

The background of the slide is a faded, grayscale image of an oil field. It features several pumpjacks (oil pumps) in the foreground and middle ground, and a tall drilling rig in the center. The sky is bright and hazy, suggesting a sunrise or sunset. The overall tone is industrial and professional.

Equipos y Herramientas de Perforación de Pozos

Equipos de Perforación: Sistema de Control de Brotes

Ing. Juan Carlos Sabido Alcántara

Ingeniero Petrolero

Facultad de Ingeniería UNAM



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Este sistema es aquel que es necesario tener pero que debemos de evitar usar, esto es porque si lo utilizamos es probable que nos encontremos en una situación de alto riesgo para la operación, el equipo y sobre todo el personal.
- Su función es la de controlar la entrada de fluidos provenientes del yacimiento al pozo y evitar una posible manifestación violenta en superficie, es decir, fluidos saliendo del pozo a alta presión y temperatura.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Para entender la función de los equipo que integran el Sistema de Control de Brotes primero debemos conocer y comprender lo que es un brote, y dominar el concepto de presión durante las operaciones de perforación. Para esto revisaremos las siguientes definiciones.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Brote: “Un flujo no controlado de fluidos de yacimiento en el pozo, y a veces catastróficamente, hacia la superficie. Un reventón puede consistir en agua salada, petróleo, gas o una mezcla de éstos. Los reventones se producen en todos los tipos de operaciones de exploración o producción, no solamente durante las operaciones de perforación. Si los fluidos de yacimiento fluyen hacia otra formación y no a la superficie, el resultado se conoce como reventón subterráneo. Si el pozo que experimenta un reventón posee intervalos significativos de agujero descubierto, es posible que el pozo se obture (o se selle con fragmentos de roca provenientes del derrumbe de las formaciones) en el fondo; por ende, se evitará cualquier esfuerzo de intervención.” – Oilfield Glossary, Schlumberger.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Brote: Se presenta cuando la presión ejercida por la columna del fluido de perforación es menor que la presión de los fluidos contenidos en el yacimiento, dicha presión se conoce comúnmente como Presión de Poro y su relevancia abarca las tres ramas de la Ingeniería Petrolera: Perforación, Yacimientos y Producción.
- Descontrol: El descontrol es un brote que no se ha podido manipular a voluntad manteniéndolo en una condición segura para la operación, el equipo y el personal.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Presión de Poro: “La presión de poro es a la que se encuentran sometidos los fluidos en los poros.” - *José Alejandro Isidro García*.
- “La presión de poro es la presión con la que se encuentran los fluidos dentro del volumen poroso en el yacimiento.” - *Arturo Azael Alcocer Bonilla*.
- “La presión de poro es la que ejercen los fluidos en el espacio poroso de la formación sobre la matriz de la roca.” – *Juan Carlos Sabido Alcántara*.
- Los fluidos generalmente son aceite, gas y agua de formación.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Palabras menos palabras más, generalmente sobre los mismos conceptos, este tipo de definiciones acerca de la presión de poro son las más simples, son a grandes rasgos ciertas, pero no son realmente una definición completa desde un punto de vista ingenieril. Para definir con precisión a la presión de poro es necesario abordar otros conceptos.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- La formación de las rocas sedimentarias ocurre cuando se depositan capas de sedimentos bajo diferentes ambientes de depósito, todo esto ocurre a lo largo de millones de años.
- Durante este proceso la presión de sobrecarga se incrementa conforme los sedimentos se acumulan.

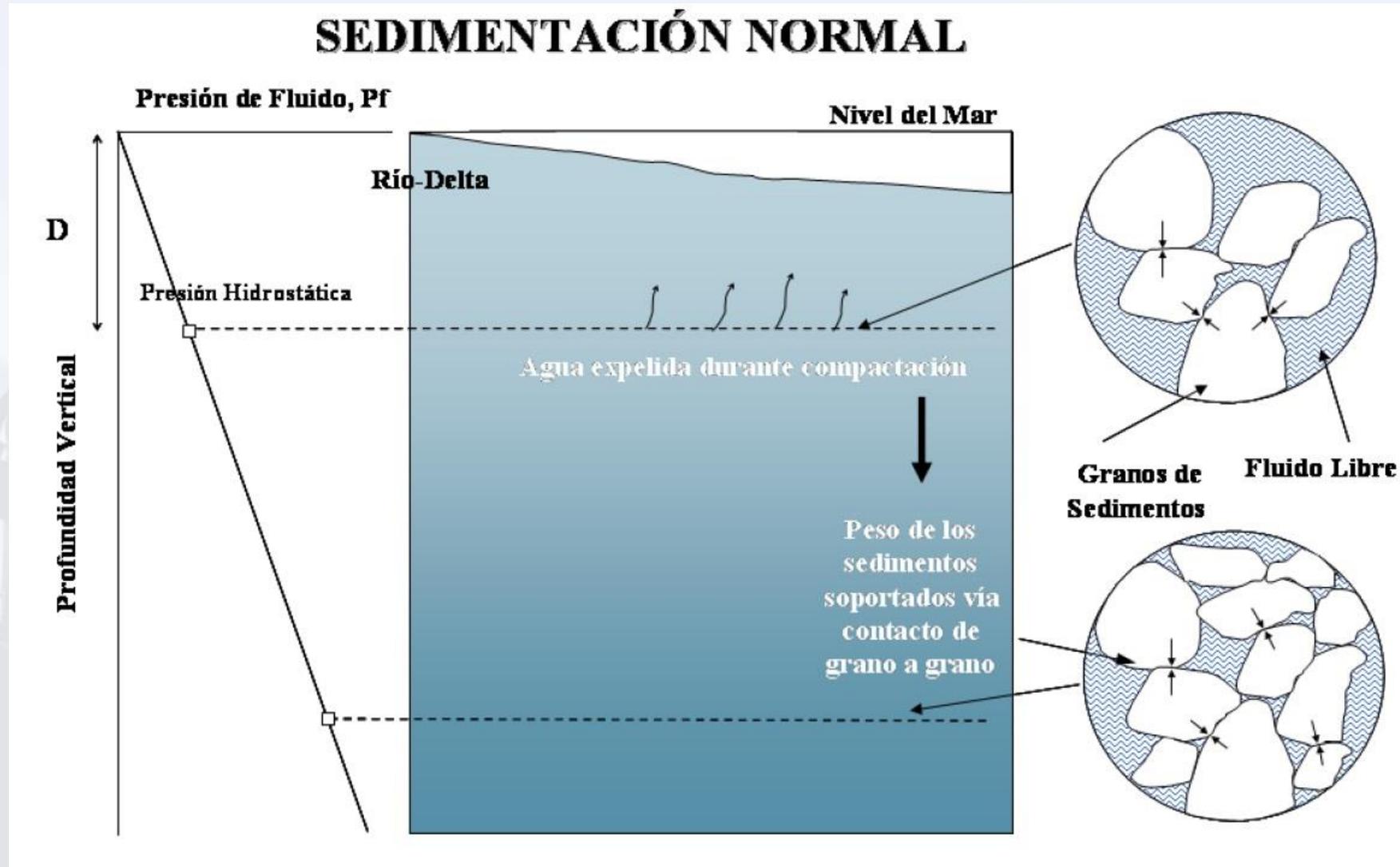
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- El incremento de la sobrecarga compacta los sedimentos, esto se refleja en un decremento de la porosidad.
- Dicho de otra forma, el proceso de compactación ocurre mientras que el agua de formación es expulsada del espacio poroso, y el esfuerzo de sobrecarga soportada por esa agua de formación es transferido a la matriz de la roca reduciendo la porosidad.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Si en el proceso de sedimentación y compactación se tiene un balance entre el peso de los sedimentos y la capacidad de las formaciones para expulsar los fluidos, y estos escapan debido a la sobrecarga, la compactación es entonces función de la profundidad, haciendo que la porosidad reduzca, teniendo de esta forma un proceso de compactación normal.

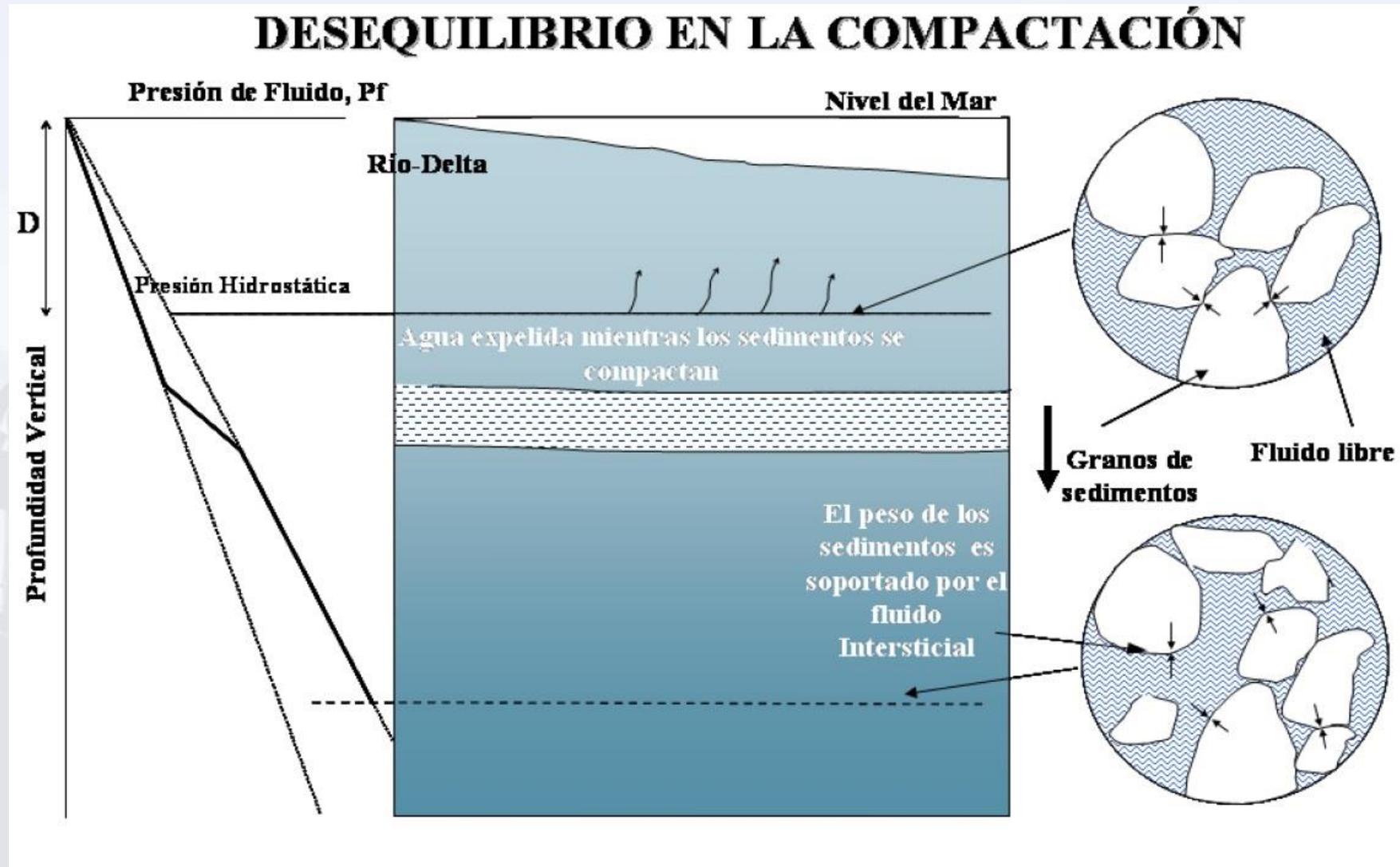
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



