con la corona de serie recomendada.

Tabla Nº 1

Guía de selección de coronas

DCDMA	Característica de la roca	Tipos de roca	Corona Christensen
7	Extremadamente dura y compacta, de grano fino y no abrasiva. La potencia de la sonda debe ser limitada.	Cuarzo, calcedonia, jaspe, riolitas, taconitas, chert, rocas con mineral de fierro.	Serie # 10 Dorada
6	Muy dura y compacta, de grano fino y moderadamente abrasiva. Es una corona de corte muy rápido y capaz de perforar a altas velocidades de penetración.	Dioritas, cuarcitas, taconitas, riolitas.	Serie # 9 Púrpura
5	Dura, de grano fino a medio grueso. Formaciones sólidas a suavemente fracturadas	Andesita, granito, gneiss, esquisto, basalto, gabro, diorita, hematita, pórfido silificado	Serie # 8 Negra 2
4	Moderadamente abrasiva, grano fino a grueso. Formaciones sólidas a suavemente fracturadas.	Pegmatitas, gabro, monzonitas, dolomita, serpentina, pizarra	Serie # 7 Negra 2
3	Abrasiva, de grano medio a grueso. Formación medianamente fracturada. Se comporta bien en formaciones sujetas a cambios en la dureza y abrasividad de la roca	Calcita, conglomerados, areniscas, riolita, talco, pizarra	Serie # 6 Negra 3
2	Abrasiva, grano grueso. Formación fracturada y quebrada.	Arenisca, pegmatitas, taconitas, cuarcitas.	Serie # 4 Gris
1	Extremadamente abrasiva, grano medio a grueso. De blanda a muy dura, altamente fracturada, fallas y derrumbes.	Areniscas, granitos, piedras calizas, cuarcitas	Serie # 2 Roja

2.6. ESCARIADORES

ESCARIADORES INCRUSTADOS

Es un componente tubular del barril sacatestigos, que une la corona al tubo exterior del barril. Sobre este componente se proporciona uno o más anillos, que están compuestos de diamantes y/o franjas de carburo de Tungsteno.

Estos aseguran el mantenimiento del diámetro específico del pozo, a pesar del desgaste que se produzca en la corona sacatestigo. El escariador además sirve como estabilizador.

Figura Nº 15.
El escariador

Los escariadores incrustados pueden emplearse en todo tipo de formaciones rocosas, desde blandas a muy duras, competentes o altamente fracturadas.

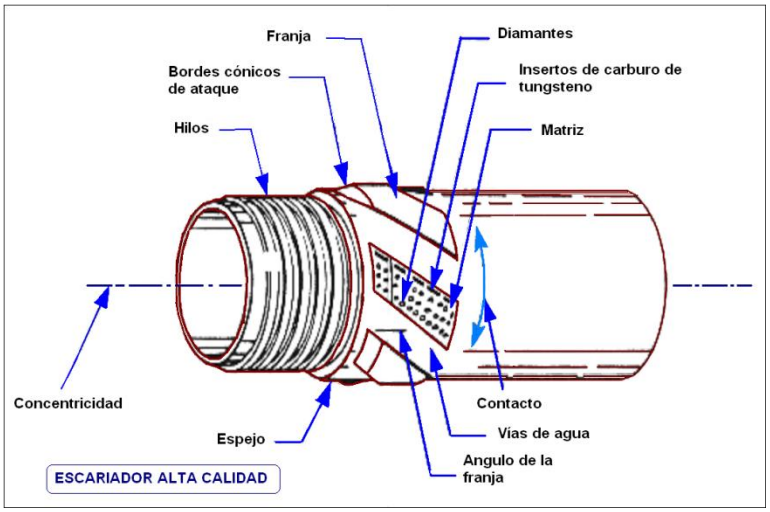


Figura Nº 16.

Partes del Escariador

2.7. ZAPATAS PARA REVESTIMIENTO

Las zapatas o Casing Shoe son usadas para ensanchar o avanzar el casing por una corta distancia en un hueco previamente perforado.

Las zapatas para revestimiento van atornilladas al tren de revestimientos y se usan para penetrar una sobrecarga con el fin de asentar el revestimiento en el lecho de la roca o para prolongar la entubación cuando se coloca revestimiento en un pozo.

2.8. FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Se llama fluido de perforación, lodo, aditivo, agua pesada, al líquido que permite:

1. Enfriar la sonda (barras, coronas, etc.).
2. Elevar los detritos de perforación y sacarlos fuera del pozo.
3. Sostener las paredes del pozo.

El fluido debe ser siempre capaz de depositar una “costra” o “cake” o pasta que reemplace un entubado.

Los fluidos de perforación son habitualmente suspensiones coloidales (gelatinas) en base a arcillas, en las que el agua se presenta bajo las formas siguientes:

- Agua libre entre las partículas.
- Agua adsorbida, es decir, fija rígidamente sobre la superficie de las partículas.
- Agua adsorbida o de solvatación formando parte integral de las partículas y transformándolas más o menos en gelatina.

El agua adsorbida, depende de la superficie total de las partículas y la de solvatación, de su volumen. Por tanto, para una cantidad de agua determinada, el agua de adsorción será tanto más importante cuánto más pequeña sea la dimensión de las partículas.

Por ejemplo, las bentonitas, cuyas partículas en casi su totalidad tienen una medida inferior a una micra, son excelentes para la fabricación de fluidos de perforación.

Figura Nº 17.
Fluidos de perforación.

2.8.1. TIPOS Y APLICACIONES DE FLUIDOS

En la siguiente se muestran las ventajas y desventajas de los fluidos.

Tabla Nº 2

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.

TIPO VISCOSIFICADOR	
USO	**VENTAJA**
✓ En general para perforación diamantina, inhibidor (encapsulador) de arcillas. ✓ Estabilizador de espumas (pozos de agua). ✓ Se usan con bentonitas y arcillas naturales, evitando derrumbes. ✓ Perforación de pozos de agua con corona o tricono normal o reversa. ✓ Remoción rápida de detritos en canaletas y estanques de decantación. ✓ Reducidor de pérdida de fluido en lodos. ✓ Inhibidor de formaciones hidrofílicas	✓ Previene el agrupamiento de detritos en la corona o tricono (arcillas, limos, lavas, etc.). ✓ Mejora la limpieza y estabilidad de pozos. ✓ Mejora la recuperación de testigos. ✓ Lubrica las barras de perforación. ✓ Usar en aguas contaminadas con Ca, Mg y sales naturales. ✓ Mejora las condiciones reológicas del fluido.
TIPO ESPUMANTE	
USO	**VENTAJAS**
✓ Perforación rotatoria con aire y de percusión de pozos de agua y antepozos. ✓ Usar en pozos profundos (> 1000 mts) en donde se esperan grandes influjos de aguas dura o salinas (tratarlas).	✓ Mayor razón de penetración y prolongación de la vida tricono o martillo ya que vida del extraer eficientemente detritos de gran tamaño. ✓ Suspensión de detritos cuando la circulación se detiene. ✓ Mejoramiento en la eficiencia del martillo gracias a la despumación de influjos de agua, lo que reduce la presión hidrostática inversa. ✓ Eliminación de polvo en áreas de trabajo, reduciendo el efecto dañino de la inhalación y de la contaminación de equipos.
TIPO LUBRICANTE	
USO	**VENTAJA**
✓ Lubricación de coronas y barras	✓ Aumenta la velocidad de penetración y los efectos sinérgicos con otros lodos o aditivos. ✓ Prolonga la vida de la corona. ✓ Reduce el desgaste de barras. ✓ Biodegradable y 100% soluble en agua, no altera las muestras ni daña el medio ambiente. ✓ Forma una película lubricante altamente resistente en las barras, coronas y paredes del pozo. ✓ Prolonga la vida de las coronas al reducir la vibración.

