



CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**POLITÉCNICA**

"Ingeniamos el futuro"

# Universidad Politécnica de Madrid

## TECNOLOGÍA DE PERFORACIÓN

Jorge Castilla Gómez - Juan Herrera Herbert

Department of Mining and Underground Excavations.  
Madrid School of Mines  
Technical University of Madrid

Oct - 2013





## ÍNDICE

- Introducción
- Perforación a rotopercusión
  - Perforación con martillo en cabeza
  - Perforación con martillo en fondo
- Perforación a rotación
  - Perforación por corte
  - Perforación rotativa con tricono
  - Perforación rotativa con corona
- Campo de aplicación de los sistemas de perforación
- Técnicas de testificación

# INTRODUCCIÓN

## ■ APLICACIONES

- INVESTIGACION ( $D < 150\text{mm}$ ;  $L < 400\text{m}$ ) :
  - Extracción de testigo
  - Captación de detritus
  - Ensayos geofísicos (diagrafías)
- EXPLOTACION:
  - Barrenos ( $D < 400\text{mm}$ ;  $L < 20\text{m}$ )
  - Pozos de agua ( $D < 600\text{mmF}$  ;  $L < 400\text{m}$ )
  - Pozos de petróleo ( $D < 700\text{mmF}$  ;  $L = 2000-9000\text{m}$ )
- SOSTENIMIENTO:
  - Geotécnicos (pilotes) ( $D < 800\text{mmF}$  ;  $L < 10\text{m}$ )
  - Bulones y anclajes ( $D < 50\text{mmF}$  ;  $L < 40\text{m}$ )
- INYECCIONES (micropilotes, jet-grouting...)
- DRENAJE (agua, gas...)

# PERFORACIÓN A ROTOPERCUSIÓN

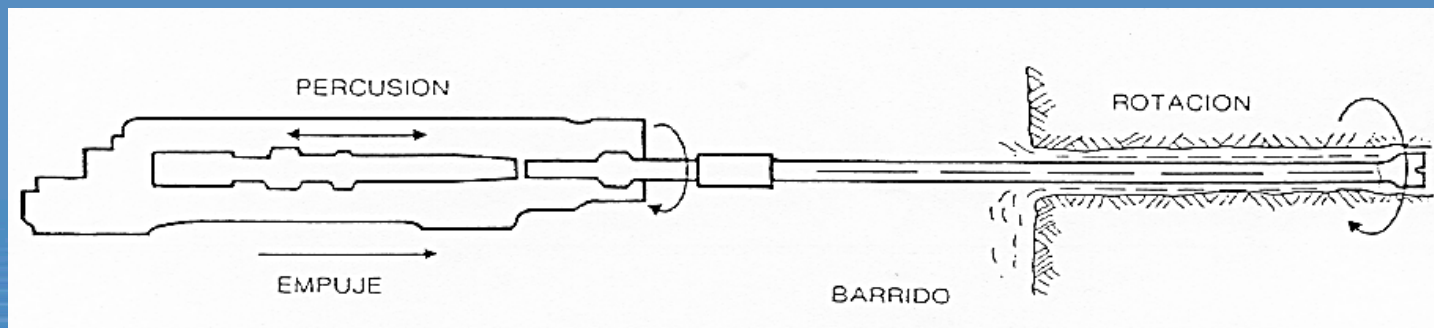
## Introducción

- Esta denominación engloba todas aquellas formas de perforación en las que la fragmentación de la roca se produce básicamente por impacto de un útil de filo más o menos aguzado sobre la misma.
- Además de la **percusión**, se proporciona al útil de corte un movimiento de **rotación** y una relativamente pequeña fuerza de **empuje** para una más eficaz transmisión de la energía.
- La velocidad de perforación es proporcional a la potencia de percusión (producto de la energía de impacto por la frecuencia de golpes). En cambio, la rotación y el empuje son meras acciones auxiliares, que, siempre y cuando se superen unos valores mínimos necesarios para espaciar convenientemente los puntos de incidencia de los impactos y mantener el útil de perforación en contacto con la roca, influyen relativamente poco en la velocidad de perforación.

# PERFORACIÓN A ROTOPERCUSIÓN

## Introducción

- El martillo es el elemento que proporciona la percusión mediante el movimiento alternativo de una pieza de choque, el pistón, que sucesivamente golpea sobre el utillaje de perforación.
- El pistón puede ser accionado por aire comprimido (perforación **neumática**) o por aceite hidráulico (perforación **hidráulica**).
- Para limpiar el detritus de perforación del barreno y además, refrigerar el útil de corte se inyecta un fluido de perforación (aire, agua, lodo...) denominado para producir un efecto de **barrido**.

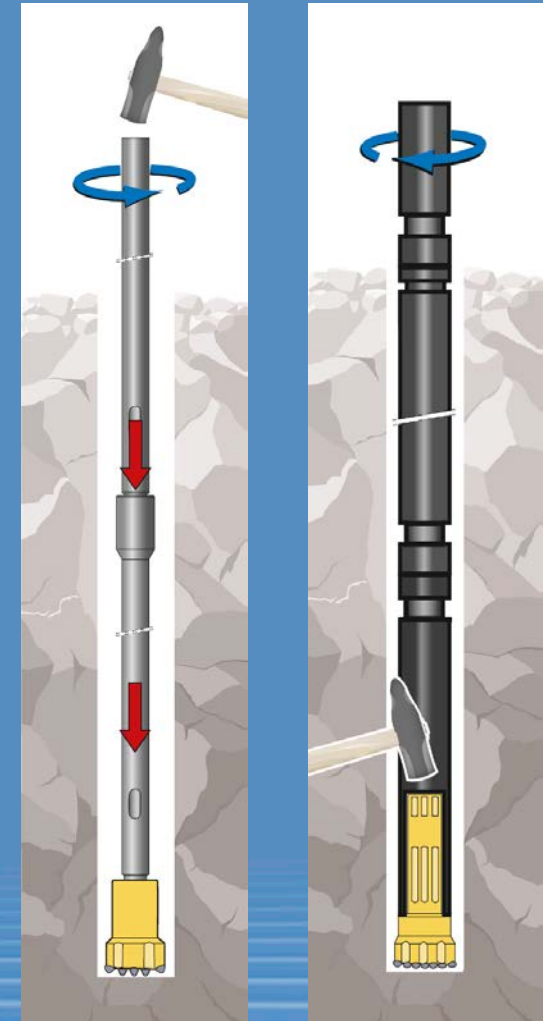


# PERFORACIÓN A ROTOPERCUSIÓN



## PERFORACIÓN NEUMÁTICA

- El fluido de accionamiento en este caso es aire a una determinada presión, normalmente comprendida entre 7 y 25 bar.
- Existen dos alternativas:
  - que la percusión se produzca fuera del taladro y se transmita a la broca a través de la sarta de varillaje (**martillo en cabeza**)
  - que el martillo se sitúe en el fondo del taladro, golpeando así el pistón directamente sobre la broca (**martillo de fondo**).



## Perforación con martillo en cabeza

- El método de perforación con martillo en cabeza (en inglés Top Hammer Drilling, THD) es aquel en la que el martillo de perforación que genera la percusión está situado en el exterior del barreno, situado sobre la deslizadera de la columna de perforación. Por tanto, la energía de impacto se transmite desde el martillo hasta la boca de perforación a través de toda la sarta de varillaje en forma de ondas de choque.
- Este método es rápido para la perforación en roca en buenas condiciones (buena perforabilidad)
- Tiene como inconveniente que la sarta de perforación sufre la percusión del martillo y además en la perforación de barrenos largos (>20m, aproximadamente) pueden surgir grandes desviaciones en la perforación

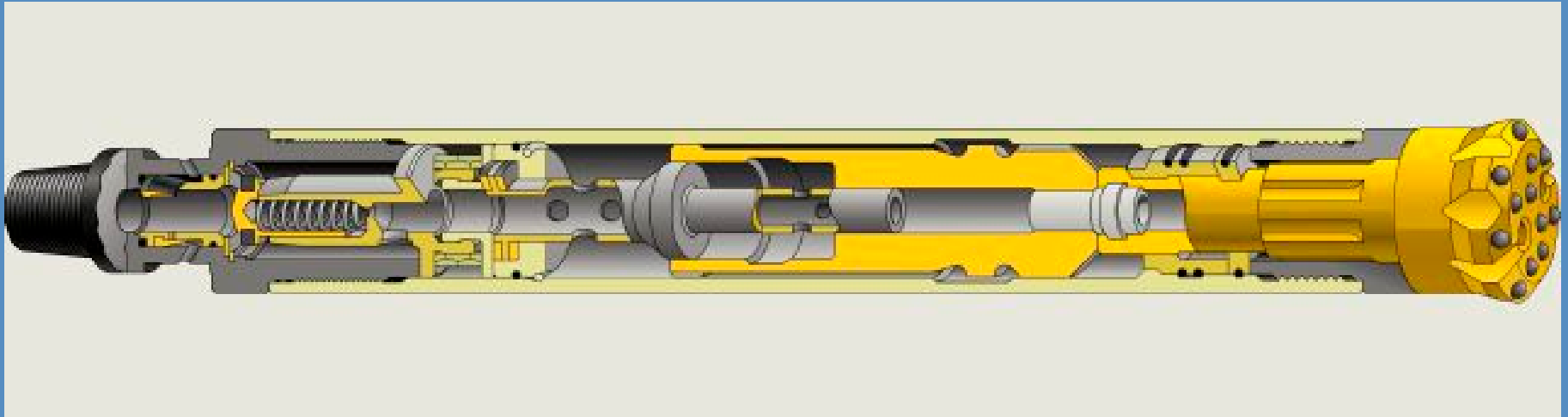
## Perforación con martillo en fondo

- Es el sistema de perforación en el que, a diferencia de los martillos en cabeza, el elemento que proporciona la percusión o martillo va situado en el interior del taladro e incorpora únicamente el mecanismo de percusión (los elementos que proporcionan la rotación y el empuje son del todo independientes y están situados en superficie). (En inglés se denomina DTH – Down-the-Hole Hammer)
- El chasis y los restantes elementos son similares a los mencionados para las perforadoras de martillo en cabeza, e incluyen también el compresor y la cabina para el operador.
- El hecho de situar el martillo en el fondo del taladro impone una serie de limitaciones geométricas, de las cuales quizá la más significativa es la importante reducción de área de trabajo del pistón. Para compensar esta desventaja que supone la pequeña área de trabajo del martillo en fondo, se diseñan estos martillos de modo que sean capaces de utilizar aire a media presión (10 - 14 bar) o alta presión (17 - 25 bar).