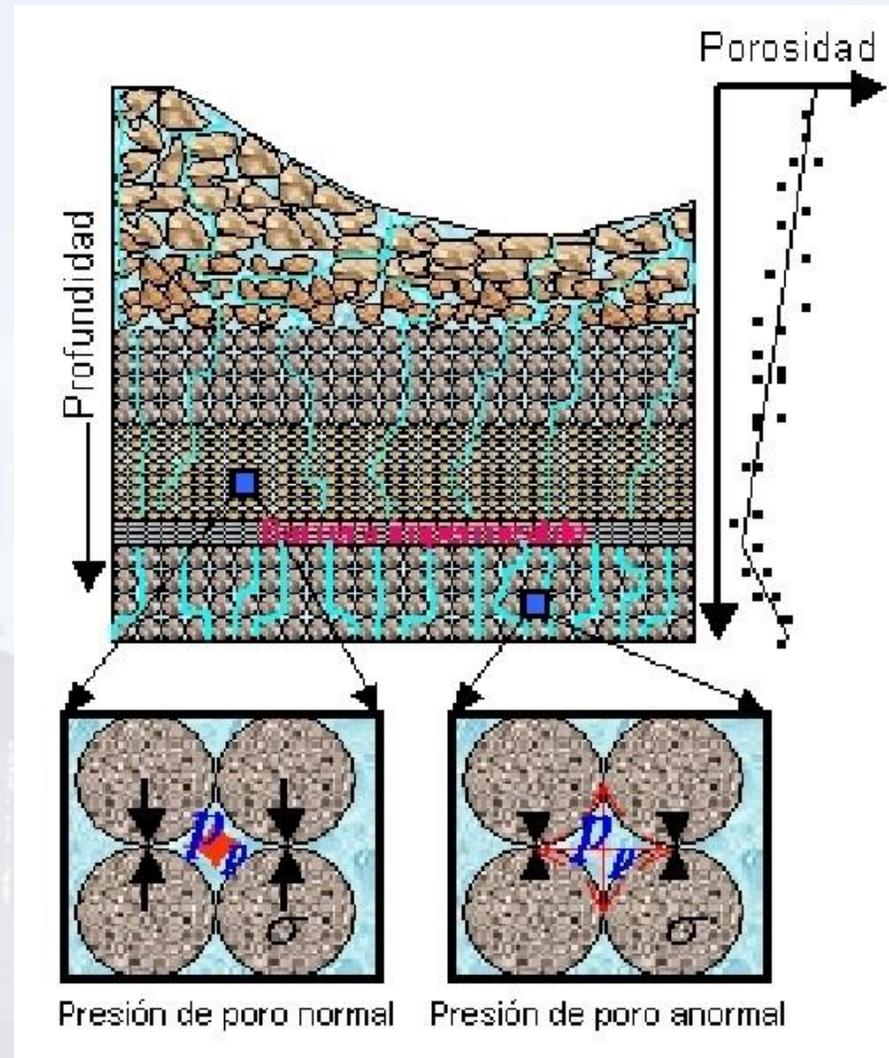
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Si en el proceso de depósito de sedimentos los fluidos no pueden escapar de los poros de la formación, la compactación se detiene evitando que la porosidad se reduzca con la profundidad. A dicho fenómeno se le da el nombre de desequilibrio en la compactación.
- El desequilibrio en la compactación es el principal generador de sobrepresiones, esto es debido a que los fluidos confinados en el espacio poroso soportan mayor parte de la sobrecarga.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Hasta aquí podemos dar una nueva y más atinada definición de PRESIÓN DE PORO:

• *¿Ideas?*

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- La **presión de poro (P_p)** es la presión originada por los procesos de depósito y compactación de sedimentos a la que se encuentran sometidos los fluidos contenidos en los poros de la formación.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

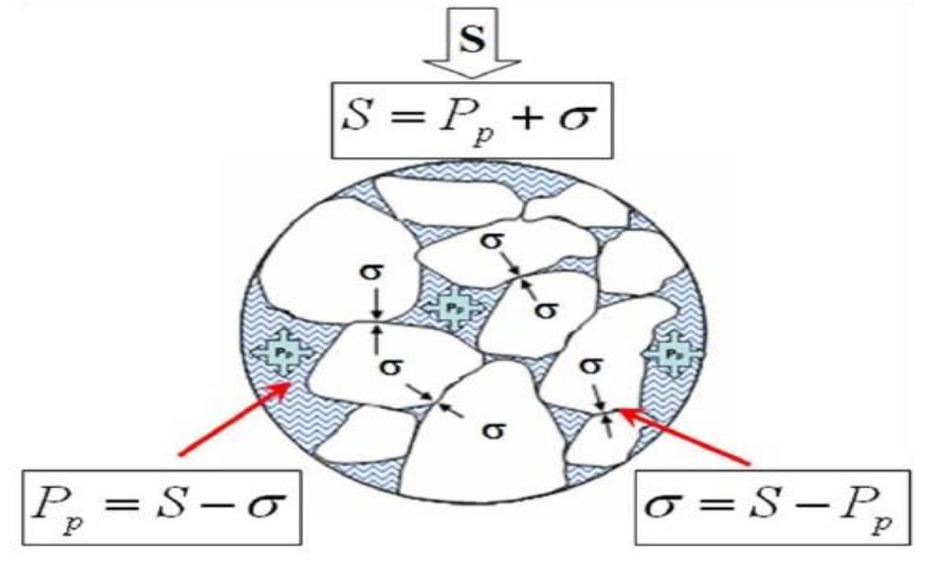
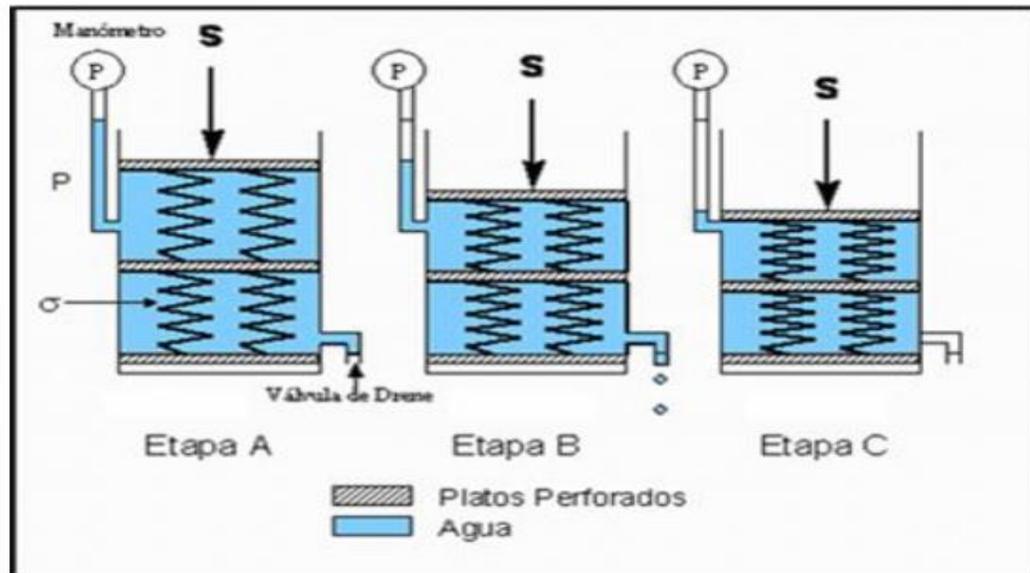
- Recapitulando, el incremento de la **sobrecarga** ocasiona **compactación** de las rocas, reduciendo así el volumen del poro y forzando la expulsión de los fluidos de la formación.
- La pérdida de porosidad varía con el tipo de roca, cada tipo tendrá un límite inferior más allá de la cual ninguna compactación mecánica posterior es posible, y a partir de ahí, la pérdida de porosidad es debido a la compactación química.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Para explicar el proceso de compactación de la roca se utiliza el modelo descrito por **Terzaghi**, consiste de un recipiente cilíndrico que tiene una serie de pistones separados por resortes, el espacio entre los pistones está lleno con agua y los pistones están perforados.
- **Hottman y Johnson** utilizaron este modelo más adelante para definir la presión de formación.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Etapa A:** Válvula de drene cerrada, al aplicar una carga (S), la presión en el fluido (P) se incrementa, y los resortes (σ) no soportan parte de la carga (S).
- **Etapa B:** La válvula de drene se abre, la presión en el fluido (P) se reduce y los resortes (σ) empiezan a soportar parte de la carga.
- **Etapa C:** La presión en el fluido (P) es debida a la altura de su columna y los resortes (σ) soportan también parte de la carga (S).



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Concluimos así que:

- $P_p = S - \sigma$

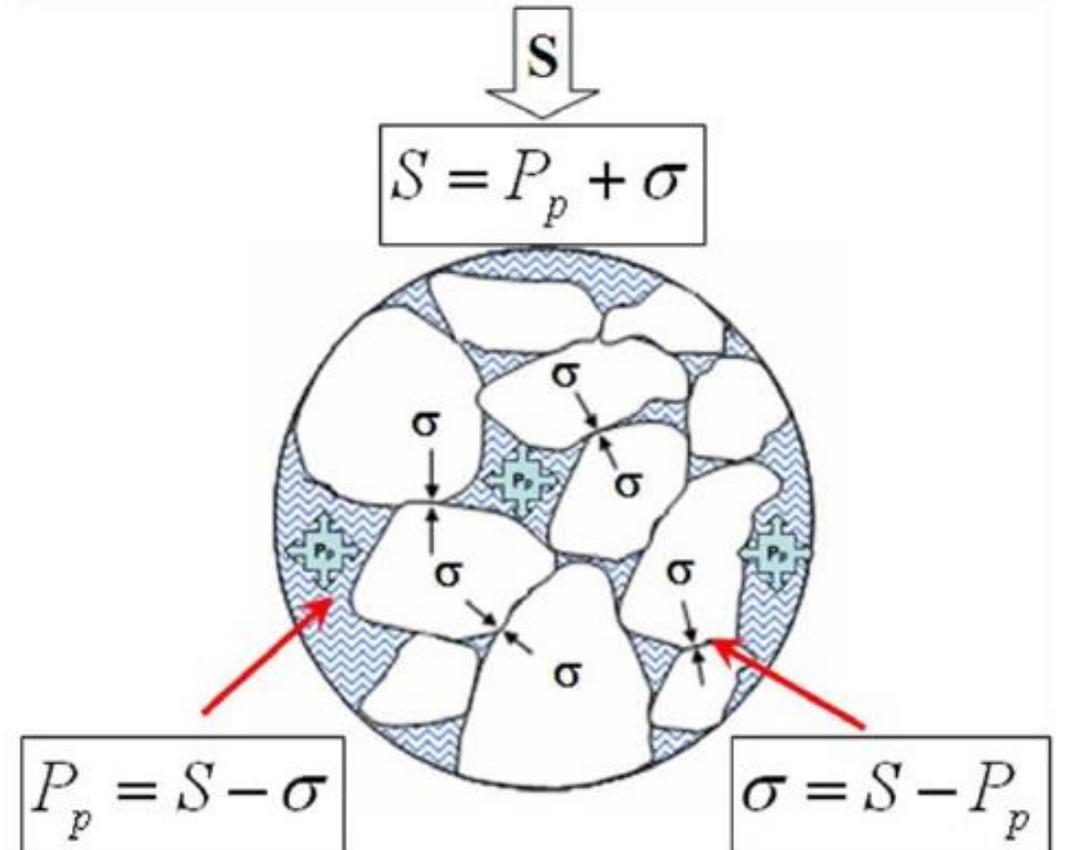
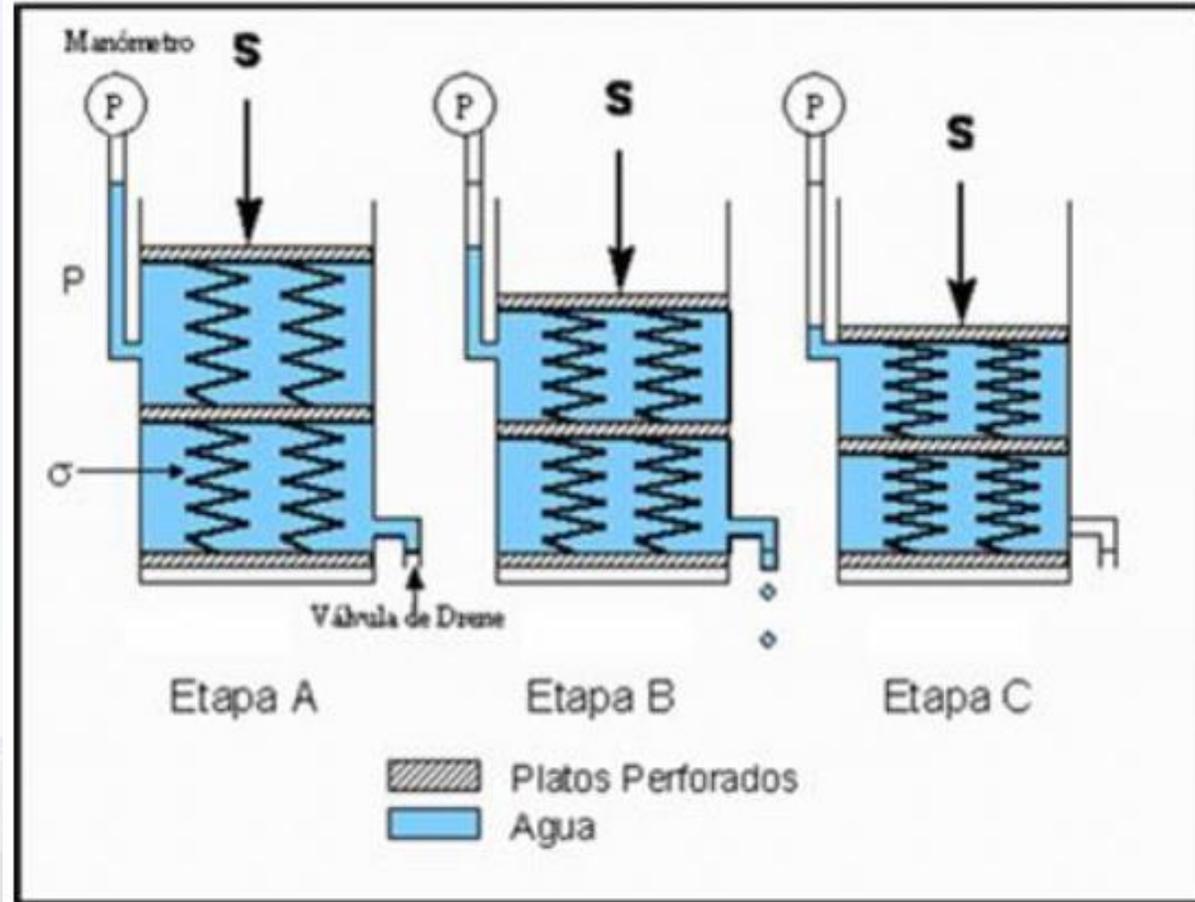
- En donde la **presión de poro** P_p es la presión originada por los procesos geológicos de depósito y compactación de la roca a la que se encuentran sometidos los fluidos contenidos en los espacios porosos de la formación.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

$$\bullet P_p = S - \sigma$$

- La **presión de sobrecarga S** es el peso de la columna de roca más los fluidos contenidos en el espacio poroso que soporta una formación a una determinada profundidad.
- El **esfuerzo efectivo o de matriz σ** es el esfuerzo generado por el contacto grano a grano de la matriz de roca, el cuál está en función de la sobrecarga a la profundidad de interés.