TIPO DETERGENTE	
USO	**VENTAJA**
✓ Dispersar arcillas y bentonitas mejorando la homogeneidad. ✓ Enfría y limpia la corona. ✓ Ayuda en la decantación de detritos en lodos. ✓ Evita atrapamientos en sectores arcillosos. ✓ Se usa para soltar pegadas de herramientas o pescas.	✓ Ayuda a formar una pared delgada y firme en presencia de arcillas. ✓ Mejora el enfriado de la corona o tricono y su vida útil. ✓ Aumenta la velocidad de penetración en lodos o formaciones plásticas. ✓ Previene la adherencia de sedimentos al interior de las barras de perforación.
INHIBIDOR	
USO	**VENTAJA**
✓ Para inhibir la expansión de arcillas, esquistos, limos en lodos.	✓ Inhibe efectivamente la adsorción del agua de arcillas, barros, limos y otras formaciones sensibles al agua. ✓ Previene lavados y atrapadas por expansión. ✓ Aumenta la velocidad de penetración. ✓ Mejora la recuperación de testigos.
ADITIVO PERDIDA DE CIRCULACIÓN	
USO	**VENTAJA**
✓ Para taponar y sellar fisuras y grietas en rocas fracturadas o de alta permeabilidad que producen pérdida de lodo. ✓ Para ser agregados en trabajos de cementación a la lechada para darle mayor viscosidad y evitar su fuga total en grietas. ✓ Reduce la resistencia final del cemento haciéndolo menos quebradizo y más fácil de reperforar.	✓ Resultados rápidos y permanentes. ✓ Diseñado para actuar en fisuras pequeñas, las que representan el mayor % de las pérdidas totales. ✓ Mantiene el pozo lleno, reduciendo el riesgo de derrumbes producto de las vibraciones y de la pérdida de presión estática.
ABLANDADOR AGUA	
USO	**VENTAJA**
✓ Para reducir o eliminar la dureza del agua y elevar el pH.	

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 ESTRUCTURA

Las propiedades estructurales del macizo rocoso como planos de estratificación, fracturas, diaclasas y fallas, así como el rumbo y manteo de estas afectan directamente en la linealidad de pozos, a los rendimientos de perforación y a la estabilidad de las paredes del pozo.

CLASIFICACIÓN:

A.- COMPACTO.- Presenta fracturas en tramos de un metro a más.
B.- SEMIFRACTURADO.- Presenta fracturas en tramos de 15 cm. hasta 1 m.
C.- FRACTURADO.- Presenta fracturas en tramos de 5 cm. hasta 15 cm.
D- MUY FRACTURADO.- Presenta fracturas en tramos menores a 5 cm.

3.2. DUREZA

La Dureza se define como la resistencia que opone un mineral a ser rayado por otro, por una lima, por una punta de acero.

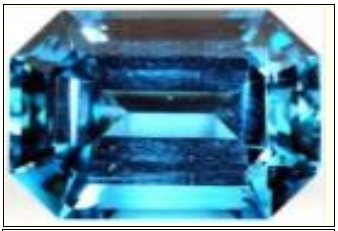
Se ha elegido una escala formada por 10 minerales como término de comparación, conocida como la escala de dureza de Mohs

Se ha de tener cuidado con experimentar sobre una superficie fresca, ya que las partes alteradas son más blandas

Para cada nivel existe un mineral representativo, y muy común, que es capaz de rayar a todos los que tienen asignado un valor menor en la escala. Los minerales que pertenecen a la **escala de Mohs** son los siguientes:

Tabla N° 3
Escala de dureza de Mohs

Dureza Mohs	Mineral representativo	Foto	Descripción	Dureza Geodrill
1	Talco		Los minerales de dureza 1, según esta escala, son suaves al tacto y pueden rayarse fácilmente con la uña.	Suave
2	Yeso		Se rayan con la uña.	Suave

3	**Calcita**		**La punta de una navaja de acero lo raya con facilidad.**	**Media**
4	**Fluorita**		**La punta de una navaja de acero lo raya.**	**Media**
5	**Apatita**		**La punta de una navaja de acero lo raya con dificultad.**	**Media**
6	**Feldespato**		**El canto agudo de un vidrio lo raya, no lo raya la navaja de acero.**	**Duro**
7	**Cuarzo**		**Puede rayar al vidrio común, No lo raya la navaja de acero.**	**Duro**
8	**Topacio**		**Los minerales de dureza 8 o mayor son muy raros, por lo que no se suelen necesitar pruebas de rayado.**	**Duro**
9	**Corindón**		**El corindón deja su marca en todos los demás minerales de la escala, salvo el diamante.**	**Ultraduro**
10	**Diamante**		**La única materia natural que puede rayar a un diamante es otro diamante.**	**Ultraduro**

3.3. ABRASIVIDAD

Los ensayos de abrasión determinan la resistencia al desgaste de la tubería, barel, reaming shell y broca. Dichos ensayos incluyen el desgaste cuando el material de perforación (tubería) está sometida al rozamiento con una roca o minerales abrasivos.

- **Terreno Abrasivo.-** Si se perfora un terreno con una dureza de 6 a 10 según la escala de Mohs o terreno Duro y Ultra duro según la escala Geodrill el detrito producido por el corte de la broca hará que este material se torne abrasivo provocando un desgaste en la tubería y accesorios que están en contacto con la roca.

- **Terreno No Abrasivo.-** Si se perfora un terreno con una dureza de 1 a 5 según la escala de Mohs o terreno Suave y Medio según la escala Geodrill el detrito producido por el corte de la broca no ocasionara desgaste en la tubería o accesorios que están sometidos en contacto con la roca.

Tabla N° 4

Propiedades físicas de las rocas

Estructura del terreno	Dureza Roca	Abrasividad Roca	Descripción tipo de Roca
Compacto	Suave	Abrasivo	Suelo
Semifracturado	Medio	No Abrasivo	Arcilla
Fracturado	Duro		Arcilla-arena
Muy Fracturado	Ultraduro		Arena
			Panizo
Escala de dureza: 1 - 10			Volcánico
Suave: 1 al 2 lo raya la uña			Intrusito
Medio: 3 al 5 lo raya la navaja de acero			Arenisca
Duro: 6 al 8 no lo raya la navaja de acero			Silicificado
Ultraduro: 9 al 10 no lo raya la navaja de			Zona de veta
acero y es muy frágil			Relleno detrítico

3.4. RESISTENCIA

Se entiende por resistencia mecánica de una roca a la propiedad de oponerse a su destrucción bajo una carga externa, estática o dinámica.

Las rocas presentan su mayor resistencia a rotura por compresión; comúnmente, la resistencia a la tracción varía entre un 10 y 15% de la resistencia a la compresión. Esto se debe fundamentalmente a la fragilidad que presentan las rocas, a la gran cantidad de estructuras locales y a la pequeña cohesión entre las partículas.

3.5. CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE ROCA

Las rocas se pueden clasificar en tres diferentes grupos los cuales son:

- **Rocas ígneas:** (la palabra ígnea viene del latín ignis que significa fuego) estas rocas se forman por la cristalización o enfriamiento del magma.
- **Rocas sedimentarias:** Se forman por el endurecimiento o litificación de sedimentos acumulados en diferentes medios y a través de procesos diversos
- **Rocas metamórficas:** (del griego meta que significa cambio, y morphe que significa forma; lo cual significa cambio de forma)

IGNEA **SEDIMENTARIA** **METAMORFICA**

3.6. DEFINICIONES DE TIPO DE ROCAS

► SUELO

Capa superficial de espesor variable, no compactada, originada por la acción de la atmósfera (meteorización) y de los seres vivos sobre la roca madre. En la composición del suelo se distingue un componente vivo (microorganismos, animales y vegetales) y uno no vivo con una fracción orgánica (humus) y una inorgánica o mineral (agua, sales, silicatos, etc.). En un corte vertical o perfil del suelo se distinguen capas u horizontes del suelo.

► ARCILLA

Roca sedimentaria natural procedente de la descomposición (durante millones de años) de las rocas feldespáticas, de origen ígneo como el granito.

Constituida por agregados de silicatos de aluminio, que procede de la descomposición de minerales de aluminio, de color blanca cuando es pura y con coloraciones diversas según las impurezas que contiene. Está constituida por partículas de granulometría inferior a las 2 micras, siendo los principales minerales arcillosos la kaolinita, la illita y la montmorillonita (bentonita). La importancia geomorfológica de la arcilla radica en su capacidad de absorber agua, lo que le permite adquirir con facilidad un estado plástico.

► ARENA

Roca sedimentaría detrítica no consolidada del grupo de las arenitas, constituida por partículas sueltas que no han sufrido compactación. El tamaño de estas partículas oscila entre 0,05 y 2 mm.