## Perforación con martillo en fondo

- Las ventajas importantes comparadas con el martillo de cabeza neumático son:
  - Velocidad de perforación prácticamente constante e independiente de la profundidad. Con el martillo en cabeza, en cambio, se pierde aproximadamente del 5 al 10% de la energía disponible en cada varilla, de forma que la velocidad de perforación va disminuyendo con la profundidad en igual proporción.
  - Mejor aprovechamiento de la energía neumática al aprovechar el escape del martillo como aire de barrido para la evacuación del detritus.
  - Menor nivel de ruido.
  - Menor fatiga de la sarta de barras de perforación.
  - Menores desviaciones.

## Perforación con martillo en fondo



## PERFORACIÓN HIDRÁULICA

- Las perforadoras de martillo en cabeza hidráulico (no existen en la actualidad martillos en fondo hidráulicos) funcionan con aceite hidráulico a 100-250 bar de presión. Esta alta presión, 15 a 35 veces superior a la del aire que alimenta los martillos neumáticos, permite, en los hidráulicos, un área de trabajo del pistón muy pequeña, prácticamente reducida a un insignificante resalte del mismo, que adquiere así un perfil longitudinal casi rectangular y muy estilizado.





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## PERFORACIÓN HIDRÁULICA

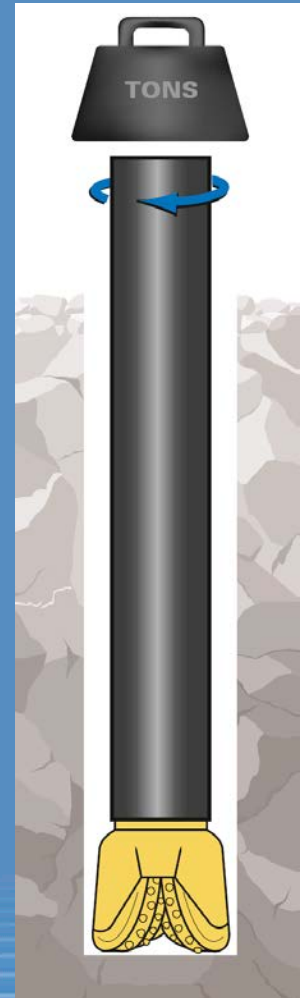
- De esta manera puede aplicarse de un 50 a un 100% más de potencia de percusión sobre el varillaje sin incrementar la fatiga del mismo. Este aumento de potencia permite perforar más rápidamente ó, lo que es más interesante aún, incrementar el diámetro de perforación con una sustancial mejora de la producción.

## PERFORACIÓN HIDRÁULICA

- La perforación hidráulica presenta además otras ventajas sobre la neumática, como son:
  - Menor consumo energético. Una perforadora de exterior hidráulica, por ejemplo, con doble potencia que una neumática, puede tener aún hasta un 25% menos de potencia instalada.
  - Mejora de las condiciones ambientales, pues al desaparecer el escape de los martillos neumáticos reduce el nivel de ruido.
  - Permite un mayor grado de automatización de los equipos. El carácter de fluido incompresible que tiene el aceite, le permite, al contrario que al aire, detectar cualquier cambio de las condiciones de trabajo, como puede ser por ejemplo el inicio de un atranque. Esta circunstancia se reflejará inmediatamente en un incremento del par resistente y esto a su vez en un aumento de presión en el circuito hidráulico que gobierna la rotación, lo que permitirá diseñar un sistema automático antiatranque.

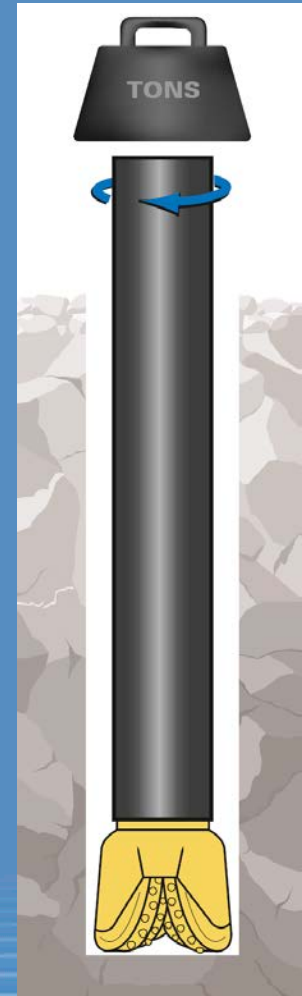
## PERFORACIÓN A ROTACIÓN

- Bajo esta denominación se agrupan todas aquellas formas de perforación en las que la fragmentación de la roca se produce básicamente por compresión, corte o por la acción combinada de ambos. Un empuje sobre el útil de perforación, que supere la resistencia a la compresión de la roca y un par de giro que origine su corte por cizalladura son las dos acciones básicas que definen la perforación rotativa.



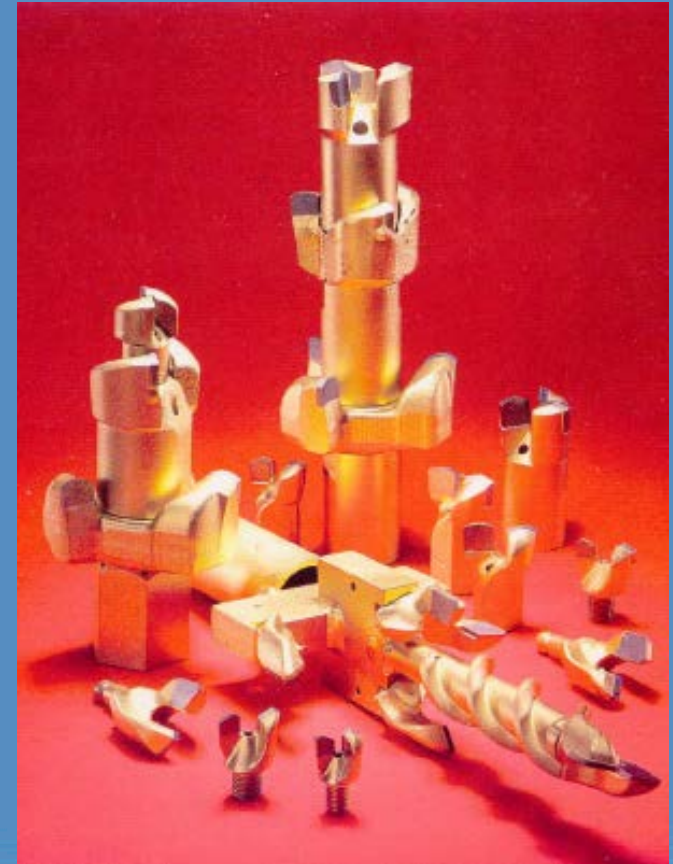
## PERFORACIÓN A ROTACIÓN

- Dependiendo del tipo de útil que se emplee, existen tres variantes distintas de perforación rotativa:
  - Perforación rotativa por corte: con trialeta, boca de tenedor, etc.
  - Perforación rotativa con tricono.
  - Perforación con corona de diamante. Para sondeos con extracción de testigo



## Perforación por corte

- Incluye todas las formas de perforación rotativa mediante útiles, cuya estructura de corte está formada por elementos de carburo de tungsteno, convenientemente dispuestos en la herramienta de perforación, en la cual ocupan unas posiciones fijas.
- Este útil, dependiendo de su forma y tipo de aplicación, recibe distintas denominaciones (trialeta, broca de tenedor, broca progresiva, etc.).



## Perforación por corte

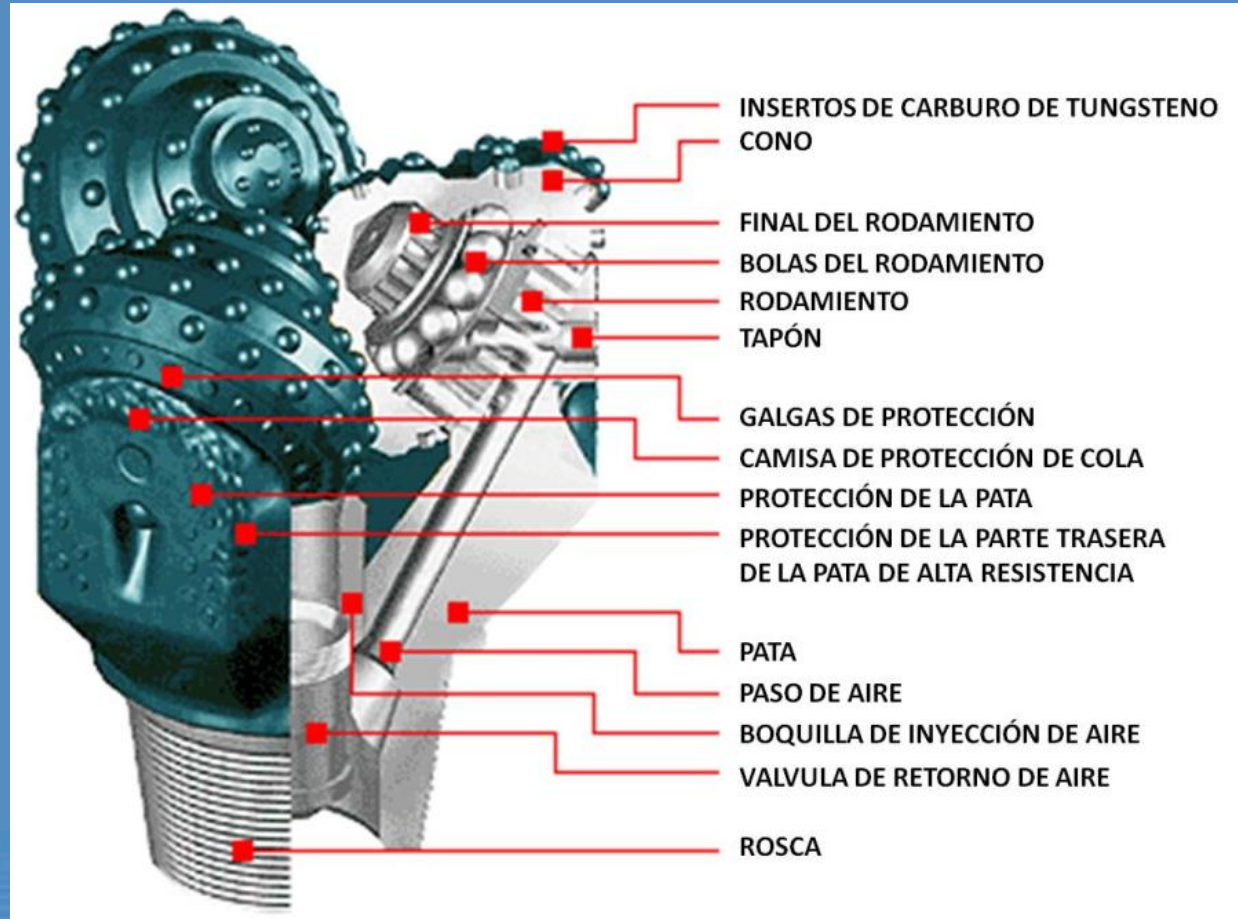
- Las velocidades de perforación obtenidas con este sistema, en las contadas aplicaciones en que es viable, son muy superiores a las que se obtendrían con un sistema a percusión.
- La razón hay que buscarla en el hecho de que este tipo de perforación rotativa es un proceso de corte de la roca casi continuo, mientras que, en la perforación percusiva, la fragmentación de la roca ocupa en tiempo escasamente el 15% del ciclo del martillo.
- La principal limitación de este tipo de perforación radica en el fuerte incremento que experimentan, tanto el par de giro como el desgaste del útil, a medida que aumenta el diámetro de perforación o la dureza de la roca.
- Sirve por tanto este sistema para rocas blandas que puedan perforarse con empujes inferiores a las 2500 libras por pulgada de diámetro (500 N/mm aproximadamente) y cuyo contenido en sílice no supere el 8%.