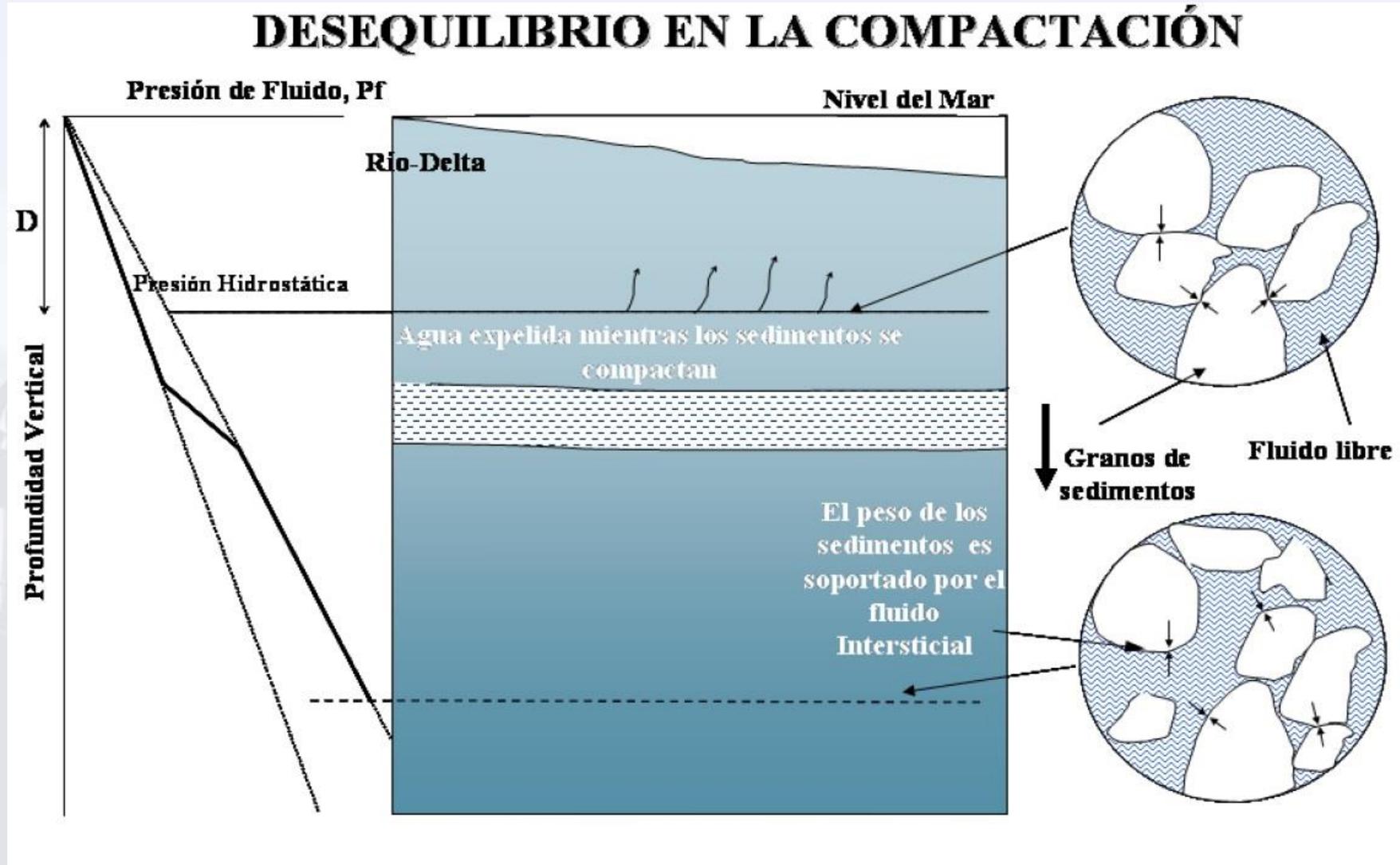
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Presiones anormales:** Volvamos al desequilibrio en la compactación, cuando los procesos de sedimentación y compactación no se llevan de manera “normal”, ese desequilibrio provocará una condición anormal no solamente en la porosidad de la roca, también se reflejara en la presión de poro.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Presiones anormales:** Al estar perforando se puede llegar a presentar esta condición, en la que si no se conoce la zona, ya sea por falta de información (pozo exploratorio) o por error en el análisis de la misma (error humano), puede ocurrir una diferencia muy grande entre la presión por columna de lodo y la presión anormal presente en la formación.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

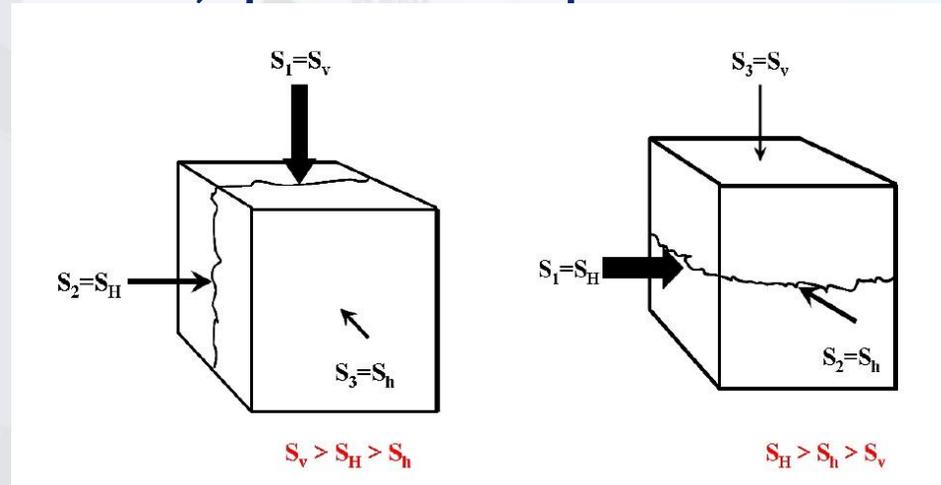
- **Presiones anormales:** Esto provocará un brote y en un alto porcentaje un descontrol.
- **Presiones subnormales:** Estas presiones son lo contrario a las anormales, es decir, debido a algún fenómeno geológico o la explotación misma de los fluidos contenidos en el yacimiento, estos han sido desalojados provocando una baja de presión considerable en la formación.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Presiones subnormales:** Debido a esto se puede presentar el fenómeno de pérdida de circulación parcial, esto es, cuando la presión ejercida por la columna de fluido es mucho mayor que la de presión de poro, el fluido puede comenzar a filtrarse y tener una disminución del flujo de lodo en la superficie, lo que conlleva a diferentes problemas operativos.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- La **presión que soporta una roca sin que se fracture**, es función de su resistencia a la tensión y de los esfuerzos a los que se encuentra sometida en el subsuelo, todo esto se ha determinado a través de experiencias de campo y laboratorio.
- Dependiendo de la magnitud de los esfuerzos principales, la fractura será vertical u horizontal, pero siempre se fracturara perpendicular al esfuerzo mínimo.

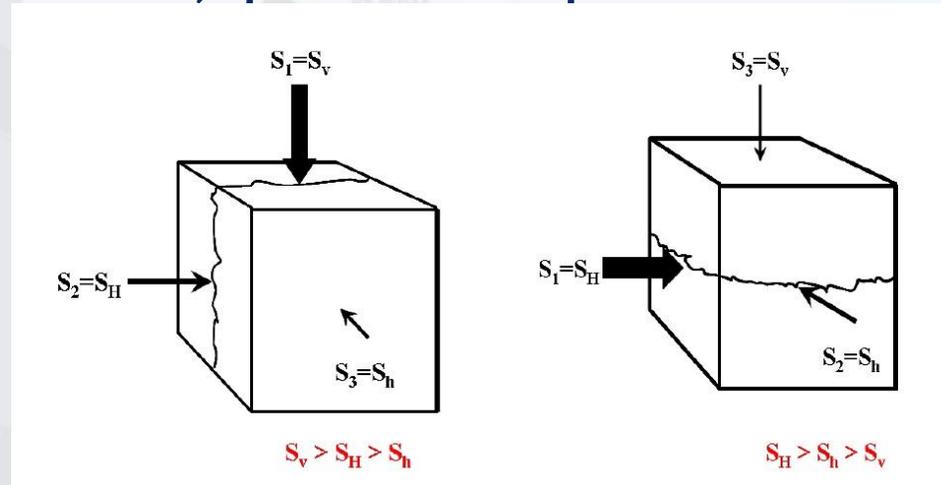


Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- En campo, para definir por anticipado la resistencia a la fractura de la roca se lleva a cabo una prueba de integridad a la presión unos metros debajo de cada punto de asentamiento de tubería de revestimiento.
- Es decir, este tipo de pruebas se realizan durante la perforación del pozo.
- Para efectos del curso la **prueba de hermeticidad de TR** y la **prueba de integridad de formación** serían suficientes, sin embargo hablaremos también de la prueba de goteo o **Leak Off Test**.

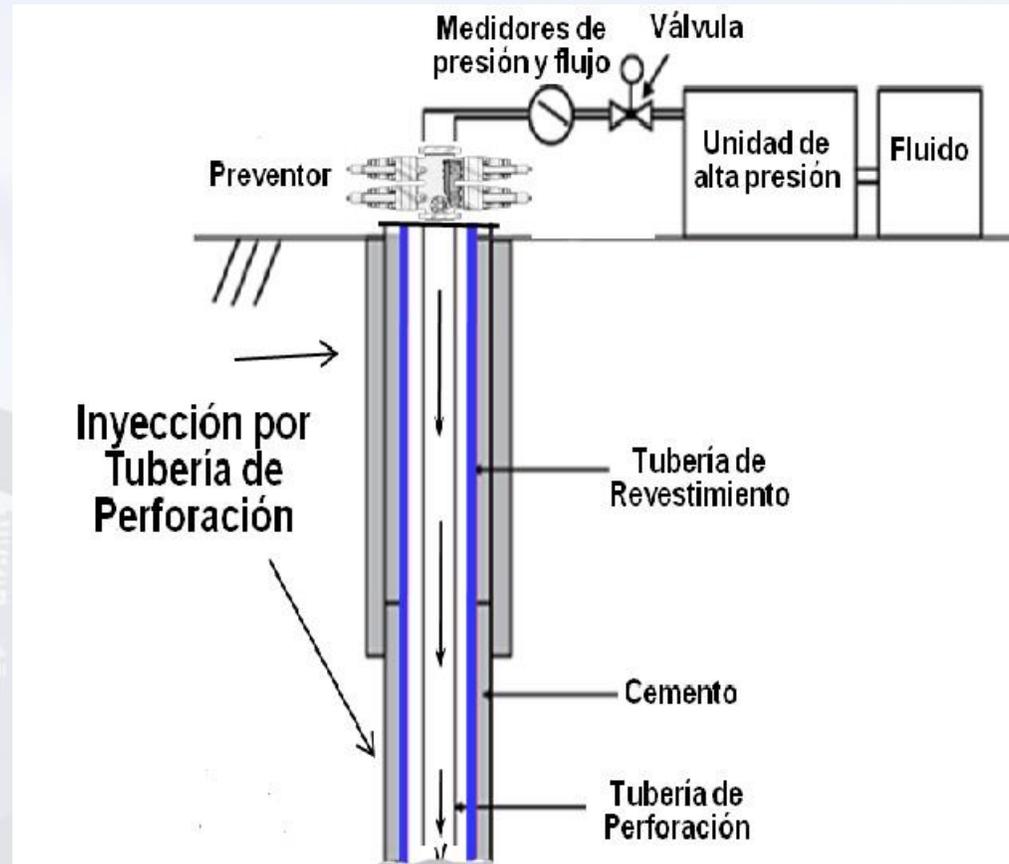
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- La **presión que soporta una roca sin que se fracture**, es función de su resistencia a la tensión y de los esfuerzos a los que se encuentra sometida en el subsuelo, todo esto se ha determinado a través de experiencias de campo y laboratorio.
- Dependiendo de la magnitud de los esfuerzos principales, la fractura será vertical u horizontal, pero siempre se fracturara perpendicular al esfuerzo mínimo.