Al origen de la roca precede un transporte, generalmente fluvial (transportado por agua) o eólico (transportado por viento), salvo en el caso de las arenas residuales formadas en el mismo lugar en que se produce la meteorización de la roca madre.

► **PANIZO**

Arcilla de color plomizo que se origina entre fallas geológicas, este tipo de arcillas son originadas por el rozamiento de dos grandes bloques de rocas y en algunos casos presentan detritos.

► **VOLCÁNICO**

Las rocas volcánicas se forman cuando la roca derretida se enfría y se solidifica. A la roca derretida se le llama lava cuando está sobre la superficie.

Algunas veces el magma es empujado, a través de grietas, hacia la superficie de la Tierra. Se enfría y se convierte en roca volcánica. El basalto es el tipo de roca volcánica más común. Es el tipo de roca que cubre casi todo el piso de los océanos.

Existen rocas volcánicas llamadas riolitas, andesitas, traquitas, dioritas, riodacitas, piedra pómez, sillares, etc.

► **INTRUSIVO**

Las rocas ígneas (del latín igneus) o magmáticas se forman a partir de la solidificación de un fundido silicatado o magma. La solidificación del magma y su consiguiente cristalización puede tener lugar en el interior de la corteza, tanto en zonas profundas como superficiales.

Si la cristalización tiene lugar en una zona profunda de la corteza a las rocas así formadas se les denominan rocas intrusivas o plutónicas (de Plutón, el dios del mundo inferior en la mitología clásica)

Para las rocas intrusivas se toma los siguientes nombres:

Granito, granodiorita, diorita, monzonita, pórfido feldespatico, cienita, etc.

► **ARENISCA**

La arenisca es una roca sedimentaria, de color variable, que contiene clastos de tamaño arena. Después de la **lutita**, es la roca sedimentaria más abundante y constituye cerca del 20% de ellas.

Los granos son gruesos, finos o medianos, bien redondeados; de textura detrítica o plástica. El cuarzo es el mineral que forma la **arenisca cuarzosa**, pero las areniscas interesantes pueden estar constituidas totalmente de yeso o de coral. Las arenas verdes o **areniscas glauconíticas** contienen alto porcentaje del mineral **glauconita**. **La arcosa** es una variedad de arenisca en la que el feldespato es el mineral dominante además del cuarzo, tenemos **la caliza** detrítica del tamaño de la arena.

El color varía de blanco, en el caso de las areniscas constituidas virtualmente por cuarzo puro, a casi negro, en el caso de las areniscas ferro-magnesianas.

Las areniscas figuran entre las rocas consolidadas más porosas, aunque ciertas cuarcitas sedimentarias pueden tener menos de 1% de espacios vacíos. Según el tamaño y la disposición de los espacios vacíos o poros, las areniscas muestran diversos grados de permeabilidad.

► **SILICIFICADO (METAMORFICO)**

Las rocas metamórficas son el resultado de la transformación de una roca (protolito) como resultado de la adaptación a unas nuevas condiciones ambientales que son diferentes de las existentes durante el periodo de formación de la roca premetamórfica. La modificación del protolito tiene lugar esencialmente en estado sólido (s.l.), y consiste en recristalizaciones, reacciones entre minerales, cambios estructurales, transformaciones polimórficas, etc., asistidas por una fase fluida intergranular. Los factores que desencadenan el proceso metamórfico son los cambios de temperatura y presión, así como la presencia de fluidos químicamente activos.

► **PIZARRA**

Roca de grano muy fino, con minerales planares abundantes. Las pizarras son propias de metamorfismo de bajo grado (protolito: rocas detríticas de grano fino).

► **ESQUISTO**

Roca de grano grueso que contiene más de un 20% de minerales planares. Es una roca característica del metamorfismo de grado medio (protolito: varios tipos de rocas detríticas y volcánicas). En función del mineral índice que presente, podemos establecer: esquistos biotíticos, esquistos con cloritoide, esquistos con estaurolita, esquistos anfíbólicos (esquistos verdes), esquistos granatíferos, etc.

► **GNEIS**

Roca de grano grueso, que presenta minerales alargados y granulares en las bandas claras y planares en las oscuras. Es propia del metamorfismo

de alto grado (protolito: granitos --> ortogneis, ortogneise glandularres; rocas sedimentarias -- paragneis).

► **MÁRMOL**

Roca metamórfica de grano grueso, compuesta por granos de calcita. Esta roca proviene del metamorfismo de calizas o dolomías. Las impurezas pueden darle diferentes coloraciones.

► **CUARCITA**

Roca metamórfica compuesta por granos de cuarzo, que proviene del metamorfismo de areniscas ricas en cuarzo. En algunos casos, las estructuras sedimentarias de las areniscas se conservan dando lugar a bandeados.

► **CORNEANAS**

Son rocas que han sufrido metamorfismo de contacto y no tienen fábrica planar, pero si minerales índice desarrollados en mayor o menor grado.

► **ZONA DE VETA**

Estructura tabular mineralizada, está constituida generalmente de cuarzo y minerales económicos (Oro, plata, zinc, cobre, plomo, molibdeno, etc.)

► **RELLENO DETRITICO**

Son tramos o estructuras tabulares que inicialmente fueron vetas ya extraídas y que luego fueron rellenadas con detritos, estos detritos son sueltos muy parecidos a las arenas sueltas.

CAPITULO IV

SELECCIÓN DE CORONAS IMPREGNADAS

4.1. SERIES DE CORONAS SACATESTIGO IMPREGNADAS

Las coronas sacatestigo impregnadas originales de Boart Longyear fueron introducidas al mercado en 1979.

La simple gama de tres productos y con códigos de color fue aceptada prontamente como estándar para la industria de los sondajes.

En forma progresiva, desde esa fecha, Boart Longyear ha introducido nuevas matrices, materiales diamantados y técnicas de fabricación para crear una gama nueva y mejorada de productos: las coronas impregnadas de SERIE. Las coronas de SERIE están codificadas numéricamente del 1 al 10 para eliminar la confusión causada por las coronas codificadas por color, ofrecidas por otros fabricantes.

Como simple guía, mientras más duro es el tipo de roca, mayor es la serie que debe utilizarse. Debe tenerse en cuenta, no obstante, que muchos otros factores afectan la selección y empleo de una corona de serie.

El desarrollo de productos y el mejoramiento de los productos existentes constituyen un proceso continuo en Boart Longyear. Por esto nuestros clientes pueden esperar que aparezcan de cuando en cuando nuevos productos de serie y observar la mejora en el rendimiento de las coronas de serie ya existentes. El concepto de la serie 10 para las rocas más duras y de la serie 1 y 2 para las formaciones abrasivas más blandas continuará aplicándose.

La adición de un signo alfa después del Nº de serie indica una herramienta alternativa para utilizarse en las mismas condiciones en que se aplicaría la corona de serie básica.

SERIE 1

- Para formaciones extremadamente abrasivas y fracturadas • Debe utilizarse en sondas muy potentes, con alto torque y alta capacidad de empuje.

SERIE 2

- Para formaciones abrasivas y/o muy fracturadas.
- Una corona durable, versátil y de uso general para el empleo en todos los tipos de sondas con la potencia adecuada.
- Se pueden emplear pesos sobre la corona más altos que los recomendados en las tablas, sin riesgo serio de un desgaste excesivo de ésta.

SERIE 4

- Para formaciones competentes, abrasivas y de dureza media.
- Se recomienda sólo para sondas de baja potencia.
- Pesos sobre la corona mayores que aquellos recomendados reducirán enormemente la vida útil de la corona.

SERIE 6

- Para formaciones de dureza media a duras.
- Se comporta excepcionalmente bien en formaciones que están sujetas a cambios en la dureza de la roca y abrasividad.
- Una corona versátil con una buena vida útil y con una velocidad de penetración superior al promedio.

SERIE 7

- Para formaciones fracturadas, moderadamente abrasivas y medianamente duras.
- Corona resistente de rápida penetración y corte relativamente rápido.

SERIE 8

- Corona suave, de corte rápido para formaciones duras.
- Proporciona excelentes velocidades de penetración y casi nunca requiere afilado.

SERIE 9

- Corona de corte muy rápido, con una muy buena vida útil en formaciones moderadamente abrasivas y competentes duras a muy duras.
- Capaz de perforar a altas velocidades de penetración en una amplia variedad de condiciones de terreno.