## Perforación rotativa con tricono

- Su desarrollo se inició en los pozos de petróleo.
- Dispone de unos elementos de corte móviles que permiten a la vez perforar con menos par y reducir los desgastes.
- El tricono está formado por tres piñas troncocónicas que, montadas sobre un juego de cojinetes, ruedan sobre el fondo del taladro



## Perforación rotativa con tricono



## Perforación rotativa con tricono

- El tipo de tricono ha de elegirse en consonancia con el terreno a perforar.
- Los triconos para terrenos más blandos pueden ser de dientes de acero, tallados sobre el propio cuerpo de los conos. Actualmente han sido sustituidos por los de insertos de carburo de tungsteno, más resistentes al desgaste.

A) Dientes de acero



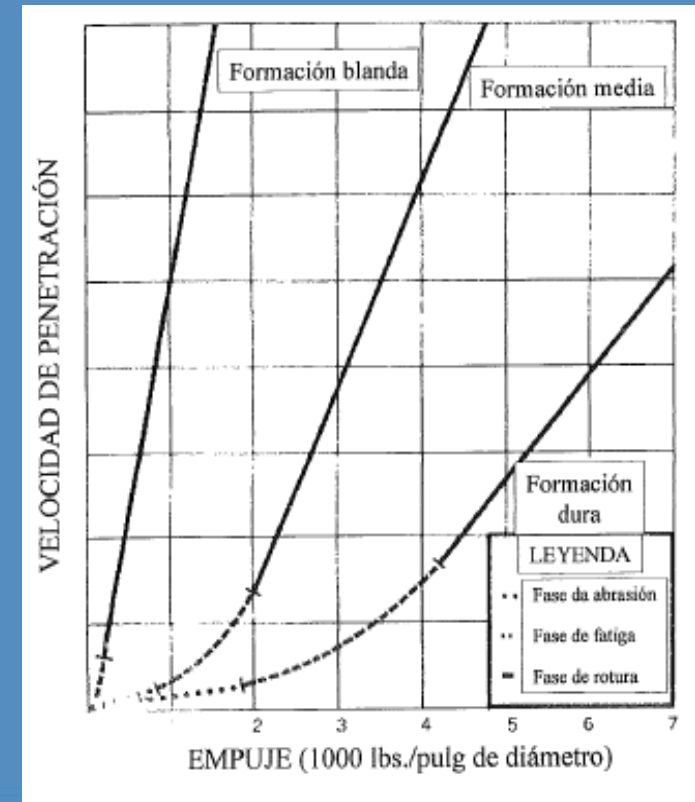
Roca blanda → Roca dura



B) Insertos de carburo de tungsteno

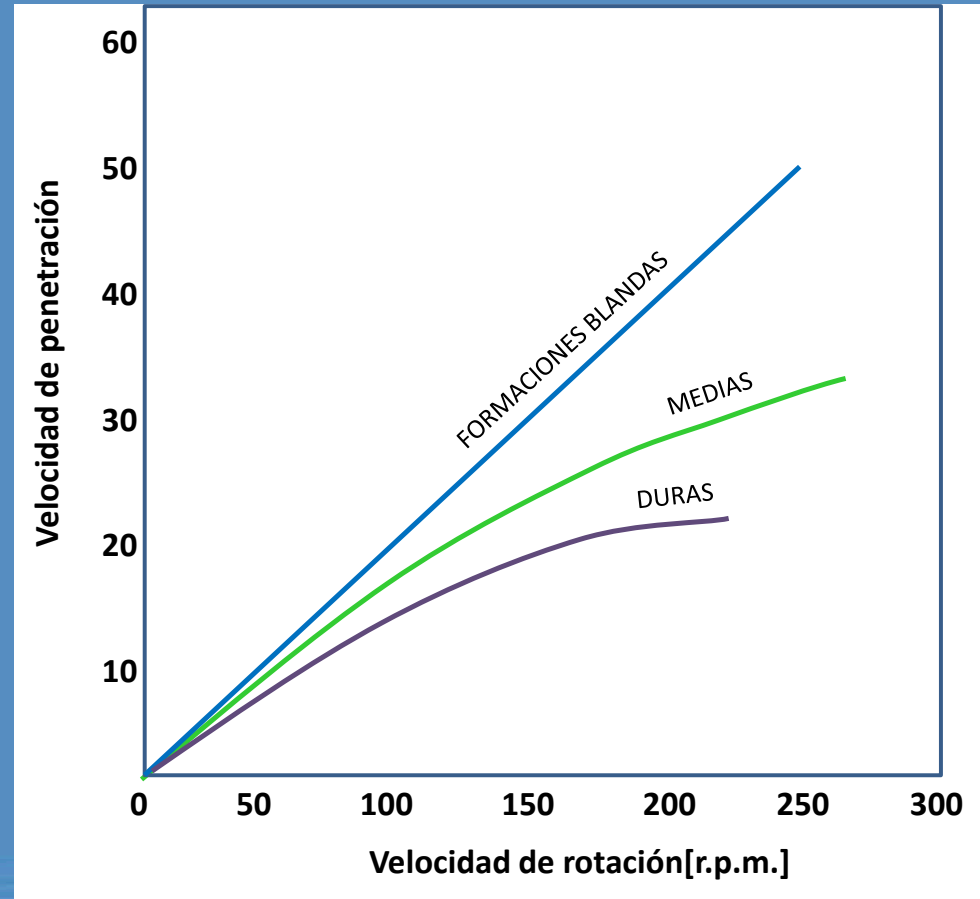
## Perforación rotativa con tricono

- El tricono fragmenta la roca por compresión y cizalladura.
- La velocidad de perforación que con él puede obtenerse es prácticamente proporcional al producto de la fuerza de empuje por la velocidad de rotación.
- Los parámetros de perforación controlables por el operador son fundamentalmente el empuje y la velocidad de rotación. Ambos, junto con la dureza de la roca, determinan la velocidad de penetración.
- La gráfica representa la velocidad de penetración en función del empuje



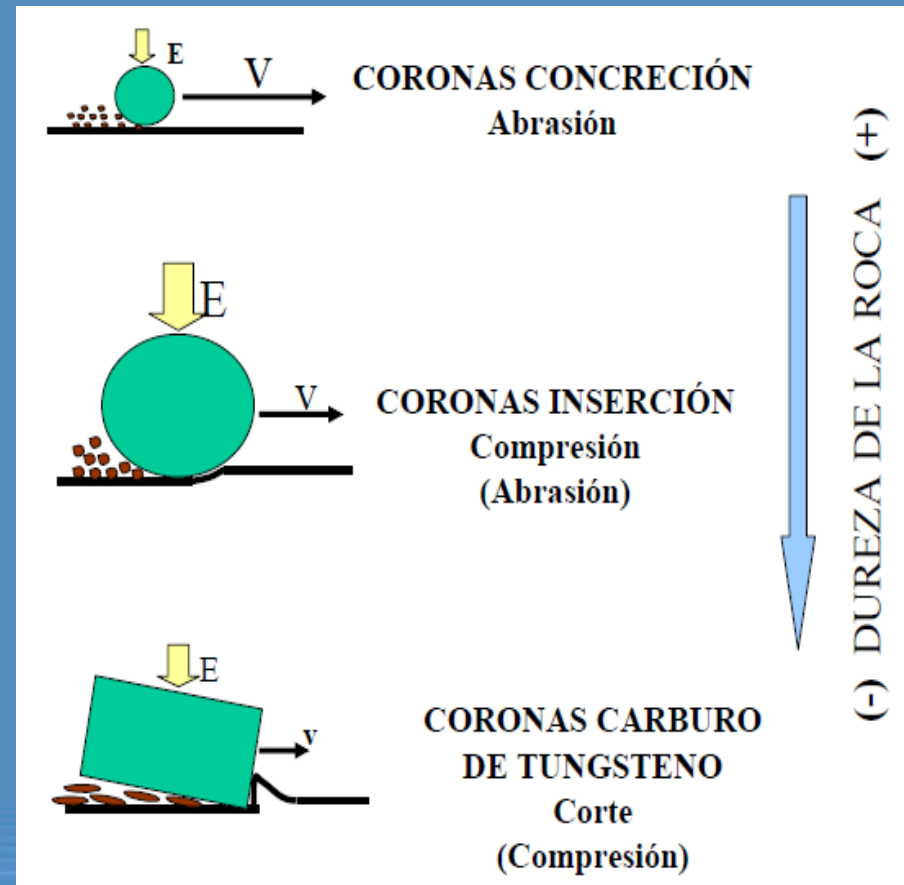
## Perforación rotativa con tricono

- En cuanto a la curva de velocidad de penetración/revoluciones por minuto, puede decirse que presenta en su mayor parte una zona de proporcionalidad, si bien puede apreciarse especialmente con rocas duras, una zona de atenuación a velocidades de rotación altas



## Perforación rotativa con corona

- Se emplea en los sondeos con extracción de testigo y está basada en la conminución de la roca principalmente por la acción combinada de compresión y abrasión.
- Según el tipo de corona y la naturaleza de la roca predomina uno u otro fenómeno.
- El fluido de perforación es fundamentalmente agua, para realizar un efecto de refrigeración de la corona, a la vez que realiza el efecto de barrido.