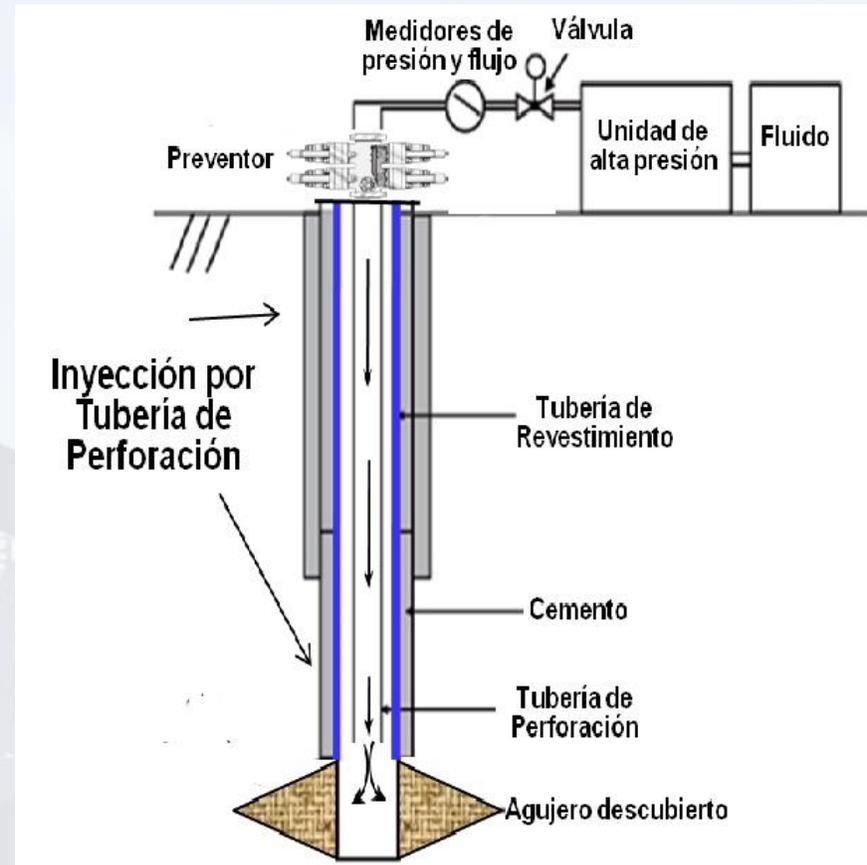
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Prueba de hermeticidad de TR.**



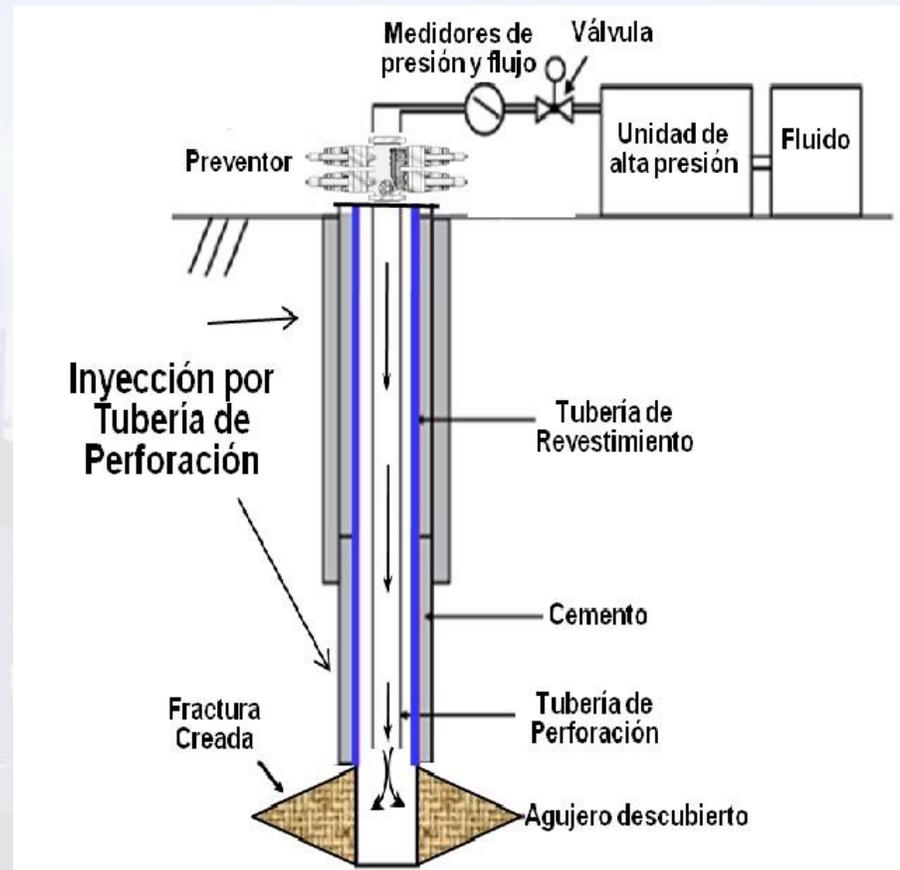
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Prueba de integridad de formación.



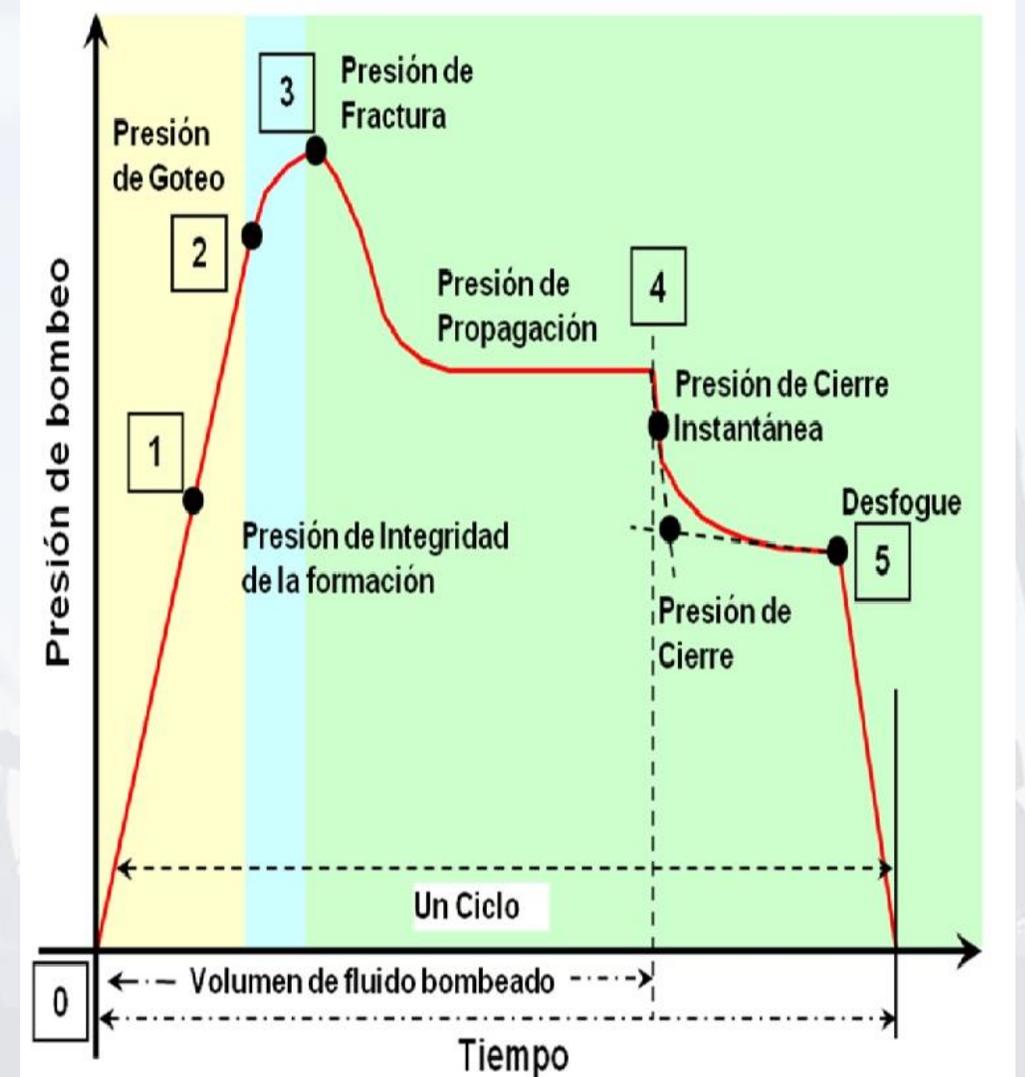
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Prueba de Goteo o Leak of Test.**

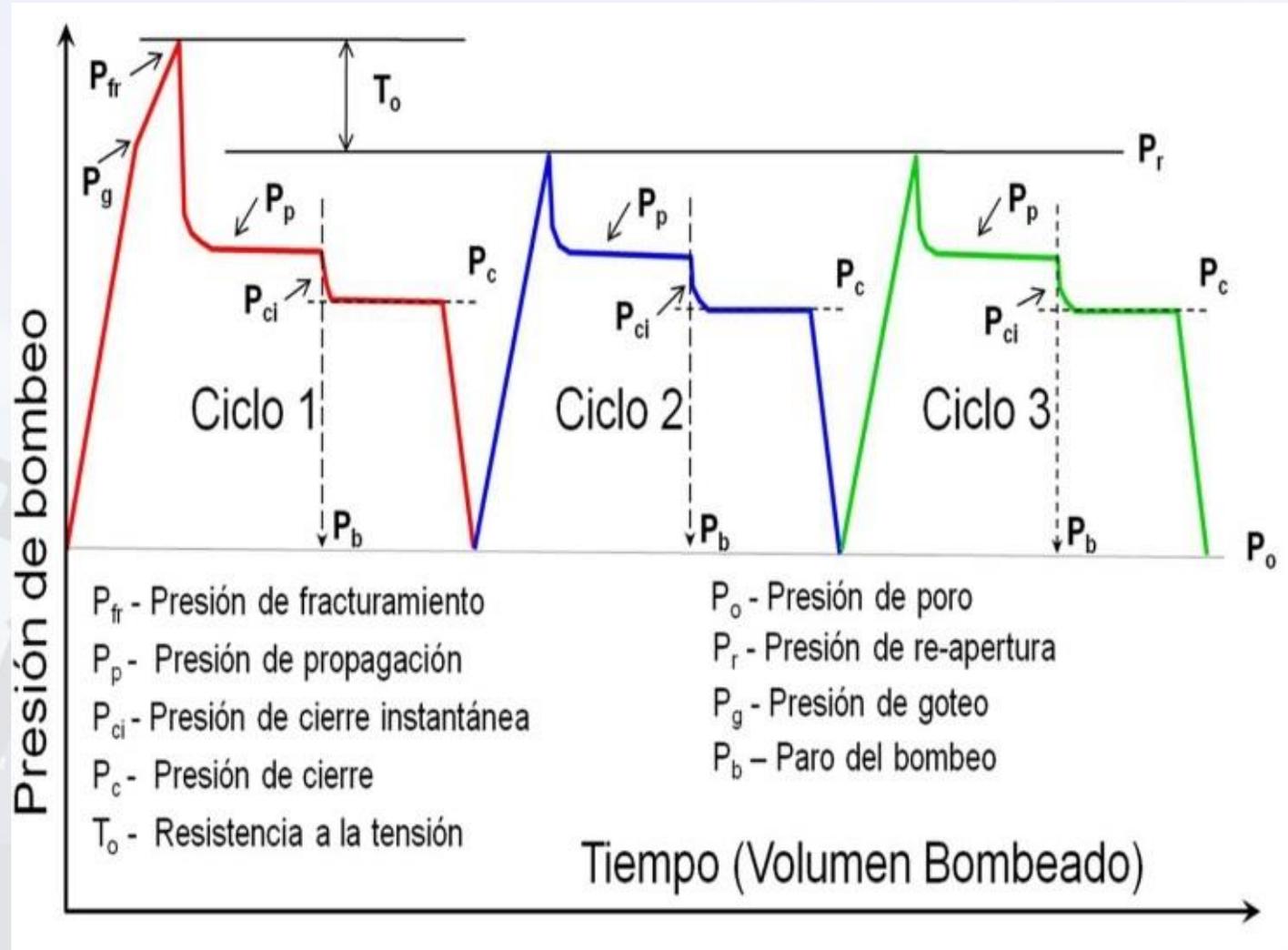


Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Presión de cierre instantáneo (P_{ci})**, valor de presión inmediatamente de que se cesa la inyección de fluido al pozo.
- **Presión de cierre (P_c)**, valor de presión que se mantiene constante durante cierto lapso de tiempo, después de haber cesado el bombeo de fluidos al pozo.
- **Presión de reapertura (P_r)**, valor de presión en el cual la fractura inducida vuelve a abrirse y propagarse.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Gradiente de Fractura:** Es la relación entre la presión de fractura y la profundidad de la formación.

$$GF = \frac{P_{fractura}}{Profundidad}$$

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

• Ejercicios.