SERIE 10

- Recomendada para formaciones pulidas muy duras a ultra duras.
- Esta corona puede utilizarse en diversas formaciones con sondas de potencia limitada.
- Esta corona puede utilizarse con buenos resultados en otras formaciones no abrasivas.

4.2. SELECCIÓN DEL PRODUCTO

La selección de la corona de serie correcta para el trabajo, no están difícil como parece. Sólo determine la velocidad y la potencia de su sonda para el tamaño y profundidad de los pozos que se van a perforar, y obtenga la mayor información posible respecto de los tipos de roca esperados y las condiciones en el fondo del pozo; luego siga las pautas que se indican más adelante.

En el cuadro de la página 10 se proporciona una conveniente guía condensada para seleccionar la mejor corona que se adecua a la dureza de roca esperada.

La gama de coronas impregnadas de serie de Boart Longyear se fabrica en tamaños que se adaptan a los barriles sacatestigos de Boart Longyear y de la competencia, y para ajustarse a necesidades de sobre medida y bajo medida.

Boart Longyear reconoce que las condiciones de perforación a menudo son difíciles en donde las formaciones cambian repetidamente en un intervalo de perforación muy corto. En tales circunstancias, se recomienda la corona de serie menor que cortará la más dura de las formaciones esperadas. Se debe tener cuidado para restringir las velocidades de penetración en cualquier roca abrasiva que se encuentre, con el fin de proteger la corona de un desgaste excesivo. No obstante, si la desviación del pozo se transforma en problema, una corona de serie mayor, combinada con velocidades de penetración reducidas, puede contribuir a ponerla bajo control.

En ciertos casos, especialmente en condiciones de terreno fracturado, se debe desarrollar un programa con lodo para mantener la estabilidad del pozo.

4.3. SELECCIÓN DE LAS CORONAS IMPREGNADAS

Para roca fracturada o de grano grueso, seleccione un número de SERIE menor. Se recomienda productos incrustados para algunas formaciones blandas. En las siguientes figuras se muestran la secuencia para la selección de las coronas.

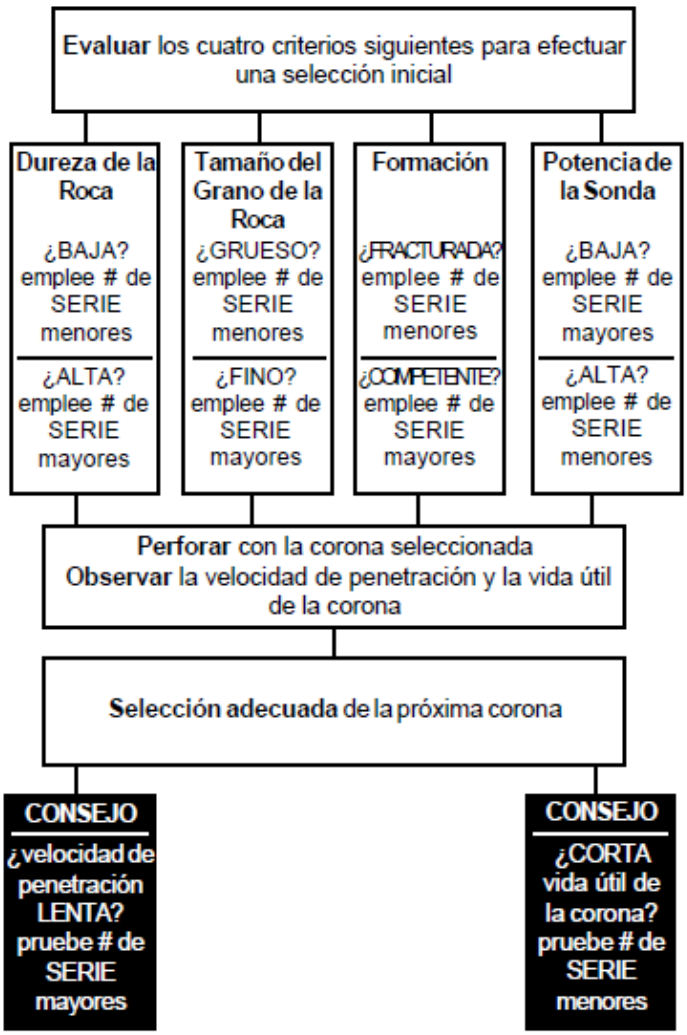


Figura Nº 18.

Selección de coronas impregnadas

Fuente: Manual Boart Longyear.

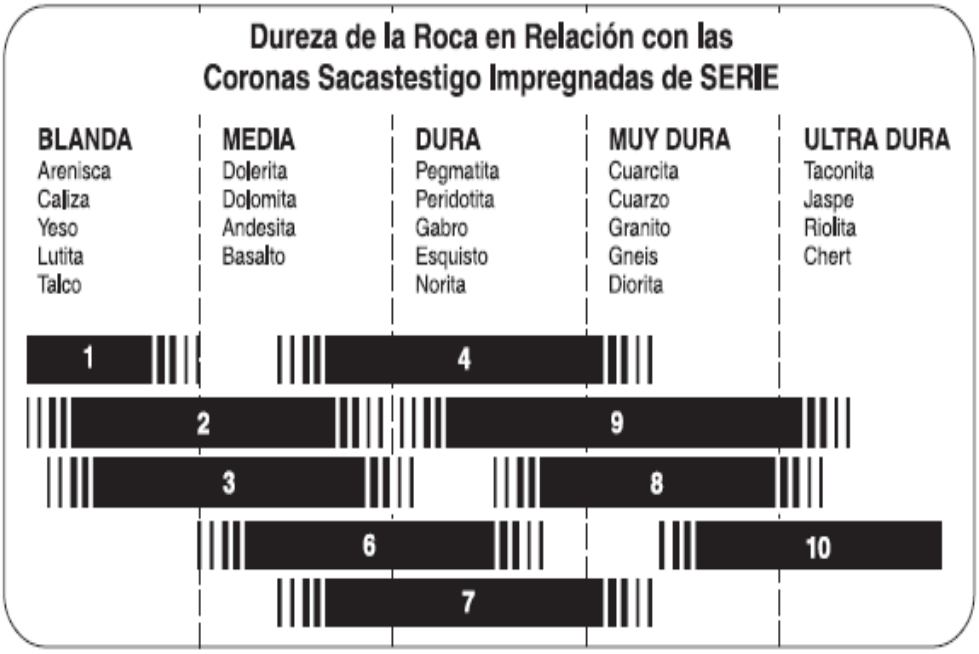


Figura Nº 19.

Relación dureza de roca y serie de las coronas.

Fuente: Manual Boart Longyear.

4.4. PAUTAS DE PERFORACIÓN

En esta sección se proporcionan algunas pautas que puedan ayudar a conseguir que las coronas pertenecientes a la serie Boart Longyear trabajen mejor, de acuerdo al sistema, volumen del fluido y la velocidad.

En la Tabla Nº 5, se muestra una conveniente referencia condensada para la selección de las pautas de perforación adecuadas para las coronas impregnadas.

Tabla Nº 5

Pautas para la perforación con coronas impregnadas.

SISTEMA	RANGO DEL VOLUMEN DE FLUIDO gpm	l/min	VELOCIDAD DE ROTACIÓN (rpm)
LTK 46	2,5 - 3,5	10 - 13	2300 1400 1000
LTK 48	2,5 - 4	11 - 20	2000 1500 900
AQ/AQTK	3 - 5	11 - 15	2000 1200 850
BQ/BQTK	6 - 8	23 - 30	1700 1000 700
NQ NQ-3 CHD 76	8 - 10	30 - 38	1350 800 550
HQ HQ-3 CHD 101	10 - 12	38 - 45	1000 600 400
PQ PQ-3 CHD 134	18 - 23	68 - 87	800 500 350

Fuente: Manual Boart Longyear.

4.5. VELOCIDADES DE ROTACIÓN

Cuando se están empleando coronas incrustadas, la mayoría de los perforistas adopta la práctica de escoger la velocidad de rotación (rpm) y el peso sobre la corona que ellos desean emplear y luego regulan la palanca de avance fino para mantener este peso particular a medida que varía ligeramente la formación.

Como norma, las coronas diamantadas impregnadas requieren velocidades de rotación mayores para lograr velocidades de penetración comparables con aquellas de las coronas incrustadas. Esto es simplemente debido a que la exposición del diamante (prominencia del

diamante) es menor con una corona impregnada; por lo tanto, la penetración por revolución es menor.