## Perforación rotativa con corona

- Para el diamante, tanto industrial como ornamental, se utiliza el quilate como unidad de peso (1quilate = 0,2g).
- También para indicar el tamaño de los diamantes se utiliza el término "piedras por quilate – p.p.q." (número de piedras necesarias para completar 0,2 gramos de peso).
- Si se habla de diamante de menos de 30 p.p.q, se estará hablando de tamaños relativamente grandes, mientras que más de 60 p.p.q indicaría que el tamaño de las piedras es relativamente pequeño.

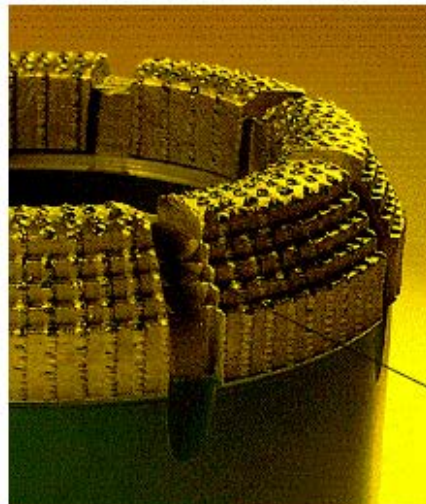
## Perforación rotativa con corona. Tipos de coronas

- Existen tres tipos principales de coronas:
  - Coronas de inserción.
  - Coronas de concreción.
  - Coronas de carburo de tungsteno.
- Si la roca es homogénea y no excesivamente dura, se utiliza una **corona de inserción** con diamantes de tamaño apreciable (menos de 60 piedras por quilate) insertados en la superficie de una matriz de bronce y carburo de tungsteno.
- El empuje aplicado por el equipo de perforación sobre la corona consigue, venciendo la resistencia a la compresión de la roca, la penetración de los diamantes en la misma y su conminución en pequeños fragmentos.

## Perforación rotativa con corona. Tipos de coronas

- En las rocas más duras o con un alto grado de fracturación o heterogeneidad se puede producir un desgaste prematuro de las coronas de inserción, que reduce drásticamente la velocidad de perforación y obliga a su sustitución cada pocos metros.
- En tales casos está indicada la utilización de **coronas de concreción**, con pequeños diamantes (de hasta 200 p.p.q.) diseminados por la superficie y el interior de la matriz, cuya acción sobre la roca a perforar es básicamente abrasiva.
- El desgaste de los diamantes situados en superficie deja de ser un problema en las coronas de concreción, pues a medida que se desgasta la matriz, van apareciendo nuevos diamantes, incrementándose así en 3 ó 4 veces la vida de la corona.

# Perforación rotativa con corona. Tipos de coronas



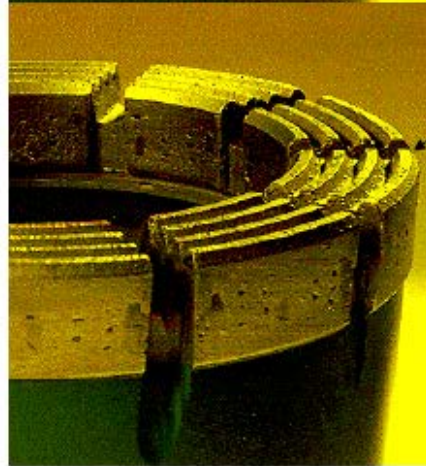
## A) CORONA DE INSERCIÓN

Diamantes en superficie de  $< 80$  ppq

Matriz de bronce y carburo tungsteno

Cuerpo de acero

Pasos de agua



## B) CORONA DE CONCRECIÓN

Matriz de bronce y carburo tungsteno

Diamantes en toda la matriz de  $> 80$  ppq

Cuerpo de acero



## Perforación rotativa con corona. Tipos de coronas

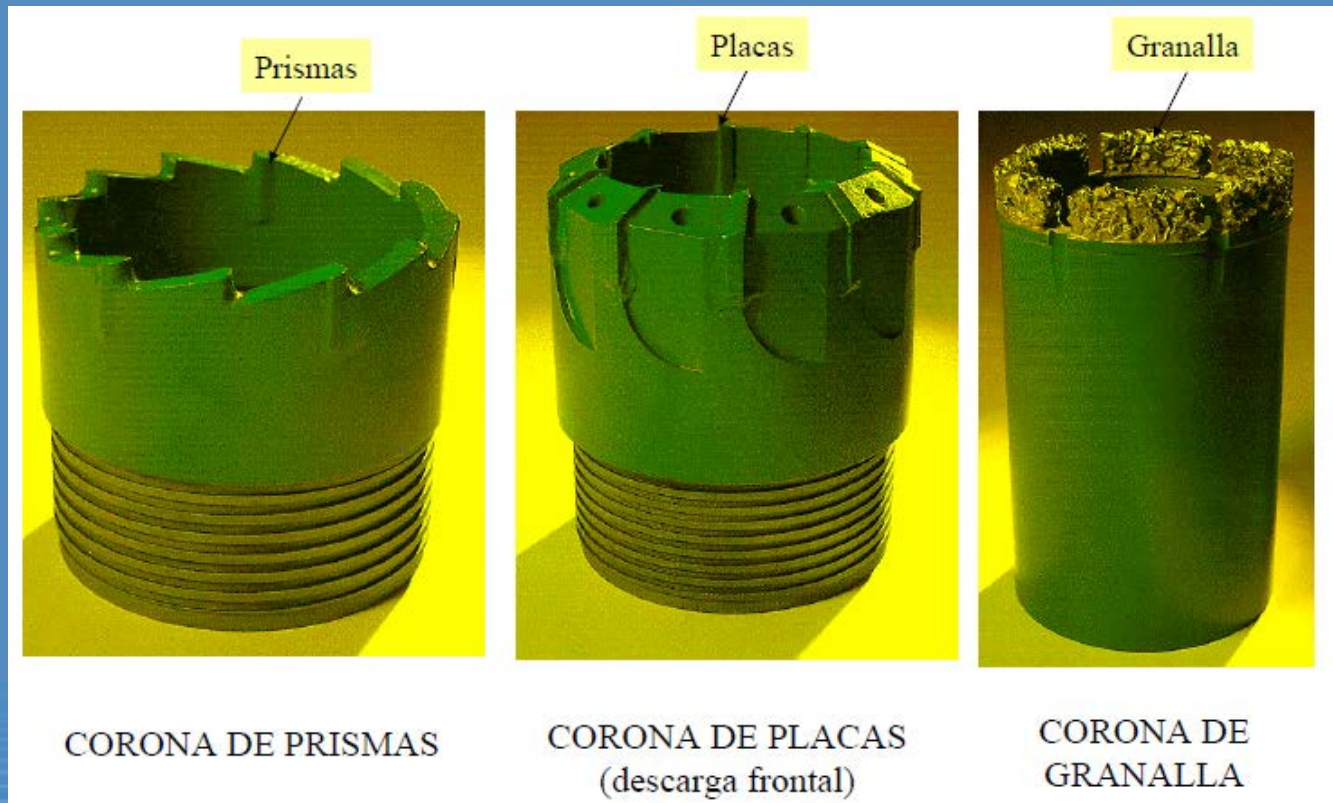
- El diamante utilizado en las coronas de inserción suele ser diamante natural, del que existen diversas calidades. En cambio, para las coronas de concreción, en las que las piedras son de menor tamaño, puede utilizarse diamante sintético, fabricado artificialmente a partir del grafito, sometido a altas presiones y temperaturas.
- El diamante sintético se fabrica, por lo general, en tamaños relativamente pequeños, pues la fabricación de tamaños grandes se encarece bastante. Por ello se recurre a veces a amalgamar diamante sintético de pequeño tamaño en un material cerámico inerte y con un coeficiente de dilatación similar al del diamante. Así se configuran unos elementos de corte de forma cúbica o prismática que, insertos en la matriz de la corona, pueden sustituir a los diamantes de tamaño grande. Este material se conoce con el nombre de diamante policristalino.

## Perforación rotativa con corona. Tipos de coronas

- Además de las coronas de diamante, en los sondeos con extracción de testigo pueden utilizarse **coronas de carburo de tungsteno**.
- Estas coronas tienen insertadas en su labio de corte unas placas o prismas de carburo de tungsteno, constituyendo normalmente una especie de dientes de sierra, que mediante un esfuerzo combinado de compresión y cizalladura, pueden perforar a un menor costo formaciones blandas y no abrasivas.
- Con el fin de ampliar el campo de aplicación de estas coronas a rocas algo más duras, existe un modelo de corona en el que la zona de corte está formada por una aglomeración de cristales de carburo de tungsteno de forma irregular y tamaño de 2 a 6 mm, embebidos en una matriz de base Cr-Ni (coronas de granalla).
- Existen también elementos de corte mixtos formados por un cuerpo de carburo de tungsteno, cubierto por una capa de diamante policristalino

## Perforación rotativa con corona. Tipos de coronas

- Además de las coronas de diamante, en los sondeos con extracción de testigo pueden utilizarse **coronas de carburo de tungsteno**.



## Perforación rotativa con corona. Parámetros de perforación

- Al igual que ocurre con los otros sistemas rotativos de perforación, la velocidad de perforación es directamente proporcional al empuje y a la velocidad de rotación generalmente con unas zonas de crecimiento y atenuación como las indicadas en el capítulo anterior.
- En la práctica el empuje a aplicar sobre una corona está limitado por tres factores principalmente:
  - Resistencia de los diamantes
  - Pandeo del varillaje.
  - Desviaciones del sondeo.