- En el **Pozo UNAM 1** se requiere realizar una prueba de goteo. Con TR 9 5/8", Di 8.625" cementada a 4600 m, se perforó a 4605 [m] con barrena de 8 1/2" para hacer la prueba de goteo, el gradiente de fractura conocido para el área es de $GF = 0.90 \left[\frac{psi}{ft} \right]$ el lodo de perforación es de E.l. de 1.32 [gr/cm^3]. **Calcular la presión requerida en la cabeza (presión de bombeo).**
- En el **Pozo UNAM 2** se realizó una prueba de goteo. Con TR 9 5/8", Di 8.625" cementada a 3600 m, se perforó a 3615 [m] con barrena de 8 1/2" para hacer la prueba de goteo, el gradiente de fractura conocido para el área es de $GF = 0.85 \left[\frac{psi}{ft} \right]$. Si la presión en la bomba fue de 2731 [psi]. **¿Cuál fue la densidad de el lodo de perforación en [gr/cm^3]?**

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

• Ejercicios.

- En el **Pozo UNAM 1** se requiere realizar una prueba de goteo. Con TR 9 5/8”, Di 8.625” cementada a 4600 m, se perforó a 4605 [m] con barrena de 8 ½” para hacer la prueba de goteo, el gradiente de fractura conocido para el área es de $GF = 0.90 [psi/ft]$ el lodo de perforación es de E.l. de $1.32 [gr/cm^3]$. **Calcular la presión requerida en la cabeza (presión de bombeo).**

- $P_{frac} = G_{frac} [psi/ft] * Prof [ft] = [psi]$

- $P_{hid} = \frac{\rho [gr/cm^3] * h [m]}{10} = [kg/cm^2]$

- $P_{frac} = P_{hid} + P_{bomba}$

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causas de los Brotes:** En las operaciones de perforación sobre balance se mantiene una presión hidrostática ligeramente mayor que la de formación, de esta forma se previene el riesgo de que ocurra un brote. Caso contrario, si la presión de formación excede a la presión hidrostática ejercida por el lodo ocurrirá un brote, originado por:
 - Densidad insuficiente del lodo.
 - Llenado insuficiente durante los viajes.
 - Sondeo del pozo al sacar tubería demasiado rápido.
 - Contaminación del lodo con gas (“corte”).
 - Pérdidas de circulación.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

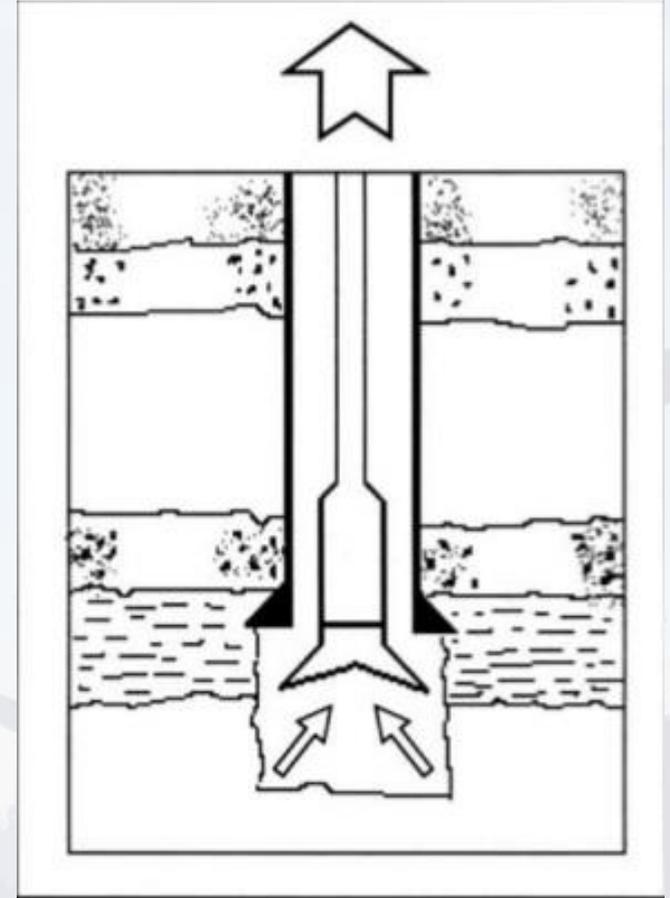
- **Causa 1.- Densidad insuficiente de lodo:** La densidad insuficiente del lodo es una de las causas principales por las que se originan los brotes. Lo ideal es perforar con la densidad de lodo mínima con el objeto de optimizar la velocidad de penetración; es decir, que la presión hidrostática sea solamente la suficiente para contener la presión de formación.
- Cuando se perfora una zona permeable mientras se usan densidades mínimas de lodo, los fluidos de la formación pueden fluir hacia el pozo y así producirse un brote.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 1.- Densidad insuficiente de lodo:** Lo más lógico es pensar “Perforemos con densidades elevadas y así evitar un brote”, esto no es lo más viable por diferentes razones:
 - Se puede exceder el gradiente de fractura de la formación e inducir una pérdida de circulación.
 - Se incrementa el riesgo de tener pegaduras por presión diferencial.
 - Se reduce significativamente la velocidad de penetración.
 - No se puede evaluar el comportamiento de presión del yacimiento.
 - Se daña más la formación por filtración de lodo.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 1.- Densidad insuficiente de lodo:** Es fácil entender entonces porque se debe de perforar con la densidad de lodo apenas suficiente para tener una presión hidrostática por arriba de la presión de poro del yacimiento.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 2.- Llenado insuficiente durante los viajes:** Cuando se saca o introduce tubería dentro del pozo, ya sea de perforación, producción y de revestimiento, el nivel del lodo se reduce (sacando) o se desplaza (metiendo), esto provoca una reducción de la columna de fluido y la consecuencia es lógicamente una reducción en la presión hidrostática en el fondo, por lo que se vuelve fundamental llenar el pozo para evitar esto. El caso más dramático de esto es cuando se extraen o introducen los lastrabarrenas y la HW o en su caso la TR.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 2.- Llenado insuficiente durante los viajes:** Las normas API-16D Y API-RP59, indican que deben de llenarse el espacio anular con lodo antes de que la presión hidrostática de la columna signifique una disminución de 5 kg/cm^2 (71 lb/pg^2) o cada cinco lingadas de tubería. Sin embargo esto no es siempre correcto y es necesario llenar antes, por lo que idealmente debemos de realizar el cálculo para obtener con exactitud cuándo llenar el pozo.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 2.- Llenado insuficiente durante los viajes:**
- Ejercicio 1: En el pozo UNAM 1 se perforó a 2,200 [mD] con lodo de E.l. de 1.22 [gr/cc], se recuperó la barrena a superficie y se planea bajar con tubería franca de X95, 4", 15.70 [lb/pie], y diámetro interno de 3.24" para colocar un tapón de cemento a 1,200 [mD] dentro de una TR N80 de 7 5/8", 45.30 [lb/ft], diámetro interno de 6.435" cuya zapata se encuentra a 1,500 [mD]. Calcular el volumen de fluido desplazado por tramo de 9 [m], calcular el número de tubos introducidos en el pozo para tener una variación de presión de 3 [kg/cm²].

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 2.- Llenado insuficiente durante los viajes:**
- **Ejercicio 2:** En el pozo UNAM 2 se perforó a 3,250 [mD] con lodo de E.I. de 1.36 [gr/cc], se recuperó barrena PDC de 9 ½” a superficie por cambio de la misma y se planea bajar con barrena PDC nueva de 9 ½” tubería de X95, 4 ½”, 13.75 [lb/pie], y diámetro interno de 3.958” con válvula de contrapresión pegada al porta barrena, la TR inmediata es P110 de 7 5/8”, 55.30 [lb/pie], diámetro interno de 6.125” y tiene la zapata 2,000 [mD]. Calcular el volumen de fluido desplazado por tramo de 9 [m], calcular el número de tubos introducidos en el pozo para tener una variación de presión de 3 [kg/cm²].

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 2.- Llenado insuficiente durante los viajes:**
- **Ejercicio 3:** En el pozo UNAM 2 se perforó a 3,650 [mD] con lodo de E.l. de 1.38 [gr/cc], la siguiente operación es recuperar la barrena PDC 9 ½” tubería de X95, 4 ½”, 13.75 [lb/pie], y diámetro interno de 3.958” con válvula de contrapresión pegada al porta barrena, la TR inmediata es P110 de 7 5/8”, 55.30 [lb/pie], diámetro interno de 6.125” y tiene la zapata 2,000 [mD]. Calcular el volumen de fluido desplazado por tramo de 9 [m], calcular el número de tubos introducidos en el pozo para tener una variación de presión de 3 [kg/cm²].

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 3.- Sondeo del pozo al sacar la tubería:** El sondeo se refiere a la acción de pistón y cilindro que ejerce la sarta de perforación dentro del pozo. Es decir, cuando se mueve la sarta hacia arriba, ésta tiende a levantar el lodo con mayor rapidez que la que el lodo tiene para caer por la sarta y la barrena. Si a esto agregamos que en el fondo los lastrabarrenas son de un diámetro más grande el efecto puede ser más crítico. Pensar en un efecto de jeringa también es válido.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 3.- Sondeo del pozo al sacar la tubería:** Esto provoca una reducción de presión que de ser lo suficientemente grande como para disminuir la presión hidrostática a un valor por debajo a la de la formación, se puede generar un desequilibrio que puede causar un brote. Entre las variables que influyen en el efecto de sondeo están las siguientes:
 - Velocidad de extracción de la tubería.
 - Propiedades reológicas (viscosidad alta, gelatinosidad alta, enjarre grueso) del lodo.
 - Geometría del pozo.
 - Estabilización de la sarta.
- De las anteriores, la velocidad de extracción de la tubería es la única variable que puede ser modificada, es sencillo entender la importancia de disminuirla para reducir el efecto de sondeo.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 4.- Contaminación del lodo con gas o “corte”:** Los brotes se pueden originar debido a una reducción en la densidad del lodo a causa de la presencia del gas contenido en la roca perforada por la barrena. Al perforar con altos ritmos de penetración se puede desprender gas contenido en los recortes, si la cantidad de gas liberado es suficiente puede reducir lo suficiente la densidad del lodo, lo que provoca una reducción de la presión en el fondo, si la reducción es suficiente para estar por debajo de la presión de poro tendremos un brote.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 4.- Contaminación del lodo con gas o “corte”:** El gas se detecta en la superficie bajo la forma de lodo “cortado”, una pequeña cantidad de gas en el fondo del pozo representa en la superficie un gran volumen debido a su expansión. Se tienen documentados brotes descontrolados por dicho efecto. Para minimizar el efecto se realizan las siguientes prácticas:
 - Reducir el ritmo de penetración.
 - Aumentar el gasto de circulación.
 - Circular el tiempo necesario para desgasificar el lodo.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 5.- Pérdidas de circulación:** Las pérdidas de circulación son uno de los problemas que más problemas causan durante la perforación de un pozo, en general se tienen dos tipos:
 - Pérdidas naturales.
 - Pérdidas mecánicas o inducidas.
- Si la pérdida de circulación se presenta durante el proceso de la perforación de un pozo, se corre el riesgo de tener un brote, esto se incrementa al estar en zonas de alta presión o de yacimiento en un pozo exploratorio o delimitador.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 5.- Pérdidas de circulación:** Al perder el fluido evidentemente la columna de lodo y la presión hidrostática ejercida por el mismo puede disminuir tanto que permita que se origine un brote. Para reducir las pérdidas de circulación se realizan las siguientes las prácticas:
 - Emplear la densidad mínima de lodo que permita el pozo.
 - Mantener el mínimo de sólidos en el pozo.
 - Mantener los valores reológicos en condiciones óptimas de operación.
 - Reducir las pérdidas de presión por fricción en el espacio anular.
 - Evitar incrementos bruscos de presión.
 - Reducir la velocidad de introducción de la sarta (Jeringa).