Con las coronas impregnadas, Boart Longyear recomienda un enfoque bastante distinto en el que las velocidades de penetración están controladas dentro de un rango muy estrecho para una determinada velocidad de rotación (rpm) y el peso sobre la corona es de importancia secundaria. Este procedimiento se conoce como método de perforación rpi (r/cm).

El índice de rpi (revoluciones de la corona por pulgada de penetración) o r/cm (revoluciones por cm de penetración) constituye el cálculo más importante para lograr la máxima vida útil de la corona, bajos costos y una máxima productividad.

Para calcular el índice de rpi (r/cm), divida la velocidad de rotación (rpm) de la corona por la velocidad de penetración. Es decir, 800 rpm dividido por 4 pulg/min = 200 rpi, u (800 rpm dividido por 10 cm/min = 80 r/cm).

EL RANGO ACONSEJADO ES DE 200 - 250 rpi (80 - 100 r/cm)

Siempre que trabaje dentro de esta norma y la corona de serie seleccionada corresponde a la formación, la perforación debería progresar sin dificultades y la corona se desgastará a un ritmo más o menos constante durante toda su vida útil.

Si el índice de rpi (r/cm) se encuentra bajo el mínimo recomendado de 200 (80), se producirá un desgaste excesivo de manera que usted deberá o aumentar las rpm o disminuir la velocidad de penetración, mediante la reducción del peso sobre la corona. Si las condiciones de terreno o las limitaciones de la sonda le impiden efectuar estos ajustes, cambie a una corona de serie menor, por ejemplo: de una serie 9 a una serie 7.

Si el índice de rpi (r/cm) es muy superior al máximo recomendado de 250 (100), la corona se puede “pulir”, de manera que usted debe reducir las rpm o aumentar la velocidad de penetración, aumentando el peso sobre la corona. Si las rpm o el peso no pueden ser modificados, cambie a una corona de serie mayor, por ejemplo: de una serie 2 a una serie 6.

“Pulido”, “glaseado” y “vitrificado” son términos empleados comúnmente para describir una condición en la que la cara de la corona adquiere una textura metálica y no sobresalen puntas de diamante desde la matriz que puedan cortar la roca.

La penetración virtualmente cesa y se hace necesario afilar la corona en el pozo o, en otros términos, re exponer nuevamente el diamante. Es de suma importancia, para evitar el pulido, que el perforista MANTENGA LA CORONA CORTANDO.

4.6. PESO SOBRE LA CORONA

Aunque anteriormente hemos establecido que el peso sobre la corona es sólo de importancia secundaria cuando se está perforando con coronas impregnadas, estamos conscientes de que puede transformarse en un factor importante en algunas circunstancias, especialmente cuando se está alcanzando el límite de las herramientas dentro del pozo para soportar empujes elevados, o cuando el control de la desviación es de primordial importancia.

En tales casos, se sugiere emplear una corona de serie mayor a la normalmente recomendada, teniendo cuidado con las velocidades de penetración. Esto tenderá a disminuir la desviación o los problemas con el equipo dentro del pozo, con costos en coronas de serie mayores.

Si se requieren cargas muy elevadas sobre la corona para cortar la roca, seleccione un rango de serie mayor. Esto normalmente dará por resultado

que se requerirán pesos más bajos sobre la corona mientras se mantienen velocidades de penetración aceptables.

Los pesos sobre la corona indicados en la Tabla Nº 6, están destinados simplemente a indicar el rango de pesos considerados normales para un tamaño determinado de barril sacatestigos. Si sobrepasa el peso máximo indicado, puede esperar que surja desviación, desgaste excesivo de los barriles sacatestigos y de las barras e incluso fallas dentro del pozo.

Tabla Nº 6

Velocidades y peso sobre la corona.

VELOCIDADES DE PENETRACIÓN pulg/min		cm/min		RANGO INDICATIVO DELPESOSOBRE LA CORONA	
200 rpi	250 rpi	80 r/cm	100 r/cm	lb	kN
11,5	9,2	29	23		
7	5,6	18	14	1.000-3.000	5-13
5	4	13	10		
11	8,8	28	22		
7,5	6	19	15	1.900-3.100	8-14
4,5	3,6	11	9		
10	8	25	20		
6	4,8	15	12	2.000-5.000	9-23
4,25	3,4	11	9		
8,5	6,8	22	17		
5	4	13	10	2.000-5.000	9-23
3,5	2,8	9	7		
6,75	5,4	17	14		
4	3,2	10	8	3.000-6.000	14-27
2,75	2,2	7	6		
5	4	13	10		
3	2,4	8	6	4.000-8.000	18-36
2	1,6	5	4		
4	3,2	10	8		
2,5	2	6	5	5.000-10.000	23-45
1,75	1,4	4	4		

Fuente: Manual Boart Longyear.

El peso sobre la corona puede medirse en las sondas Boart Longyear convencionales mediante el empleo del método de presión diferencial.

4.6.1. MÉTODO DE PRESIÓN DIFERENCIAL

El peso de las barras y la presión desarrollada por los cilindros hidráulicos proporciona el peso ejercido sobre la corona diamantada mientras se perfora. Es difícil medir esta presión directamente, pero puede determinarse fácilmente mediante el siguiente método de presión diferencial:

1) Suspenda las barras con el cabezal hidráulico, cierre la válvula de control de avance y coloque la válvula de cuatro pasos en la posición más baja.
2) Con el motor de la sonda funcionando en vacío rápidamente, observe la lectura en el manómetro hidráulico. Esta es aproximadamente igual a la presión de la bomba hidráulica más el peso de las barras en términos de presión hidráulica.
3) Gire las barras y avánceles hacia abajo abriendo la válvula de avance. Cuando la corona toca el fondo, parte del peso de las barras se cargará sobre la corona. Esta acción es indicada por una reducción en la lectura del manómetro. La diferencia en las lecturas del manómetro se denomina “Presión Diferencial”. La válvula de cuatro pasos debe encontrarse en la posición más baja y el motor en aproximadamente la misma velocidad que en la parte (1).
4) La “Presión Diferencial” multiplicada por el área de los cilindros hidráulicos dará la presión sobre la corona diamantada.

4.7 FLUJO DE FLUIDO

La regulación de la salida de la bomba de lodo mediante un medidor de flujo de agua, puede ser una técnica útil para ayudar a la perforación de formaciones silíceas muy duras. Si, cuando se está empezando a bombear el volumen máximo de fluido recomendado, surge la necesidad de afilar la corona, la salida de la bomba debe reducirse al valor menor

recomendado en el cuadro siguiente. Esto ayudará a que se acumule una pequeña cantidad de detritus en la cara de la corona lo que, a su vez, desgastará la matriz. Si el pulido o la necesidad de afilar la corona continúa, se debe realizar un cambio de corona a la corona de serie mayor más próxima (es decir, de serie 6 a una serie 7).

A los clientes se les recomienda usar aceites solubles o fluidos lubricantes con las coronas impregnadas de la serie, sólo en formaciones de roca dura.

4.8. PERFORACIÓN PARA CORONAS IMPREGNADAS

Las coronas impregnadas cuando son retiradas desde el pozo, y su posterior evaluación del mismo no ayuda a mejorar su operación. Las ilustraciones que se muestran en las Fig. Nº 20, 21, 22 y 23, nos ayudarán a identificar y remediar muchos de los problemas comunes que se presentan en la perforación con coronas impregnadas.

El retiro normal o descarte de una corona impregnada sólo debe realizarse si ésta ha sido totalmente consumida. La mayoría de las coronas impregnadas de la serie de Boart Longyear poseen vías de agua profundas para permitir que la corona sea completamente consumida. El primer indicador de que la corona está aproximándose a su retiro normal, es un aumento o pulsación de la presión de la bomba debido a la disminución de la profundidad de las vías de agua.

Idealmente, una corona impregnada perforará en forma constante, con un desgaste simultáneo de la matriz y los diamantes.