## CAMPO DE APLICACIÓN

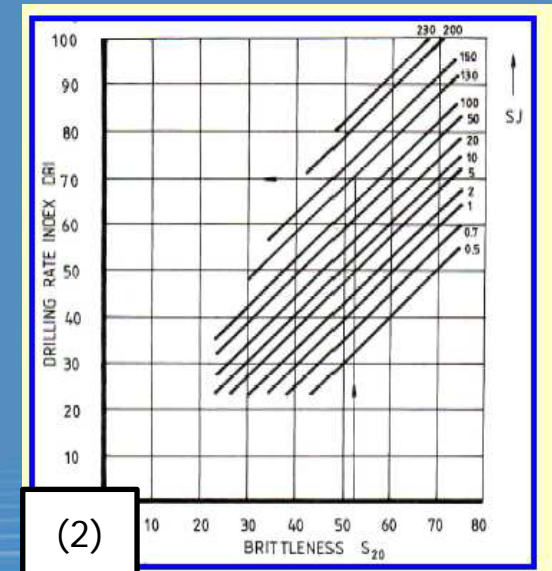
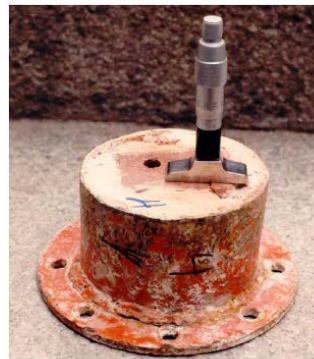
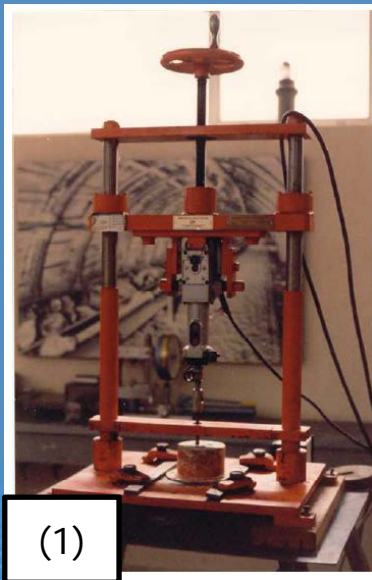
- Para delimitar el campo de aplicación de los distintos sistemas de perforación es necesario considerar diversas circunstancias.
  - Extracción o no extracción de testigo. Los sondeos con extracción de testigo exigen una configuración del útil de corte en forma de corona, que hace aconsejable la perforación rotativa, bien sea con diamante o, en los casos en que la roca sea extremadamente blanda, con placas de carburo de tungsteno.
- Cuando se ejecuten taladros sin extracción de testigo, es posible utilizar otros sistemas, como la perforación percusiva o la rotativa con tricono, que generalmente desplazan a la perforación con diamante por razones de economía y rendimiento.

## CAMPO DE APLICACIÓN

- De forma general podría afirmarse que la selección del sistema más idóneo se hace atendiendo a:
  - Las características geomecánicas de la roca.
  - El diámetro de perforación.
  - La longitud de los taladros.
- Serían varias las características geomecánicas de la roca que influyen en su "**perforabilidad**". La que más frecuentemente se maneja es la resistencia a la compresión.
- Además, también influyen otras: Resistencia a la tracción cohesión, ángulo de rozamiento interno, etc.)

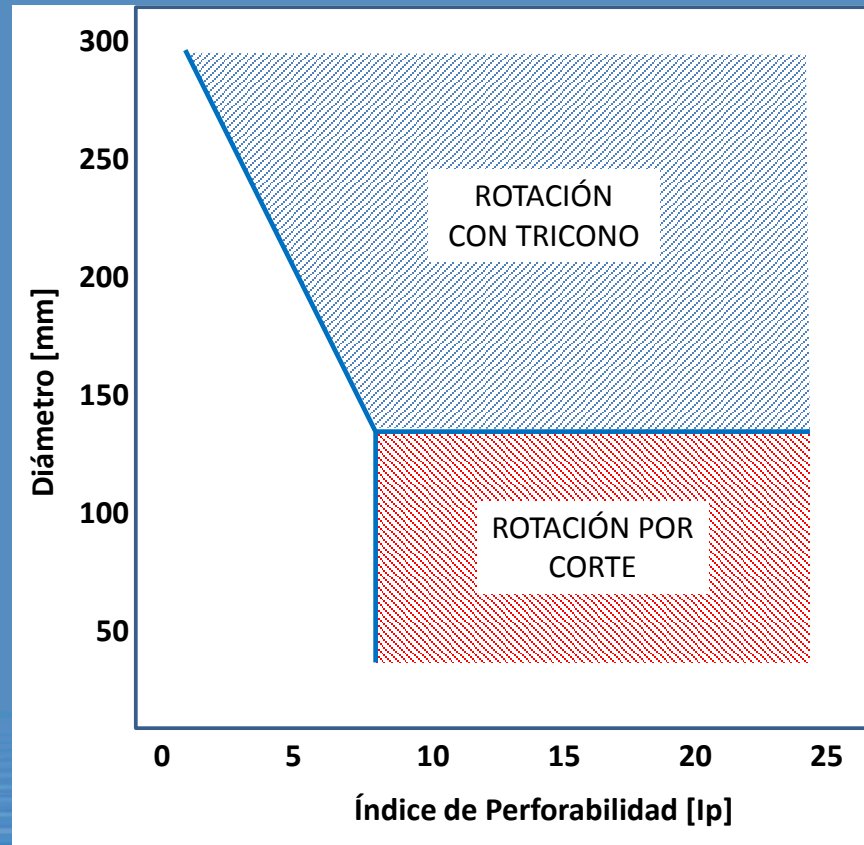
## CAMPO DE APLICACIÓN

- Existen diversos métodos para medir la perforabilidad de las rocas.
- Uno de ellos es el desarrollado en la ETSIM de Madrid, que clasifica las rocas entre 2 y 20. **(1)**
- Otros métodos son el D.R.I. (Drilling Rate Index), que emplea ensayos de firabilidad y perforación, obteniendo un índice de 20 a 80. **(2)**