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causa 6.- Presión anormal de formación:** Este punto ya se abordó ampliamente, y es evidente que si se atraviesa una zona de presión anormal no prevista las condiciones de lodo no serán las óptimas. En pozos exploratorios en donde no se han identificado dichas zonas el riesgo es mayor, en pozos de desarrollo en campos ya conocidos se pueden tomar las medidas pertinentes, una de ellas es el asentamiento de una TR antes de entrar a la formación anormalmente presionada. Esta condición excede por lo general $0.1068 \text{ [kg/cm}^2\text{/m]}$ y en ocasiones para controlar estas presiones de formación se pueden necesitar fluidos de mayor densidad y a veces superiores a los 2.4 [gr/cc] .

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Causas:** Ya conocemos las causas de un brote, ahora es importante reconocer los “avisos” que nos permitirán detectar uno con el tiempo suficiente antes de que se convierta en un descontrol. Un brote puede ocurrir en cualquiera de la siguientes condiciones:
 - Al estar perforando.
 - Al sacar o meter tubería de perforación o de revestimiento.
 - Al sacar o meter herramienta.
 - Al no tener tubería dentro del pozo.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes:** Cuando ocurre un brote, el lodo es desplazado fuera del pozo. Los indicadores definidos de que el lodo está fluyendo fuera del pozo son:
 - Aumento del volumen en presas.
 - Aumento en el gasto de salida mientras se está circulando con gasto constante.
 - Flujo del pozo sin bombeo (bomba detenida).
 - Que el pozo acepte menos lodo al llenarlo mientras se saca o mete tubería o desplace del pozo más lodo que el calculado para el viaje.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes:** Otros indicadores de la presencia de un brote no relacionados a desplazamiento de lodo fuera del pozo son:
 - Aumento en el ritmo de penetración.
 - Disminución en la presión de circulación y aumento en el número de emboladas de la bomba.
 - Aumento en el gas del viaje, de conexión o de fondo.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes definidos:**
- **AUMENTO DE VOLUMEN EN PRESAS.**
- Si no se añade fluido a las presas de lodo, una ganancia en el volumen de cualquiera de éstos, al estar perforando, es un signo seguro de que se tiene un brote. Para esto se cuenta con equipo de medición de volumen tan sofisticado como la famosa tuerca con cuerda hasta sensores de alta tecnología que deben de tenerse en las presas para identificar dichas ganancias de lodo en superficie.
- **AUMENTO EN EL GASTO DE SALIDA**
- Un aumento en el gasto normal de salida es también un indicador de que está ocurriendo un brote, que a su vez está empujando lodo adicional fuera del pozo. Esta situación puede ser detectada observando el flujo del lodo a través de la temblorina y cualquier cambio fuera de lo normal; existen equipos medidores de gasto, que pueden detectar esas variaciones en forma automática.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes definidos:**

- **FLUJO SIN CIRCULACIÓN**

- Un pozo fluyendo sin bombeo, es decir con las bombas detenidas, es sin duda alguna un brote ocurriendo. Para esto se requiere “Observar el pozo”, esto es que el espacio anular se observa para determinar si el pozo continúa fluyendo o si el nivel estático del fluido está aumentando.

- **EL POZO ACEPTA MENOS LODO O DESPLAZA MÁS EN LOS VIAJES**

- Cuando se realiza un viaje (introducción o extracción de tubería) es más difícil detectar un brote. En cualquiera de los dos casos, para poder detectar un brote en sus inicios, es necesario llevar un control de la cantidad de tubería introducida o sacada del pozo y el correspondiente volumen de lodo desplazado o requerido para su llenado correspondiente. Algo que ya hemos visto anteriormente.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes definidos:**
- **EL POZO ACEPTA MENOS LODO O DESPLAZA MÁS EN LOS VIAJES**
- Cuando se realiza un viaje (introducción o extracción de tubería) es más difícil detectar un brote. En cualquiera de los dos casos, para poder detectar un brote en sus inicios, es necesario llevar un control de la cantidad de tubería introducida o sacada del pozo y el correspondiente volumen de lodo desplazado o requerido para su llenado correspondiente. Algo que ya hemos visto anteriormente.
- Si se mete tubería se desplazará una cierta cantidad de fluido, si dicha cantidad es mayor que la calculada entonces se está presentando un brote, en el caso de sacar tubería hay que llenar el pozo, si el pozo se llena con menor cantidad de fluido que la calculada es indicador de que se está presentando un brote. Para ambos casos se hace uso de un recipiente llamado tanque de viajes en el que se cuantifica el volumen desplazado o el que se ha llenado en el pozo.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes indefinidos:**
- **AUMENTO EN LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN**
- Un aumento en la velocidad de perforación puede ser indicador de un brote. El ritmo de penetración de factores ya vistos anteriormente:
 - El peso sobre la barrena
 - Velocidad de rotación
 - Densidad de lodo
 - Hidráulica y
 - Características de la formación

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes indefinidos:**
- **AUMENTO EN LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN**
- El ROP también está determinado por la presión diferencial entre la presión hidrostática del lodo y la presión de formación. Es decir, que si la presión de formación es mayor que la presión hidrostática dentro del pozo, aumentará considerablemente la velocidad de penetración de la barrena. Si esto ocurre, y no hay cambios en alguna de las otras variables, puede tratarse de un posible brote, esta posibilidad es mayor cuando se perforan en zonas de presión anormal.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes indefinidos:**
- **DISMINUCIÓN DE LA PRESIÓN DE BOMBEO Y AUMENTO DE EMBOLADAS**
- Cuando ocurre un brote mientras se perfora, los fluidos debido al brote estarán únicamente en el espacio anular, la presencia de esos fluidos (gas o aceite) que tienen una densidad menor que la del lodo, causará que la presión hidrostática en el espacio anular sea menor que la presión hidrostática dentro de la sarta de perforación.
- Esa diferencia de presiones ayuda a que el lodo dentro la sarta fluya hacia el espacio anular “más fácilmente”, esto provoca una disminución de presión de bombeo y con esto el aceleramiento de la bomba de lodo, el cual se manifiesta con un aumento de emboladas.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes indefinidos:**
- **DISMINUCIÓN DE LA PRESIÓN DE BOMBEO Y AUMENTO DE EMBOLADAS**
- Hay que considerar que una disminución de presión de bombeo también puede deberse a lo siguiente:
 - Reducción en el gasto de circulación.
 - Agujero o fisura en la TP.
 - Junta de la sarta lavada por presión.
 - Desprendimiento de una tobera en la barrena.
 - Cambio en las propiedades del lodo.
- Como se observa, la decisión final se tomará después de haber evaluado varios indicadores del brote.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes indefinidos:**
- **AUMENTO EN EL PESO DE LA SARTA DE PERFORACIÓN**
- Este indicador es difícil de detectar, sin embargo en cualquier manual de Control de Brotes se menciona. Cuando ocurre un brote y los fluidos de la formación (que tienen menores densidades que el lodo) entran al pozo, el efecto de flotación de la sarta de perforación se reduce, esto ocasiona un incremento en el peso de la tubería, esto es más representativo en lodos de altas densidades, ya que tienen un factor de flotación mayor.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Indicadores de brotes:**

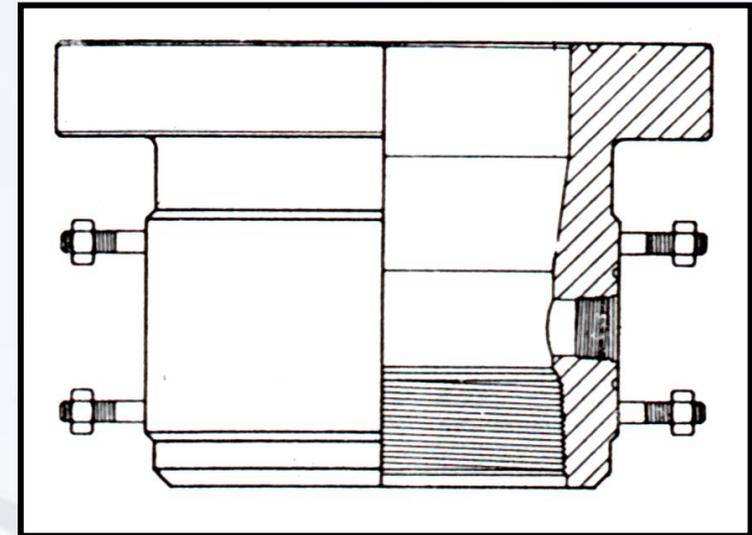
- Ninguno de los indicadores mencionados es absoluto, por lo tanto, se deben de analizar en conjunto y considerar que cuando exista la presencia de algunos de estos indicadores, se justifica el tener que investigar de inmediato la causa, ya que se requiere una pronta respuesta a cualquier indicador para poder mantener en control el pozo.
- La experiencia juega un papel importante, ya que es indispensable no entrar en pánico y poder tomar las decisiones adecuadas para definir si se trata de un brote o no. Existe un comportamiento conocido en campo como “Gas de conexión”, este se origina durante el tiempo en el que la sarta se detiene y queda asentada en cuñas y se realizan las maniobras necesarias para conectar otro tramo de tubería, esto se hace evidentemente sin bombeo, por lo que la Densidad Equivalente de Circulación deja de estar presente y la presión hidrostática no es permite la incorporación de pequeñas cantidades de gas al lodo. Generalmente esto no representa un problema a considerar.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Hasta este punto hemos aprendido lo que es un brote, las causas que lo provocan, los indicadores que se pueden presentar cuando está por ocurrir o ya ocurrió uno, ahora es momento de estudiar como podemos mantener el control del pozo con los equipos superficiales, y los procedimientos y cálculos necesarios para volver a la condición de sobre balance.

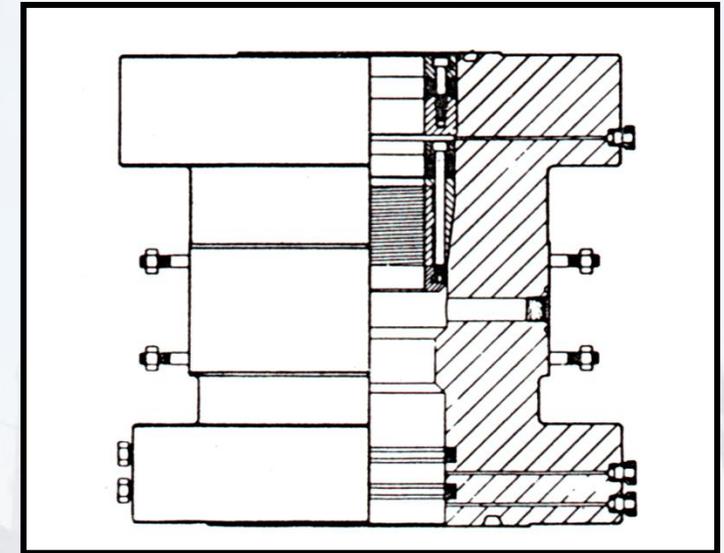
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Cabezal:** Para TR superficial. La parte inferior puede ser soldable o con rosca para servir de enlace a la TR superficial o conductora. La brida superior sirve de base para el carrete de TR, o para instalar el arreglo de preventores. En el interior de la brida tiene un tazón o nido (recto o cónico) donde se alojan las cuñas o bolas colgadoras de la TR siguiente. Las salidas laterales son de brida con ranura para anillos empacadores API y orificios para birlos con tuercas.