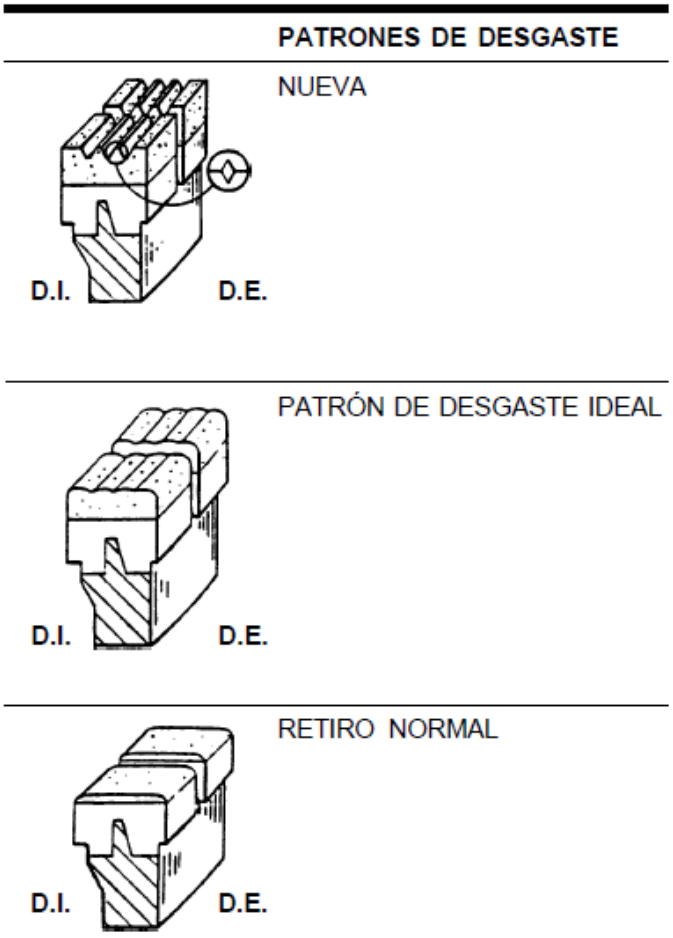


Figura Nº 20.

Patrones de desgaste

Fuente: Manual Boart Longyear.

Según la Fig. Nº 20, se recomienda el empleo de un medidor de flujo de agua para verificar el flujo mientras se está perforando y el empleo de calibres de anillo para verificar el desgaste de la corona y el escariador.

El patrón de desgaste de la cara de una corona impregnada debe ser relativamente plano con los bordes levemente achaflanados.

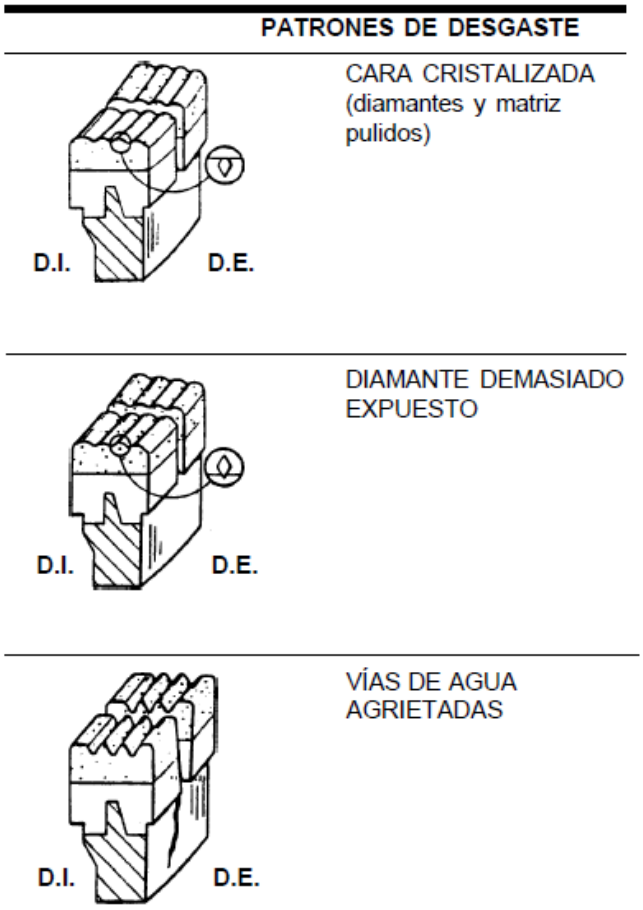


Figura Nº 21.

Patrones de desgaste

Fuente: Manual Boart Longyear.

De la Fig. Nº 21, se recomienda el empleo de un medidor de flujo de agua para verificar el flujo mientras se está perforando y el empleo de calibres de anillo para verificar el desgaste de la corona y el escariador.

Limpie la cara con un chorro de arena o emplee otros métodos recomendados para exponer el diamante. Intente de nuevo con el método rpi (r/cm) en el rango de 200/250 (80/100). Si la cara se cristaliza repetidamente, cambie a una corona de serie mayor.

La matriz se erosiona antes de que el diamante se haya desgastado lo suficiente, lo que da por resultado una exposición excesiva del diamante y una pérdida prematura de éste con la consiguiente reducción en la vida

útil de la corona. Provocado por sobreavance / sobreperforación. Aumente las rpi (r/cm), o cambie a una corona de SERIE menor.

Peso excesivo sobre la corona; caída de barras; caída libre del tubo interior (wireline) en un pozo seco; corona aplastada por la prensa para barras, prensa de pie o llave para tubos. Perforación en un pozo bajo medida (es decir, que el escariador se encuentra desgastado).

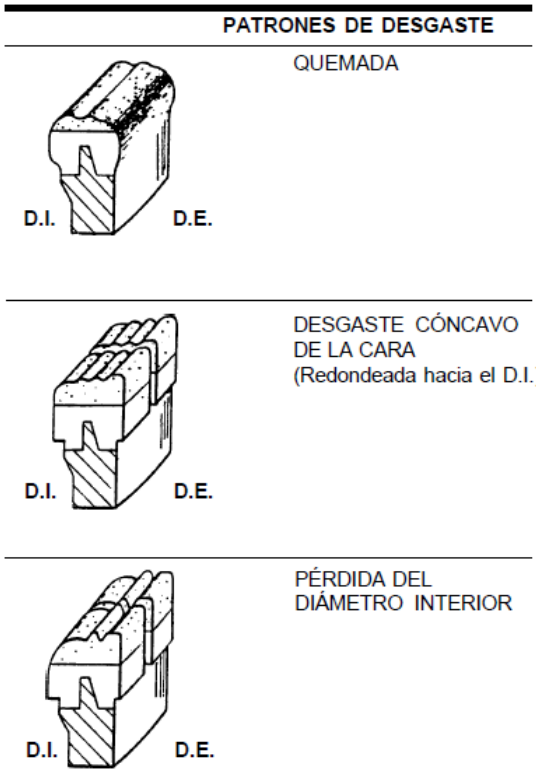


Figura Nº 22.

Patrones de desgaste

Fuente: Manual Boart Longyear.

Sobre la Fig. Nº 22, se recomienda el empleo de un medidor de flujo de agua para verificar el flujo mientras se está perforando y el empleo de calibres de anillo para verificar el desgaste de la corona y el escariador.
Falta de agua. Revise la bomba y el tren de barras para ver si hay fugas y revise el ajuste del tubo interior. Mantenga el flujo adecuado del refrigerante.

A menudo causado por una velocidad de penetración excesiva para las rpm empleadas -rpi (r/cm) demasiado bajas. También puede ser provocado por el desgaste del testigo y por sobre perforación.

Sobre avance: Aumente las rpi (r/cm).

En formaciones fracturadas: Agregue cemento o cambie a una corona de serie menor.

Perforación sobre un testigo perdido: Revise el barril sacatestigos / resorte / portarresorte.

Fluido de perforación insuficiente: Revise el ajuste de la longitud del tubo interior, revise la bomba y el tren de barras por posibles fugas, aumente el caudal de salida de la bomba.