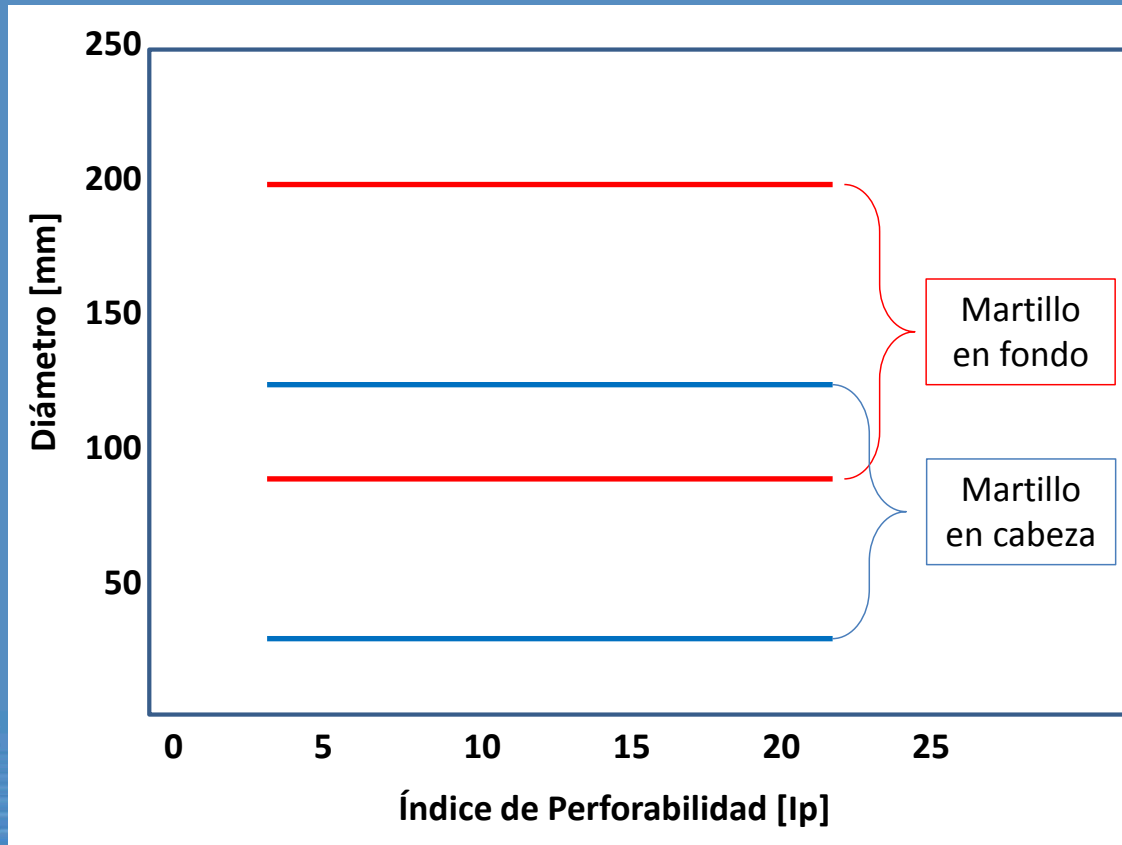
## CAMPO DE APLICACIÓN

- Sistemas de perforación a rotación por corte o con tricono



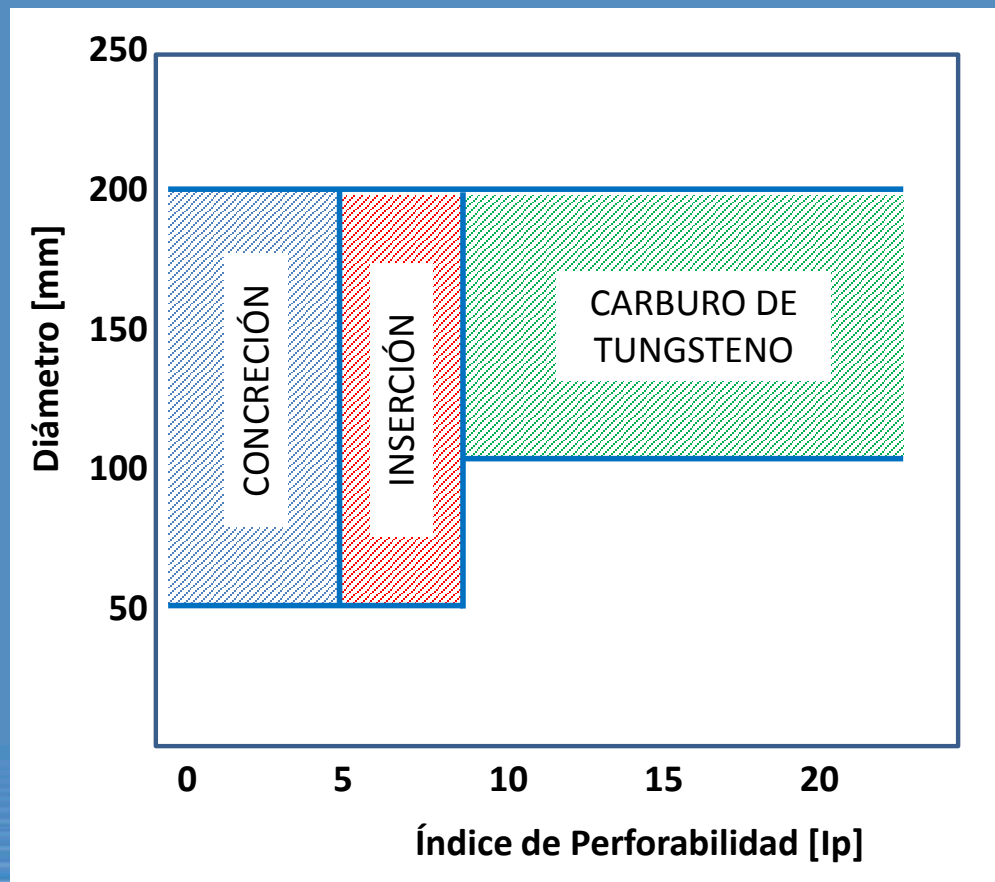
## CAMPO DE APLICACIÓN

- Sistemas de perforación a rotopercusión



## CAMPO DE APLICACIÓN

- Sistemas de perforación con recuperación de testigo



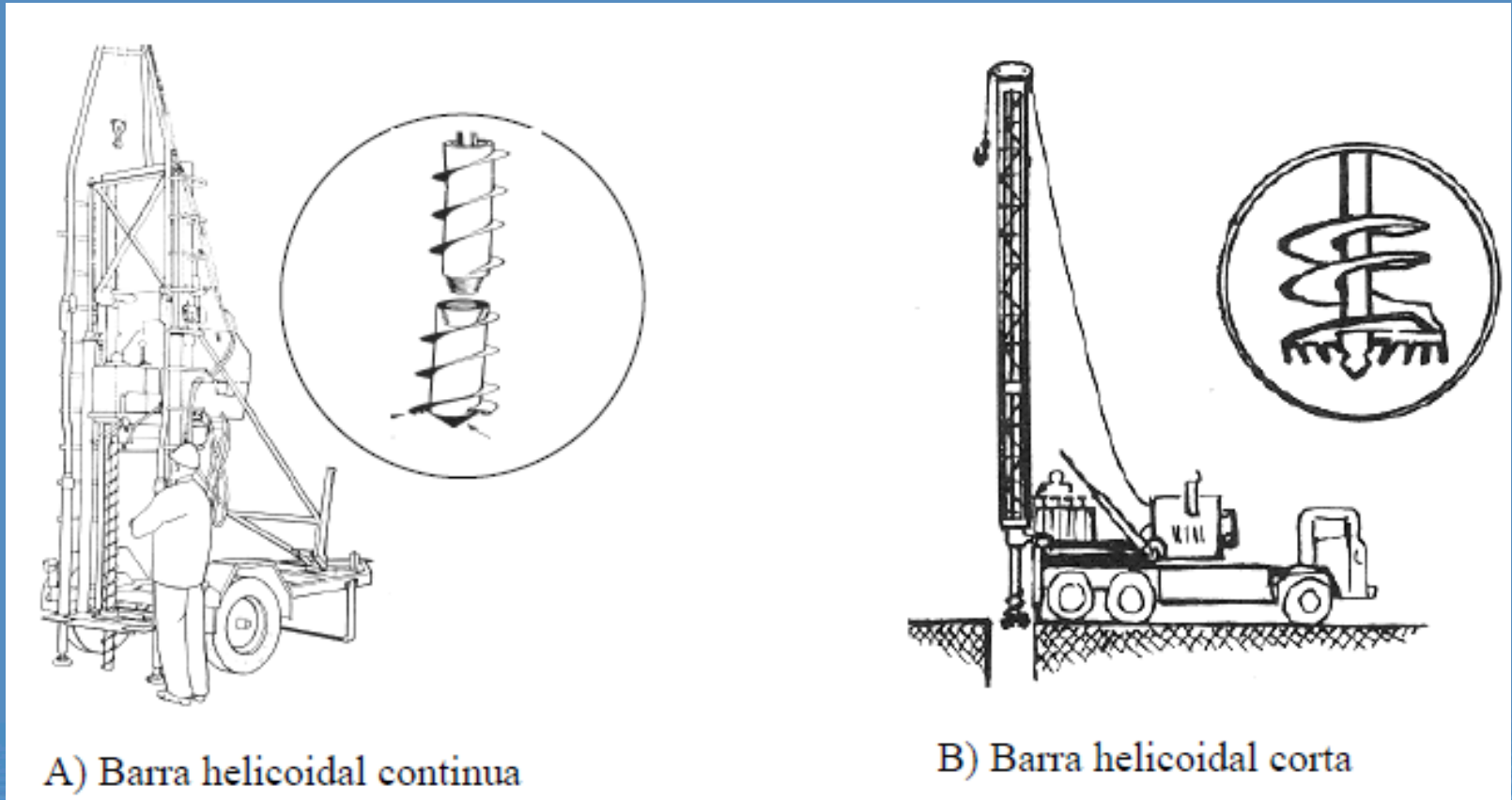
## TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS

- Cualquiera de los sistemas de perforación mencionados anteriormente sólo puede ser eficaz si los esfuerzos mecánicos generados se aplican sobre un fondo de taladro limpio y libre de detritos.
- De otro modo se estaría desperdiciando energía en la innecesaria conminución de un colchón de fragmentos que ya han sido previamente arrancados.
- Para que la perforación progrese adecuadamente, es también necesario en muchos casos disponer de algún sistema que garantice o mejore la estabilidad de las paredes del sondeo, evitando su desmoronamiento o la formación de cavidades o huecos de diámetro sensiblemente superior al del taladro.

## TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS

- Las técnicas que se emplean para la evacuación del detritus del fondo del taladro pueden clasificarse en dos clases:
  - Aquéllas que utilizan medios mecánicos
  - Las que emplean un fluido de barrido
- En el caso de terrenos blandos no abrasivos y taladros cortos, la evacuación del detritus puede hacerse mecánicamente utilizando una barra helicoidal (sistema "auger").
- Los principales inconvenientes de este sistema son el desgaste del labio de la hélice si el terreno es mínimamente duro o abrasivo y los altos pares de rotación exigidos, sobre todo si el diámetro de perforación es grande

# TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS



## TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS

- Salvo en terrenos extremadamente blandos, es más aconsejable la utilización de un fluido de barrido, que, además de actuar como agente refrigerante, debido a la presión hidrostática y a sus propiedades reológicas, puede favorecer la estabilidad de las paredes del sondeo.
- Este fluido puede ser: aire, agua, lodo o espuma. La capacidad de sustentación dependerá de:
  - La densidad del fluido.
  - La viscosidad.
  - La forma, tamaño y densidad del detritus.
  - La velocidad relativa del fluido respecto al detritus en suspensión.

## TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS

- El aire es el fluido más usual, siempre disponible, pero proporciona una baja densidad y viscosidad. Su limitada capacidad refrigerante hace inadecuada su utilización en la perforación con útiles de diamante. Por otra parte, los trabajos subterráneos, rara vez permiten la utilización de aire sólo, sino que requieren al menos la inyección de una cierta cantidad de agua como medio de control del polvo.
- El agua, aunque no esté fácilmente disponible en todas las aplicaciones, es, por tanto, indispensable en trabajos subterráneos.
- Los lodos son básicamente emulsiones coloidales de un producto natural (arcilla) ó artificial (polímero) en agua, que además de las funciones mencionadas de evacuación del detritus y refrigeración del útil de corte, proporcionan un revestimiento impermeable del sondeo que ayuda a mantener las paredes del mismo.

## TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS

- Las espumas son dispersiones coloidales de aire en agua. Son espumas "secas", con un pequeño contenido de agua, que se estabilizan mediante la adición de un espumante. Por su alta capacidad de sustentación se utilizan en aquellas aplicaciones donde existe una gran superficie anular entre varillaje y taladro que, caso de utilizar otro tipo de fluido, exigiría caudales excesivamente altos (por ejemplo en la perforación de pozos de agua).

## TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS

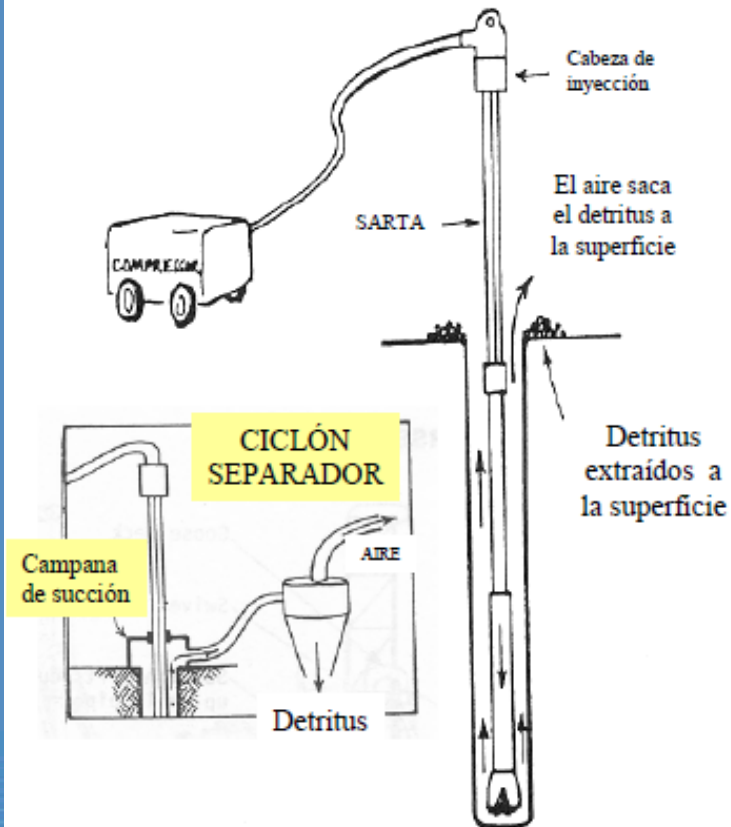
- Un barrido insuficiente no permite la correcta evacuación del detritus, y, como consecuencia:
  - Reduce la velocidad de perforación.
  - Aumenta el riesgo de atranques.
  - Aumenta el desgaste del útil de corte.
- Por otra parte, un barrido excesivo puede:
  - Erosionar y socavar las paredes del sondeo
  - Producir abrasión del varillaje.

## TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS

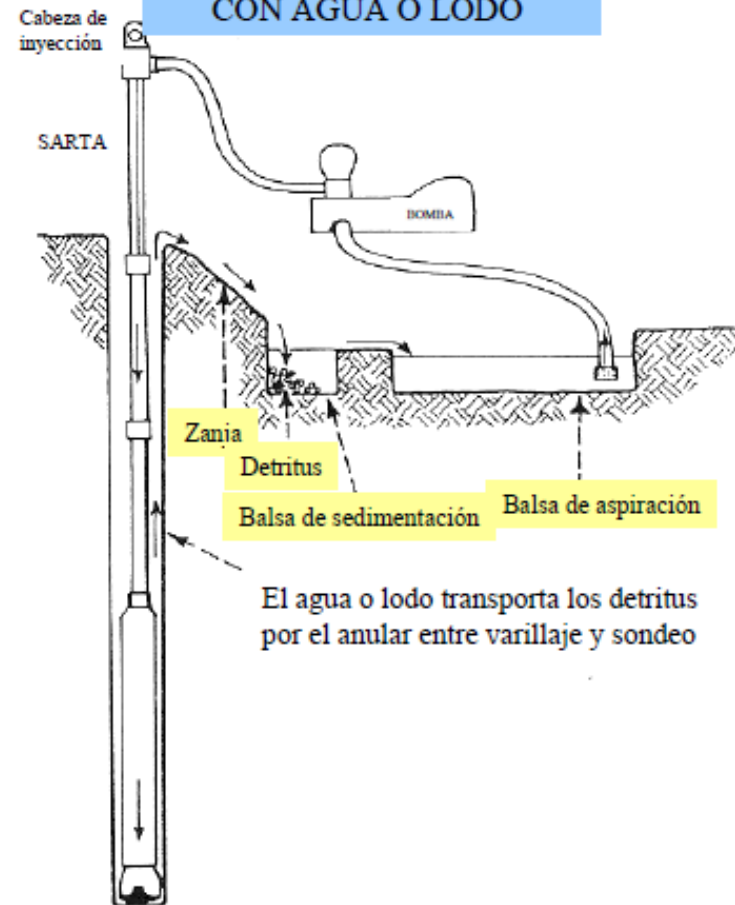
- Con el fin de hacer compatible estos requerimientos con los distintos diámetros de sondeo y varillaje, existen dos variantes en la circulación del fluido de barrido:
  - Circulación directa
  - Circulación inversa
- En la circulación directa el fluido entra por el interior el varillaje y sale, arrastrando el detritus, por el espacio anular existente entre varillaje y sondeo.
- Sin embargo, existen a veces circunstancias que aconsejan que la circulación se realice en sentido contrario (circulación inversa). Tal es el caso de un sondeo de gran sección para el que se disponga de un varillaje de pequeño diámetro (p. ej. algunos pozos de agua)

# TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS

A) CIRCULACIÓN DIRECTA CON AIRE



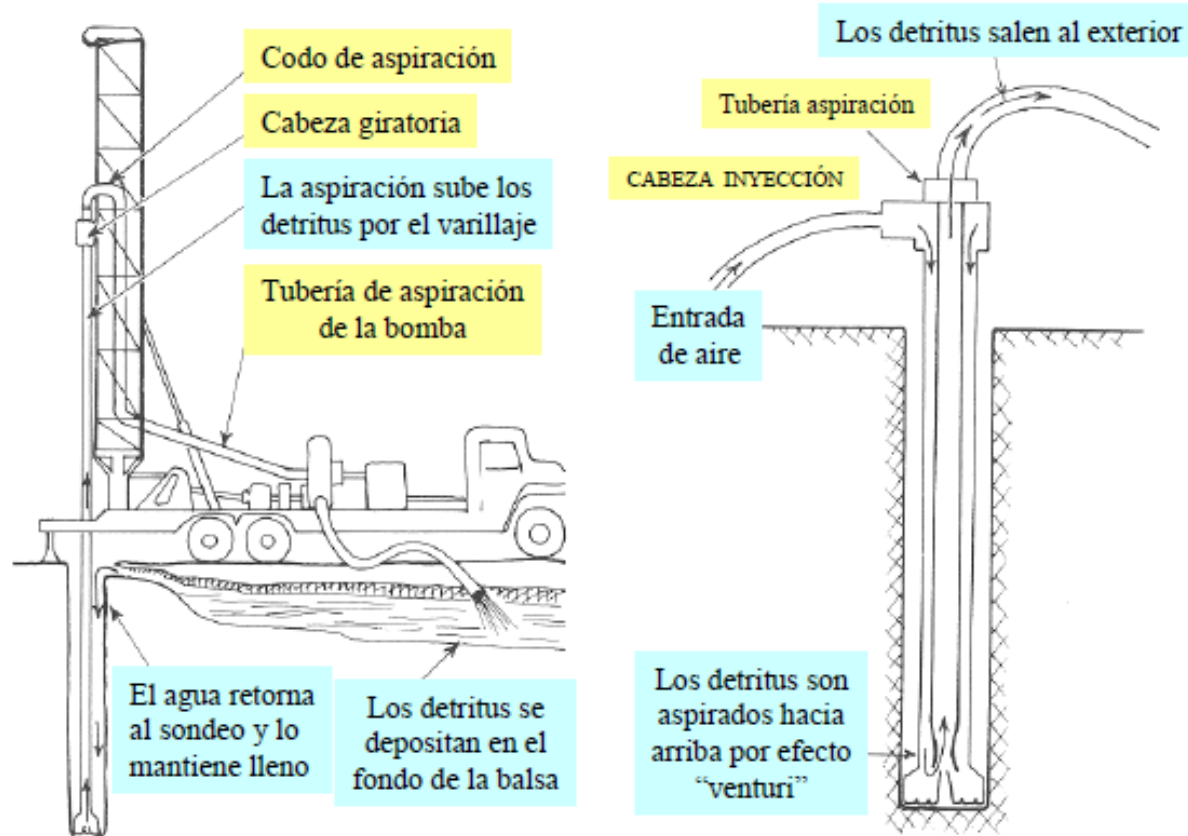
B) CIRCULACIÓN DIRECTA CON AGUA O LODO



# TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE DETRITOS

## A) CIRCULACIÓN INVERSA CON AGUA

## B) CIRCULACIÓN INVERSA CON AIRE (Doble tubo)



## TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN

- La testificación es la obtención de una muestra del terreno que nos proporciona información geológica o mineralúrgica del mismo. La técnica más usual consiste en la obtención de una muestra de roca de forma cilíndrica en el interior de un tubo testiguero (testigo continuo)
- El tubo testiguero es un tubo de longitud variable entre 0,5 y 3 m que, situado en la sarta de perforación detrás de la corona, recoge la muestra cilíndrica de roca cortada por ésta..
- El porcentaje de muestra recuperada respecto a la capacidad total del tubo testiguero se denomina "**grado de recuperación**" y depende entre otras circunstancias del diámetro y la friabilidad de la muestra y de las características del tubo testiguero. Así, existen tubos testigueros:
  - Simples o dobles.
  - Dobles rígidos o giratorios.
  - Dobles de salida frontal o interior.

## TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN

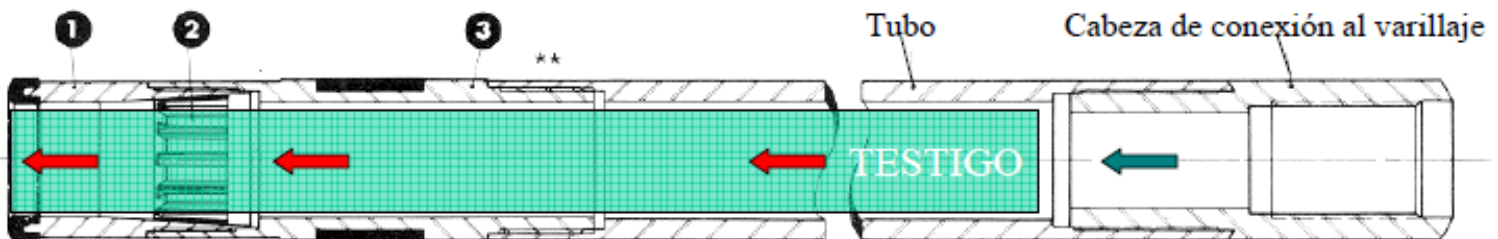
- Según el tubo sea simple o doble, el testigo estará en contacto con el fluido de barrido a lo largo de toda su longitud o sólo al final.
- Si el tubo doble es rígido, es decir que tanto el exterior como el interior giran solidariamente junto con la corona, el testigo, que no gira, rozará con el tubo interior corriendo el riesgo, si no es muy duro, de desmenuzarse.
- En cambio, si el tubo es del tipo giratorio, es decir que el interior va montado sobre unos rodamientos, éste permanecerá inmóvil junto con el testigo, girando sólo la corona y el tubo exterior. De esta forma no se produce la fricción anteriormente mencionada.

## TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN

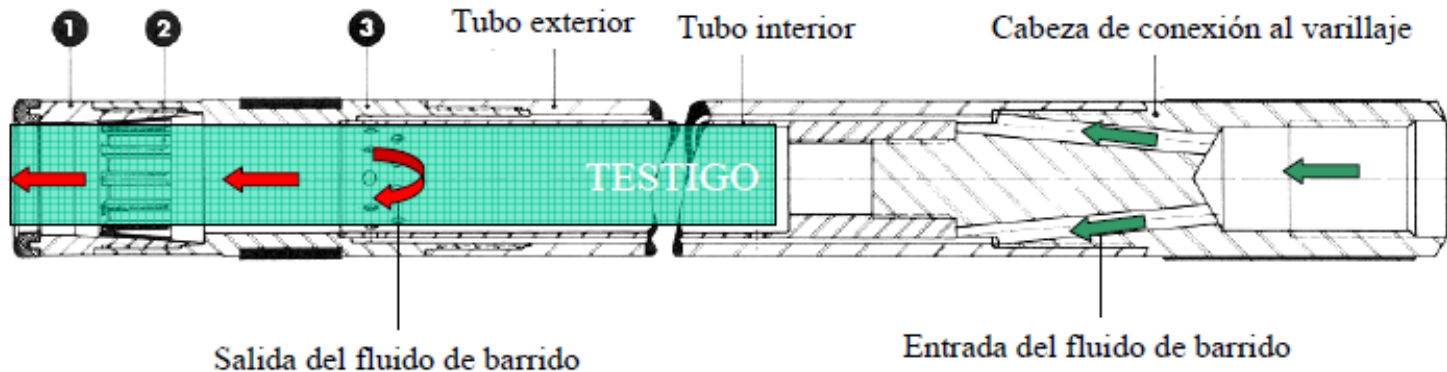
- Si el tubo doble es además de salida frontal, la doble pared se prolonga hasta el labio de la corona, con lo que el fluido de barrido no llega a estar en contacto con la muestra. Todas estas circunstancias afectan favorablemente al grado de recuperación de testigo.
- Este sistema requiere lógicamente extraer toda la sarta de perforación, una vez que el tubo testiguero se ha llenado, para retirar el testigo y volver a introducir el tubo vacío.

# TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN

## A) TUBO TESTIGUERO SIMPLE



## B) TUBO TESTIGUERO DOBLE RIGIDO



1- Corona de diamante

2- Muelle sacatestigos

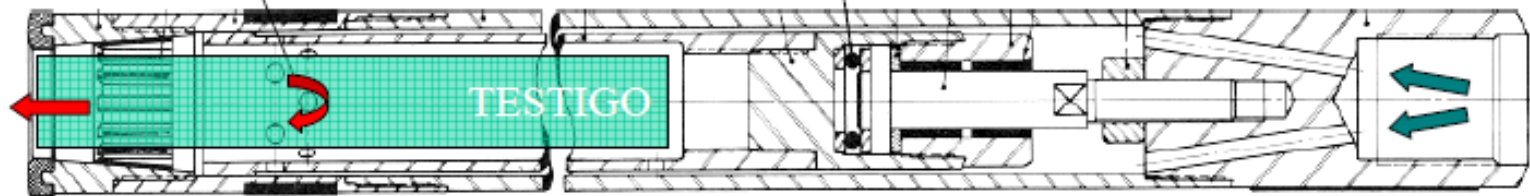
3- Calibrador (escariador)

# TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN

## A) DE SALIDA INTERIOR

Salida interior del fluido de barrido

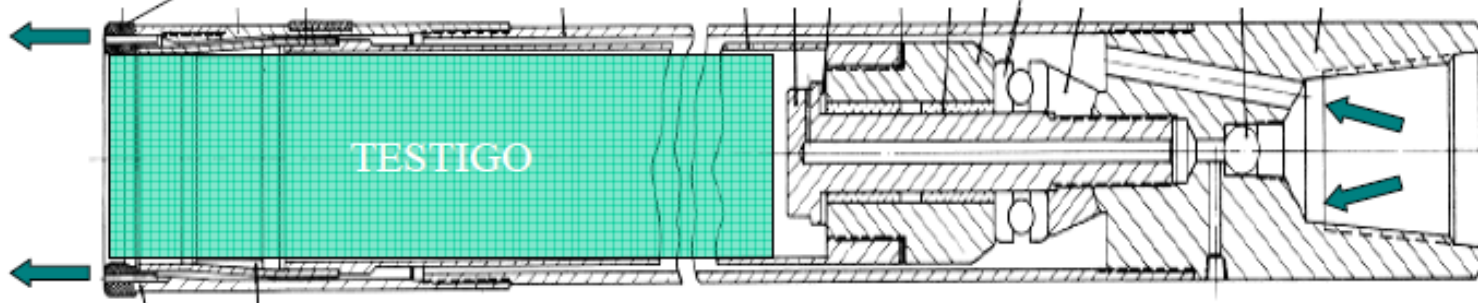
RODAMIENTO



## B) DE SALIDA FRONTAL

Corona descarga frontal

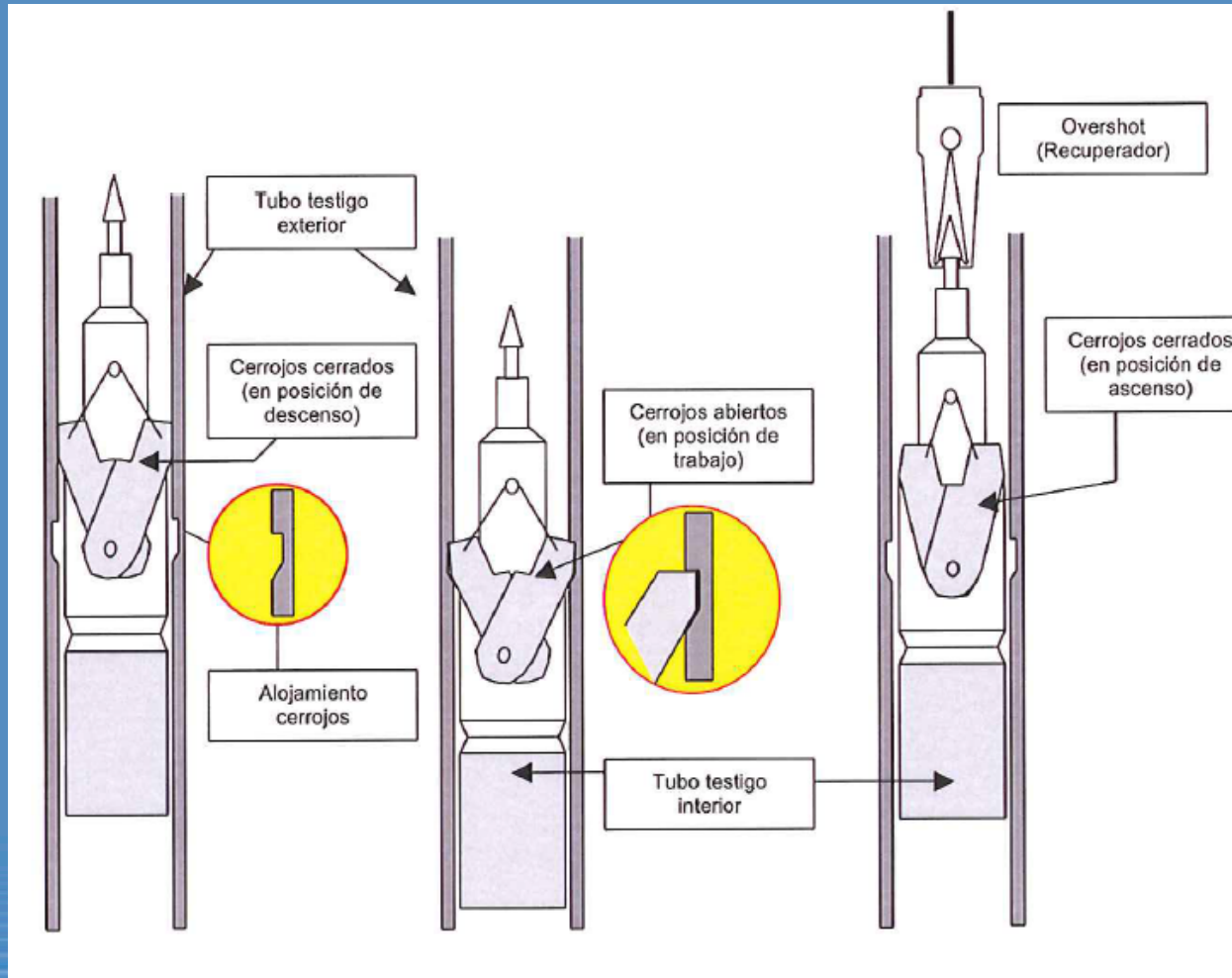
RODAMIENTO



## TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN

- Esta es una maniobra que hay que repetir frecuentemente y que, en sondeos profundos, puede llevar bastante tiempo.
- Para estos casos se desarrolló el sistema "wire-line" que consiste en un tubo testiguero doble, cuyo cuerpo interior está unido al exterior mediante un sistema de retención mecánico. De esta forma cuando el tubo interior ha recogido el testigo, se lanza por el interior del varillaje un arpón, sujeto por un cable, que "pesca" el tubo por su parte superior y al mismo tiempo libera el mecanismo de retención.
- El tubo con el testigo se saca a continuación por el interior del varillaje sin necesidad de extraer éste. Obviamente este sistema implica la utilización de un varillaje de mayor sección interior que el normal y la obtención de un testigo de menor diámetro.

# TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN



# TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN

## TESTIFICACIÓN POR CAPTACIÓN DEL DETRITUS

- La captación de los detritus de cualquier perforación proporciona también una cierta información de los terrenos atravesados que aunque no es comparable con la obtenida con el testigo continuo es en ciertos casos suficiente.
- Esta técnica consiste en separar periódicamente del fluido de barrido el detritus transportado por éste como muestra representativa del terreno y correspondiente a un determinado tramo del sondeo

# TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN

## TESTIFICACIÓN POR CAPTACIÓN DEL DETRITUS

- **Ventajas:** El no tener que extraer periódicamente el tubo testiguero para recoger la muestra permite una perforación más rápida y económica.
- **Inconvenientes:** la clasificación, gravimétrica y por tamaños, que tiene lugar dentro del sondeo y la posible contaminación del detritus por materiales arrastrados de las paredes del mismo hace que la información proporcionada sea mucho menos fiable y completa que la que se obtiene del testigo continuo.

# TÉCNICAS DE TESTIFICACIÓN

## TESTIFICACIÓN POR CAPTACIÓN DEL DETRITUS