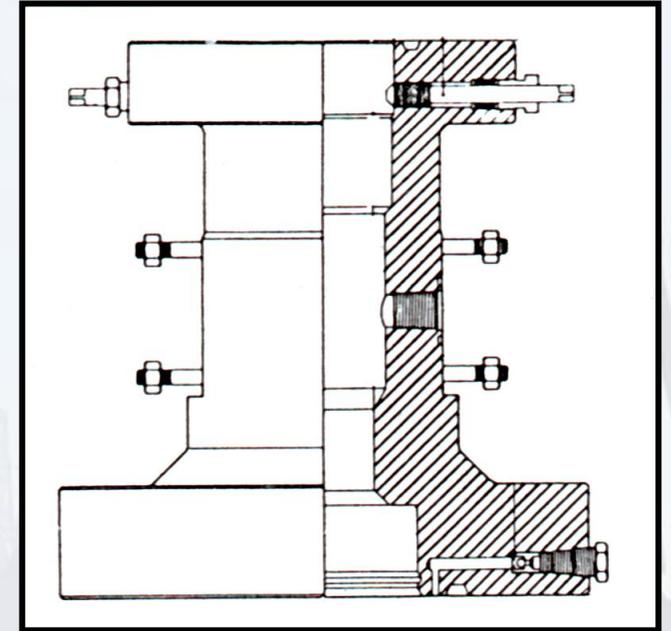
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Cabezal:** Carrete para TR. Por dentro de la brida inferior tiene una preparación para recibir la boca de la TR intermedia y sus sellos secundarios. En el interior de la brida superior (tazón recto o cónico) acepta las cuñas que sostendrán las siguientes TR. Las salidas laterales son de bridas con ranuras para anillos API y orificios para birlos con tuercas. Cada cabezal y carrete de TR tiene instalado en sus salidas laterales una o dos válvulas de compuerta para el control de los espacios anulares de las tuberías de revestimiento.



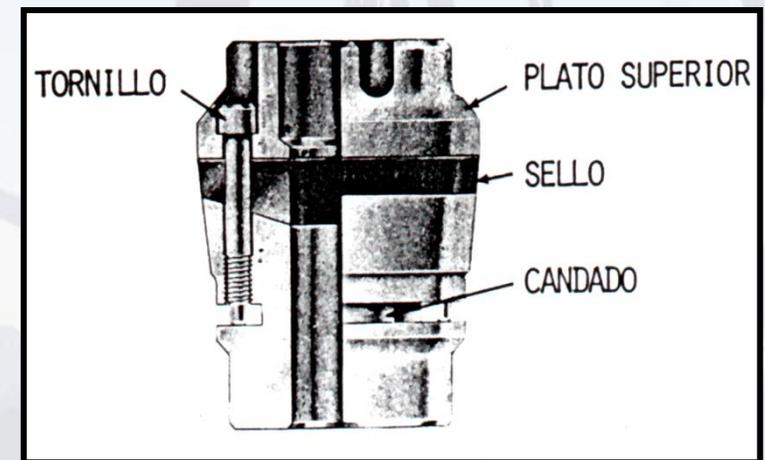
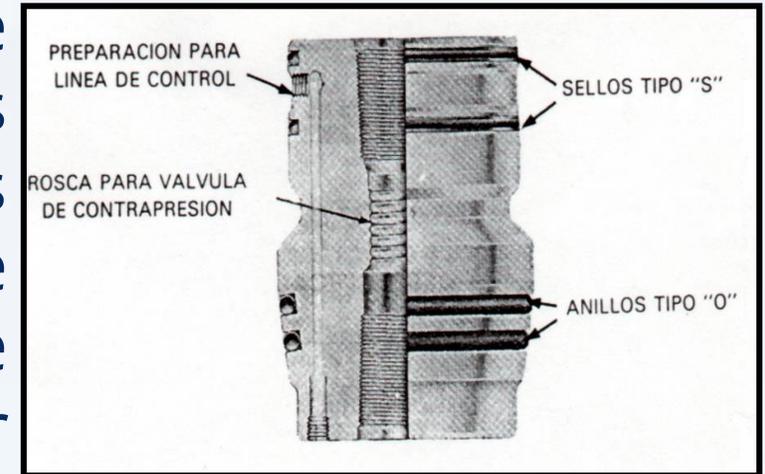
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Cabezal:** Carrete de Producción. Estos ensambles se surten para varios tamaños y presiones de trabajos. Sirve de enlace entre un cabezal o carrete de TR y el medio árbol de válvulas o para instalar el arreglo de preventores por su brida superior. Dentro de la brida inferior recibe el conjunto de sellos secundarios que circunda la última tubería de revestimiento que llegue hasta la superficie. Alrededor de la brida superior tiene los yugos que sujetan al colgador de tubería de producción. Además cuentan con salidas laterales con ranuras para anillos API y birlos con tuercas.

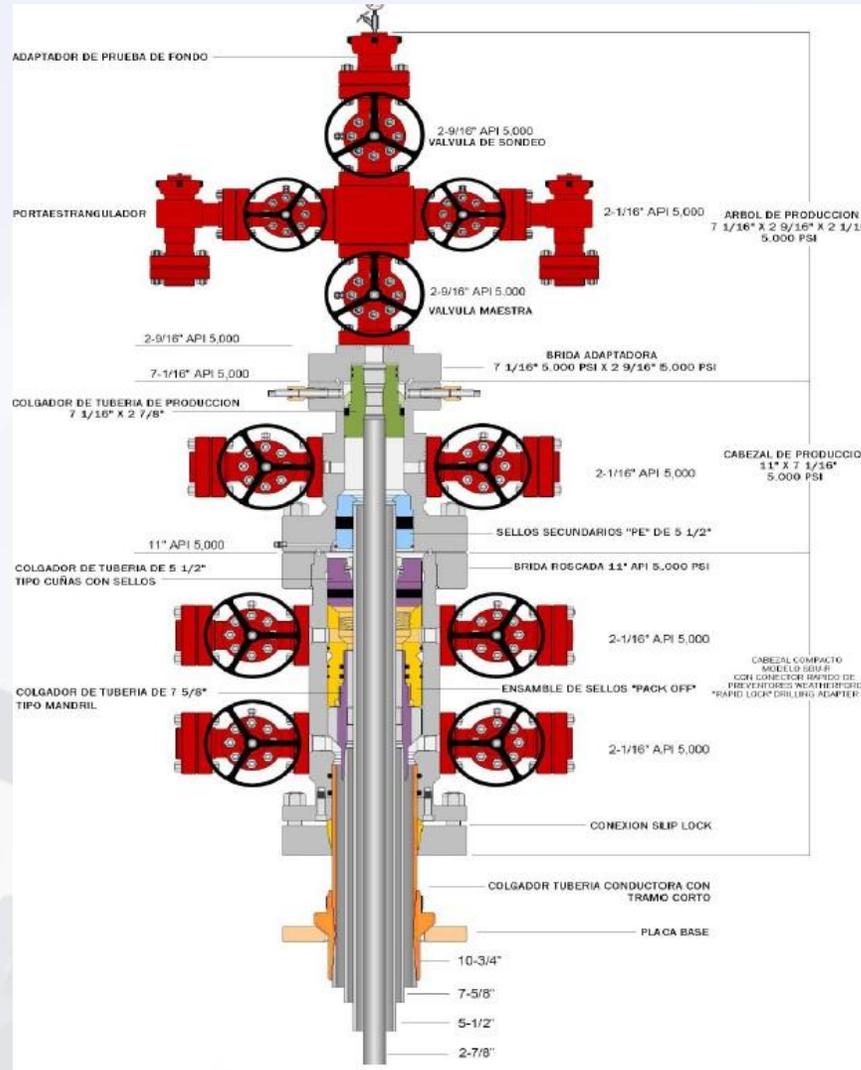


Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Cabezal:** Bolas colgadoras y envolventes. Se alojan en el “nido” del cabezal de TR o TP. Es “colgadora” cuando sostiene a la TR o TP y es “envolvente” cuando las circunda, también se utiliza un niple o colgador de TP el cual se enrosca o aloja en el carrete adaptador-colgador del medio árbol de válvulas.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

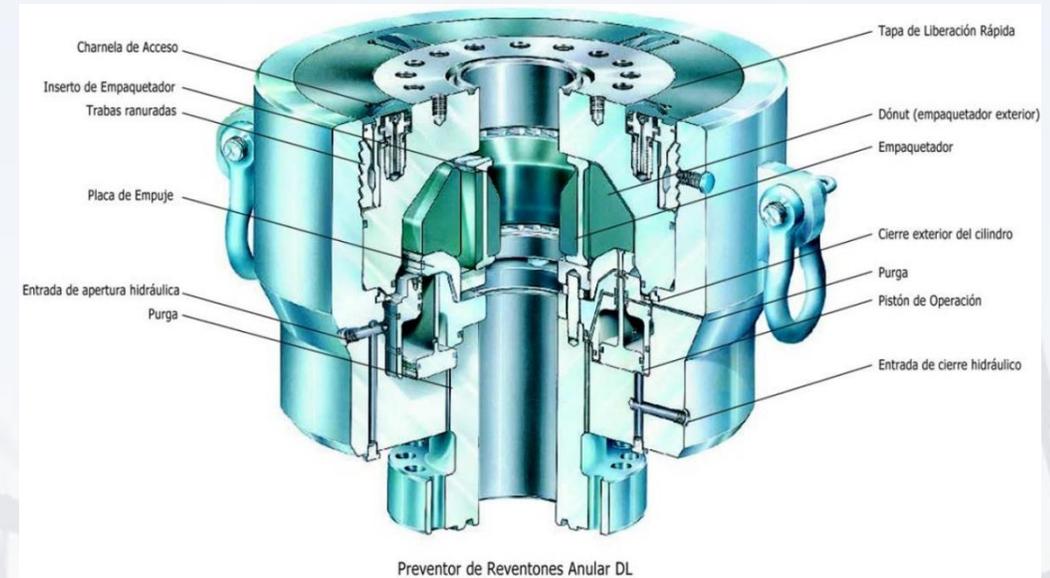
- **Preventores (Blow Out Preventer BOP):** El sistema de Preventores es realmente un juego de válvulas hidráulicas de grandes dimensiones. Los BOP tienen diámetros grandes, están clasificados para alta presión y operan rápidamente. Sirven para cerrar el pozo en una situación de brote y evitar un descontrol, una vez conseguido esto permiten regresar al pozo a una situación de sobre balance.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores Anulares:** Conocidos comúnmente como preventores esféricos o simplemente Hydrils por la marca de mayor comercialización, probablemente sean los dispositivos más versátiles para controlar la presión en el cabezal del pozo. El preventor anular se utiliza como un sello de cierre alrededor de cualquier cosa que pueda estar en el pozo y como un cabezal de lubricación para mover o deslizar la tubería bajo presión.

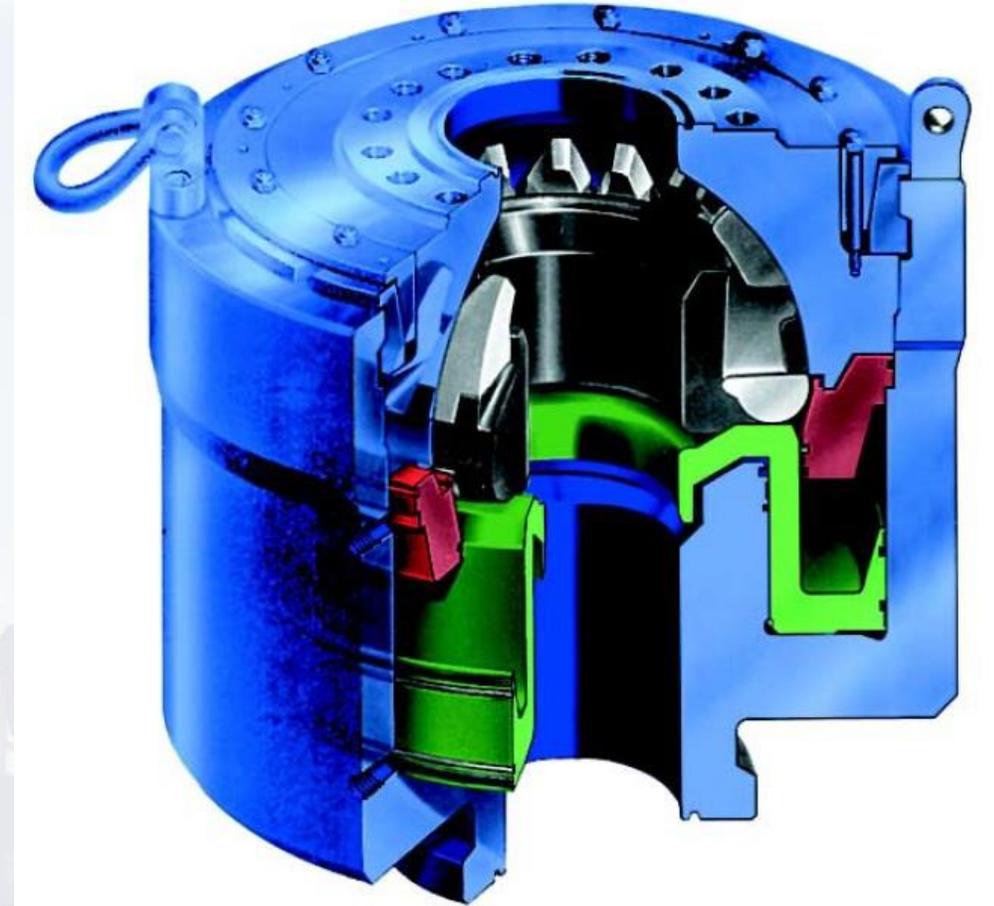
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores Anulares:** La mayoría de los preventores anulares modernos cierran alrededor de la flecha kelly, los lastrabarrenas, la tubería de perforación, la sarta de trabajo, la TR, las líneas de cables o, en una emergencia, el pozo abierto sin tubería.