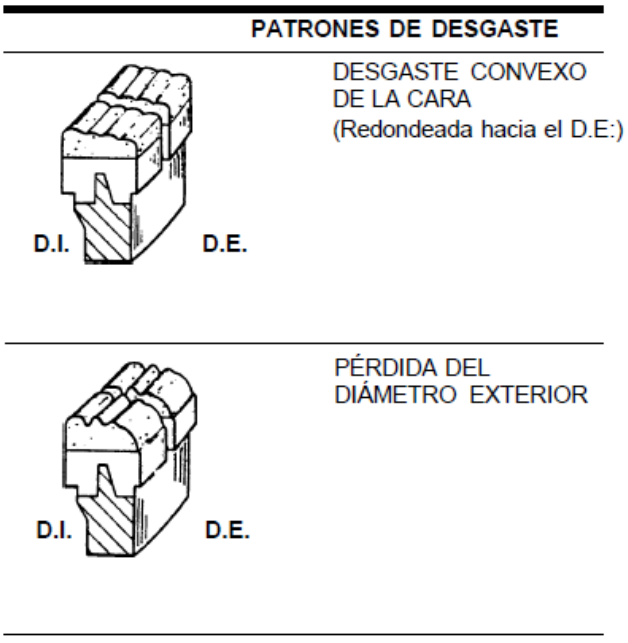


Figura Nº 23.

Patrones de desgaste

Fuente: Manual Boart Longyear.

Sobre la Fig. Nº 23, se recomienda el empleo de un medidor de flujo de agua para verificar el flujo mientras se está perforando y el empleo de calibres de anillo para verificar el desgaste de la corona y el escariador.

Flujo de Agua Insuficiente. Revise la bomba y el tren de barras por posibles fugas, aumente el caudal de salida de la bomba.

Vibración: Varíe las rpm.

Carencia de fluido de circulación: Aumente el flujo del refrigerante.

La corona está escariando un pozo bajo medida: Revise el diámetro exterior del escariador y reemplácelo si es inferior al diámetro nominal.

Revise el anclaje de la máquina.

4.9. MÉTODO DE AFILADO EN EL POZO

Si se ha seleccionado una corona de serie demasiado menor para el tipo de roca o se ha dejado que una corona impregnada disminuya la velocidad y se pula, es necesario afilar la superficie de la matriz para exponer los diamantes.

Normalmente esto puede realizarse mediante la reducción de las rpm del husillo en alrededor de 1/3 - 1/2 (seleccione una marcha menor si cuenta con transmisión) y manteniendo una velocidad de penetración constante. La presión en la corona aumentará hasta que se perfore 1/2 - 1 pulgadas (1 – 2 cm) y luego la presión descenderá rápidamente, señalando que se ha producido el afilado y que la corona está cortando rápidamente de nuevo. Reduzca inmediatamente la presión sobre la corona y aumente las rpms del husillo para adecuarse al rpi (r/cm) correcto. Si es necesario repetir este proceso en forma frecuente, se recomienda que cambie a la próxima SERIE mayor de corona.

4.10. MÉTODO DE AFILADO FUERA DEL POZO

El limpiar la cara de la corona con un chorro de un abrasivo duro devolverá la exposición de los diamantes y permitirá una penetración mayor cuando la corona sea devuelta al pozo.

Sobre los métodos de afilado hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- El afilado debe evitarse en la medida de lo posible debido a que reduce artificialmente la vida de la corona.
- Si la corona tiene que ser afilada repetidamente, reemplácela por una corona de SERIE mayor.
- Por ningún motivo se deben emplear ácidos para afilar las coronas impregnadas de Boart Longyear.
- Cortar el agua mientras se está perforando y esperar a que la corona “muerda” no es recomendado por Boart Longyear como método de afilado.

4.11. GRADOS DE DIAMANTES

Los grados de los diamantes son de una gran gama completa de grados que se adecuan de acuerdo a su aplicación. Boart Longyear es una de las marcas con las que trabaja la empresa, en el cual se tiene una selección del tipo apropiado que se ajuste a sus necesidades. En general, deben considerarse las siguientes pautas de para una correcta selección:

- Los diamantes para perforación naturales, no procesados y de la más alta calidad se utilizan específicamente en coronas sacatestigo para formaciones duras a muy duras. Estos son diamantes de alto costo que poseen un alto grado de recuperación si las coronas se regresan sin daños. Los diamantes para perforación naturales de alto grado se emplean comúnmente en coronas sacatestigos y ciegas y en

herramientas para propósitos específicos tales como escariadores cónicos y abridores de pozos para formaciones duras.

- Los diamantes para perforación procesados de la mejor calidad, son adecuados para coronas sacatestigo para formaciones de dureza media a más blandas. Estos son diamantes de menor costo, adecuados para todas las herramientas de uso general.
- Los diamantes para perforación parcialmente procesados y de costo más bajo se emplean normalmente en herramientas para revestimiento. Estos diamantes son apropiados para coronas sacatestigo para las formaciones más blandas solamente.

4.12. PERFILES DE LA CORONA

El perfil de la cara de la broca o corona es muy importante porque afecta la velocidad de perforación, la desviación del pozo, la vida de la corona y, por último, el costo total por pie o metro perforado.

La amplia variedad de perfiles para coronas incrustadas, que abarca todas las condiciones de perforación más comunes (perfiles diferentes a los mostrados en la tabla siguiente están disponibles sólo ha pedido). Como norma, las coronas multiescalonadas perforan más rápido, pero son menos resistentes en condiciones duras y fracturadas en donde se prefieren los perfiles redondos o semi planos.

Tabla Nº 7

Perfiles de las coronas incrustadas

PERFIL	LETRA	DESCRIPCIÓN
	A	**Completamente redonda**: (Estandarizado por la DCDMA). Incrustación resistente en los diámetros.
	W	**Diámetro exterior redondeado**: (Estandarizado por la DCDMA). Incrustación resistente en los diámetros.
	B	**Semicircular**: (Estandarizado por la DCDMA). El perfil de uso más común en las coronas sin escalones. Resistencia excepcional en formaciones muy duras y fracturadas. Requiere de altos pesos sobre la corona.
		Multiescalonada: (Estandarizado por la DCDMA). Corona muy popular para perforación con wireline-buena penetración y estabilidad en todas las formaciones excepto las muy fracturadas.
	X	**Piloto Angosto, Modificado y Ancho:** Especialmente bueno en la recuperación de testigos en formaciones blandas y friables, en especial cuando se emplea con vías de agua de descarga frontal. Buena estabilidad y baja vibración.
	V	**Escalones en el D.E. / D.I.**: Utilizado en aplicaciones especiales en donde se requiere una perforación estable de pozos rectos.
	M	**Piloto Cónico**: Adecuado en la mayoría de las formaciones. Estable con un D.I. y D.E. resistente.

4.13. VÍAS DE AGUA

Las vías de agua de las coronas incrustadas son normalmente superficiales, con el fin de proporcionar un enfriamiento y barrido parejo a través de la cara.

Se recomiendan descargas frontales cuando se perforan formaciones blandas y friables para minimizar el lavado de la muestra y con el Barril Sacatestigos Q3 (triple tubo) de Boart Longyear. En formaciones duras a extra duras, las vías de agua de la cara se pueden omitir, dejando sólo cursos de agua en el diámetro interior y exterior para forzar más fluido sobre la cara de la corona.

En formaciones abrasivas y fracturadas, el refuerzo de las vías de agua en el borde de ataque con insertos de carburo de tungsteno es a menudo solicitado por los clientes y se recomienda para minimizar el daño de la corona y prolongar la vida útil de ésta.

4.14. TAMAÑO DEL DIAMANTE

Regla Empírica: Mientras más dura es la roca, menor es el tamaño de los diamantes. Los diamantes pequeños no deben ser empleados para perforar formaciones muy fracturadas.

El número de piedras (o diamantes) constituye un factor importante para determinar qué tan bien cortará la corona. Se emplea fórmulas matemáticas para la colocación de los diamantes en la corona, de manera de asegurar el traslape adecuado con un mínimo de diamantes. Esto mantiene el peso en quilates (y el costo inicial de la corona) lo más bajo posible en un diseño equilibrado.

Con el empleo de tecnología metalúrgica avanzada, unida a los años de experiencia en terreno, la empresa proveedora Boart Longyear ha desarrollado una matriz de alto rendimiento, adecuada virtualmente para todas las condiciones comunes de perforación.

Esta matriz es estándar en los productos incrustados de Boart Longyear y proporciona las mejores características de sujeción de los diamantes.

Tabla Nº 8

Medidas estándar de los diamantes.

(en piedras por quilate (PPQ))

RANGO DE DIAMANTE	PROMEDIO DE PPQ	TAMAÑO DEL DIAMANTE	
		pulg.	mm
6 - 10	8	0,098	2,49
10 - 15	12	0,085	2,16
15 - 25	20	0,071	1,80
25 - 35	30	0,063	1,60
35 - 45	40	0,058	1,47
45 - 55	50	0,054	1,37
55 - 70	62	0,048	1,22
70 - 90	80	0,044	1,12
90 - 100	100	0,042	1,07
110 - 130	120	0,040	1,02

Fuente: Manual Boart Longyear.

Tabla Nº 9

Selección de la corona incrustada.

TIPO DE ROCA	CONDICIÓN DE LA ROCA
ULTRA DURA Jaspe Hierro Cuarzo Chert	Todos los tipos
MUY DURA Cuarcita Gneis Granito Riolita Diorita Pórfido	Todos los tipos
DURA Andesita Basalto Gabro Dolerita	Todos los tipos
MEDIANA Dolomita Roca Sedimentaria	Competente
Esquisto Arenisca Pegmatita	Fracturada
BLANDA Lutita Caliza	Competente
Toba Pegmatita	Fracturada
MUY BLANDA Arcilla Yeso Talco Potasio	Todos los tipos

Fuente: Manual Boart Longyear.

Tabla Nº 10

Tamaño del diamante.

TAMAÑO DEL DIAMANTE		PERFIL DE LA CARA
PIEDRAS DE LA CARA	PIEDRAS DE LA ESCALONES	(Tamaño N)*
No Recomendadas Emplee Coronas Impregnadas		
No Recomendadas Emplee Coronas Impregnadas		
No Recomendadas Emplee Coronas Impregnadas		
45/55 PPQ	35/45 PPQ	
35/45 PPQ	25/35 PPQ	A, B, W
25/35 PPQ	15/25 PPQ	A, B, W
15/25 PPQ	10/15 PPQ	B, W
10/15 PPQ	6/10 PPQ	B, W

*El número de escalones se basa en la Corona tamaño N.

Fuente: Manual Boart Longyear.

Tabla Nº 11

Volumen de fluido recomendado para las coronas incrustadas.

CORONAS INCRUSTADAS	gpm	L/min
Corona AQ con Barras AQ	2 - 3	8 - 12
Corona AQTK con Barras AQTK	2 - 3	8 - 12
Corona BQ con Barras BQ	4 - 5	15 - 19
Corona BQTK con Barras BQTK	4 - 5	15 - 19
Corona NQ con Barras NQ o NCQ	5 - 7	19 - 26
Corona HQ con Barras HQ o HCQ	6 - 11	23 - 42
Corona PQ con Barras PQ	10 - 15	38 - 57
Corona Tamaño A con Barras AW	2 - 3	8 - 12
Corona Tamaño B con Barras BW	5 - 7	19 - 26
Corona Tamaño N con Barras NW	6 - 11	23 - 42
Corona Tamaño H con Barras HW	8 - 13	30 - 50
Corona LTK 46 con Barra de 42 mm	2 - 3	8 - 12
Corona CHD 76 con Barra CHD 76	5 - 7	19 - 26
Corona CHD 101 con Barra CHD 101	6 - 11	23 - 42
CHD 134 (diámetro estándar) con Barra CHD 134:	12 - 18	45 - 70
Corona LTK 46 con Barra de 43 mm	2 - 3½	8 - 13
Corona LTK 48 con Barras AWJ, AQ AQTK o AW	2 - 3	8 - 12

Fuente: Manual Boart Longyear.

CONCLUSIONES

1. La evaluación de las coronas impregnadas retiradas desde el pozo nos ayudará a identificar y remediar muchos de los problemas comunes que se presentan en terreno.
2. El retiro normal o por descarte de una corona impregnada sólo debe realizarse si ésta ha sido totalmente consumida.
3. Tener en cuenta las diferentes características de la roca que se perfora como punto de inicio de una perforación óptima. Mientras más dura es la roca, menor es el tamaño de los diamantes. Los diamantes pequeños no deben ser empleados para perforar formaciones muy fracturadas.
4. El afilado de las coronas debe evitarse en la medida de lo posible debido a que reduce artificialmente la vida de la corona. Si la corona tiene que ser afilada repetidamente, reemplácela por una corona de serie mayor. Por ningún motivo se deben emplear ácidos para afilar las coronas impregnadas.
5. Usar un medidor de flujo de agua para verificar el flujo mientras se está perforando y el empleo de calibres de anillo para verificar el desgaste de la corona y el escariador.
6. Las coronas diamantadas impregnadas requieren velocidades de rotación mayores para lograr velocidades de penetración comparables con aquellas de las coronas incrustadas. Esto es simplemente debido a que la exposición del diamante (prominencia del diamante) es menor con una corona impregnada; por lo tanto, la penetración por revolución es menor.
7. El rango aconsejado es de 200 - 250 rpi (80 - 100 r/cm), siempre que trabaje dentro de esta norma y la corona de serie seleccionada corresponde a la formación, la perforación debería progresar sin dificultades y la corona se desgastará a un ritmo más o menos constante durante toda su vida útil.

8. El peso sobre la corona es un factor muy importante cuando se está perforando con coronas impregnadas, cuando se está alcanzando el límite de las herramientas dentro del pozo para soportar empujes elevados, por lo que se debe usar una corona de serie mayor a la normalmente recomendada. Teniendo cuidado con las velocidades de penetración.
9. Si se requieren cargas muy elevadas sobre la corona para cortar la roca, seleccione un rango de serie mayor. Esto normalmente dará por resultado que se requerirán pesos más bajos sobre la corona mientras se mantienen velocidades de penetración aceptables.
10. Para seleccionar una broca se debe tener en cuenta lo siguiente: abrasividad, dureza, estabilidad y grado de fracturamiento, datos técnicos de la perforadora y experiencia del operador.
11. Los patrones de desgaste de la broca dan indicativos respecto al avance de la perforación y el control apropiado de los diferentes parámetros, siendo relevantes la velocidad de perforación en RPM, el peso sobre la corona, la selección apropiada de la broca y la utilización correcta de los lodos de perforación.
12. Los lodos de perforación son un componente esencial en la tecnología y requiere un conocimiento preciso del comportamiento de materiales no metálicos como bentonita, baritina, aditivos y regulaciones de pH, densidad, viscosidad, tixotropía, contenido de arena.

RECOMENDACIONES

1. Revisar constantemente el buen funcionamiento de la bomba que inyecta el fluido de perforación, el succionador o “chupón”, manómetro, etc.

2. Tener muy en cuenta la necesidad de utilizar procedimientos operativos en armonía con la protección del medio ambiente y de respeto a las comunidades vinculadas directamente con el área de operaciones.

3. Implementación de un laboratorio de control de calidad para la fabricación de brocas diamantadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Based IMC group Consulting Limited, dated 21 May 2008.
2. BURNS, Robert. “Production Presses and Tooling”. ASM Hand Book. Vol 7. “Powder Metallurgy”. ASM International. The Materials Information Society. 5th ed. 1993. USA.
3. CEMAL BIRON ERGIN ARIOGLU. Diseño de Andenes en Minas. 1RA Edición. Editorial Limusa. México - 1997.
4. CALLISTER, William D. Materials Science and Engineering, an Introduction. 5th ed. John Wiley & Sons, Inc. USA. 2000.
5. Corporation by Nicholas Appleyard. Anthony Brown and Mark Cannuli dated 9 October 2008.
6. HOEK AND BROWN. Excavaciones Subterráneas en Roca. Editorial Mc Graw Hill. Nueva York – 1990.
7. INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Manual de Evaluación Técnico Económica de Proyectos Mineros de Inversión. Madrid - 1997.
8. Manual de Seguridad - Sistema Integrado SIB. Compañía de Minas Buenaventura – 2010.
9. Manual de Sistema Integrado de Gestión SIG- HM- DNV. Corporation Hochschild Minig – 2011.
10. Manual Para Terreno Productos Diamantados. Boart Longyear – 2018.
11. Programa de Seguridad – Proyectos. GEODRILL S.A.C Arequipa – 2011.
12. Reserve Report by Hochschild dated 23 march - 2009.
13. Reglamento de Seguridad e Higiene Minera D.S. 055-2010-EM. Ministerio Energía y Minas – Perú 2010.
14. Technical Report on the Pallancata Mine, Peru Prepared on Behalf of International Minerals – 2010.
15. Technical Report on the Pallancata Mine, Peru Prepared for International Minerals by the UK – 2010.