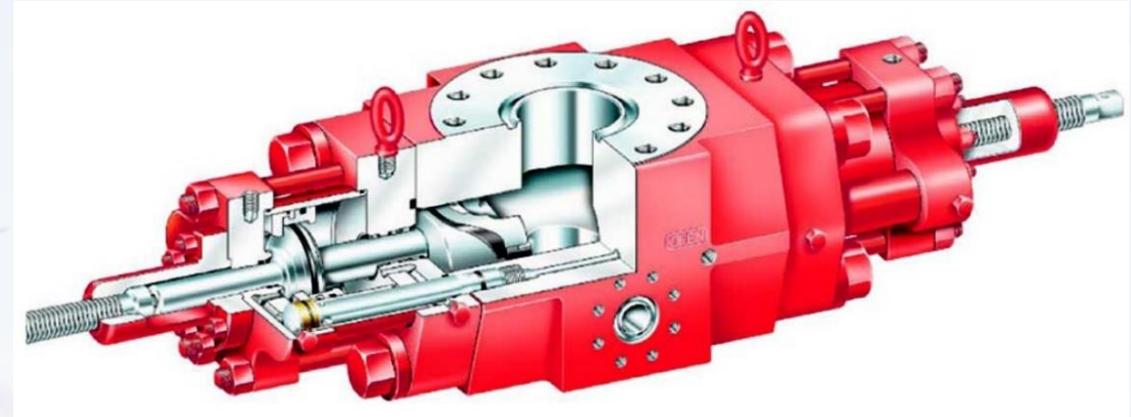
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores Anulares:** El preventor consiste de un elemento de empaque circular hecho de goma, un pistón, un cuerpo y un cabezal (tapa). Cuando se bombea fluido hidráulico en la cámara de cierre, ocurre una secuencia en la cual el elemento de sellado es empujado hacia adentro.



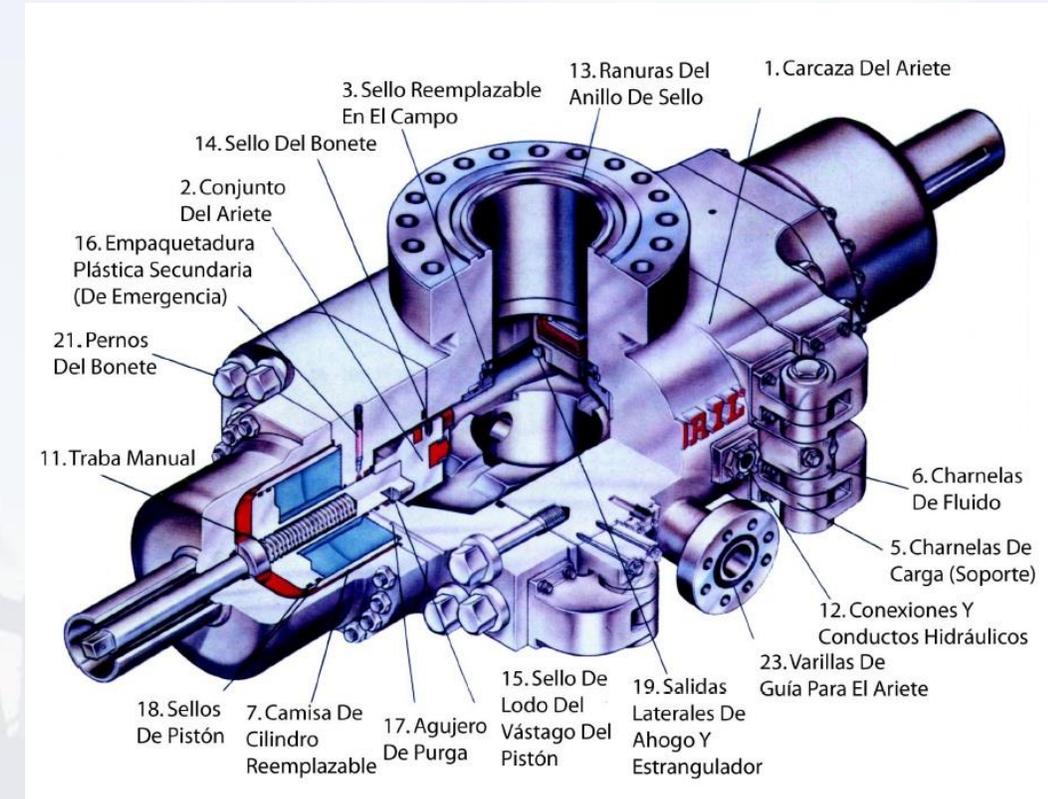
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores de Ariete o RAMS:** El ariete de tubería es el preventor básico. La confiabilidad de este preventor se debe en parte a su simplicidad. La mayoría de los preventores de ariete se cierran con una presión de operación de 1,500 [psi] y esto no debe variar a no ser que las condiciones específicas o el tipo de ariete requieran una presión o un procedimiento diferente.



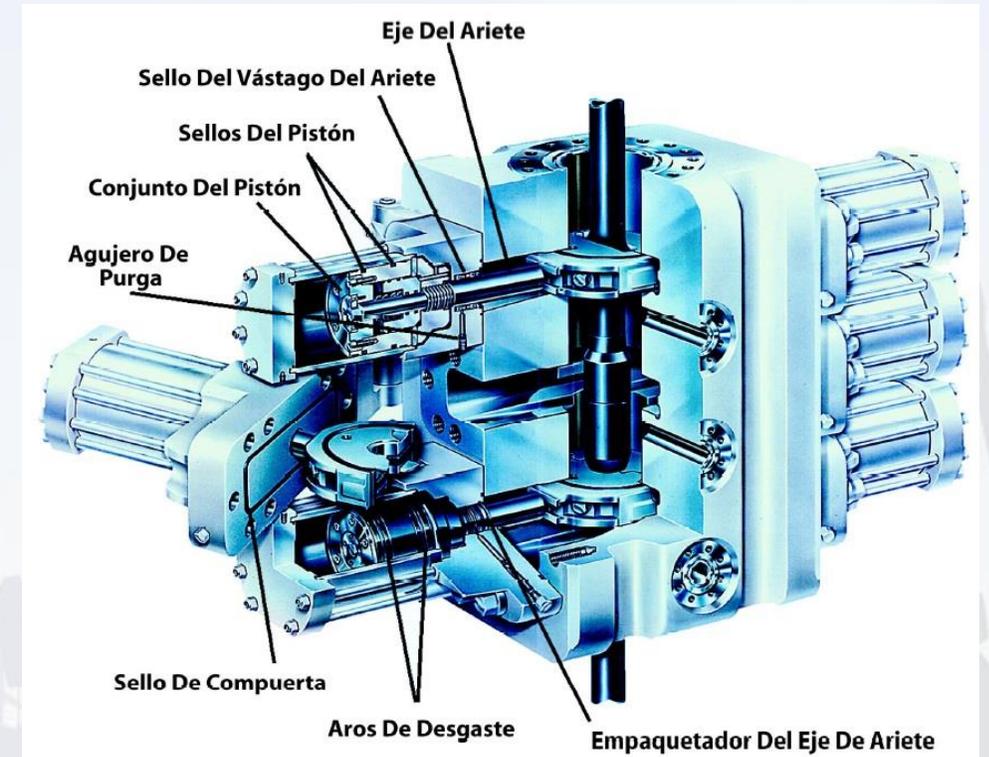
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores de Ariete:** Los arietes vienen en muchos tamaños y clasificaciones de presión, existen de varias clases de arietes hechos a medida o especializados que se diseñan para ciertas aplicaciones en particular. Diferentes tipos de arietes pueden estar ubicados todos juntos en un cuerpo o en una carcasa, operados a control remoto por medio de presión hidráulica.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores de Ariete:** Las esclusas de la mayoría de los sistemas de preventores se cierran por medio de pistones hidráulicos. El vástago del pistón sella contra el pozo por medio de un sello de labio primario instalado en la carcasa, a través del cual pasa el vástago de operaciones.

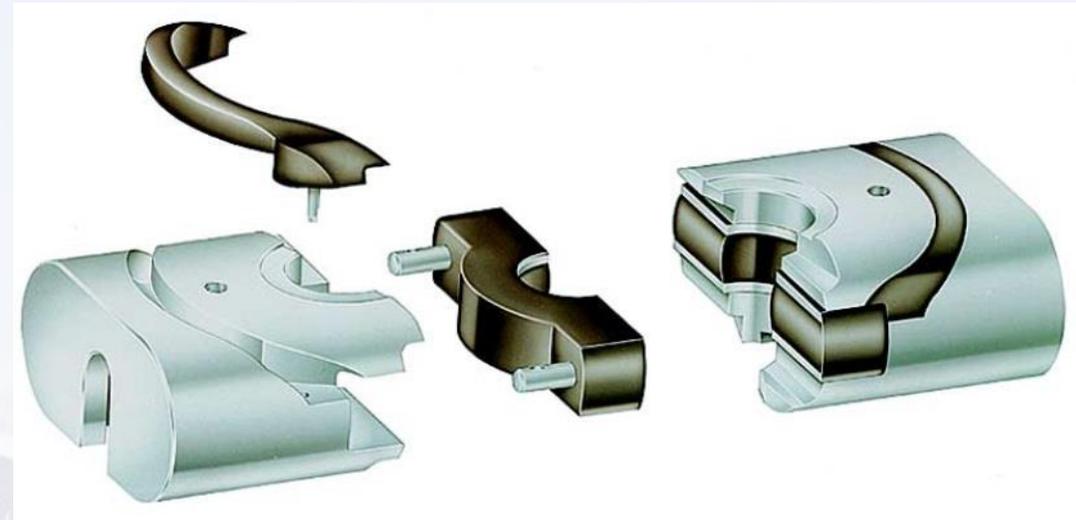


Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores de Ariete:** Los arietes de tubería están diseñados para cerrar alrededor de la misma aislando el espacio anular. La parte básica es al mismo tiempo la limitación principal de un ariete para tubería ya que estos no pueden cerrar en lastrabarrenas, flecha kelly o algún otro tipo de elemento diferente a la tubería de perforación.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores de Ariete:** El elemento principal de un preventor de ariete es un bloque de acero cortado para encajar con el tamaño de la tubería alrededor de la cual se cerrará. La intención es que el recorte cierre y provea un buen sello alrededor de un diámetro o tamaño de tubería en particular.



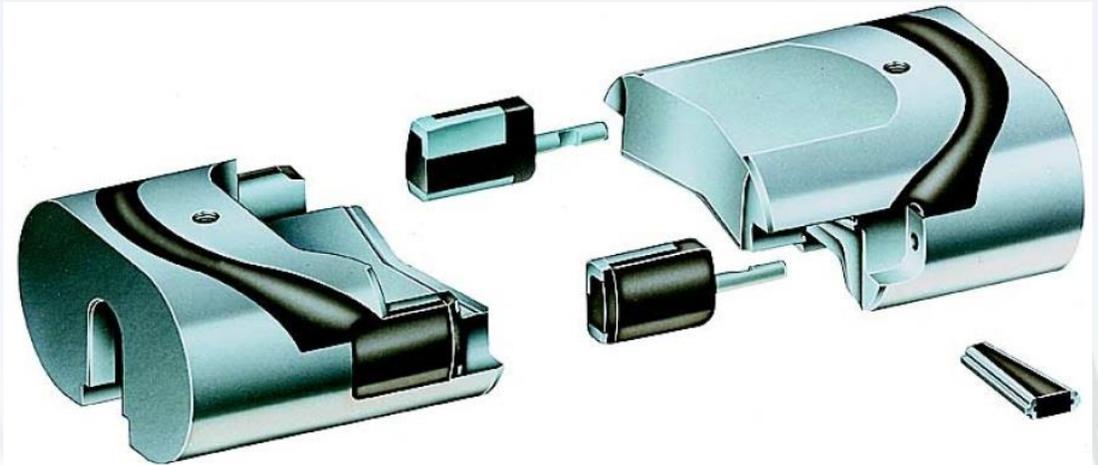
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores de Ariete Ciegos:** Los arietes ciegos son un tipo especial que no tiene un recorte para la tubería en el cuerpo de la esclusa. Los arietes ciegos tienen elementos de empaque grandes y se hacen para cerrar sin que haya tubería en el pozo.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores de Ariete Cortadores:** Los arietes de corte son otro tipo de preventor, la característica principal es que su elemento de sello cuenta con hojas especiales para cortar tubulares. Es probable que sea necesario usar presiones reguladas más altas que las normales para operarlos.

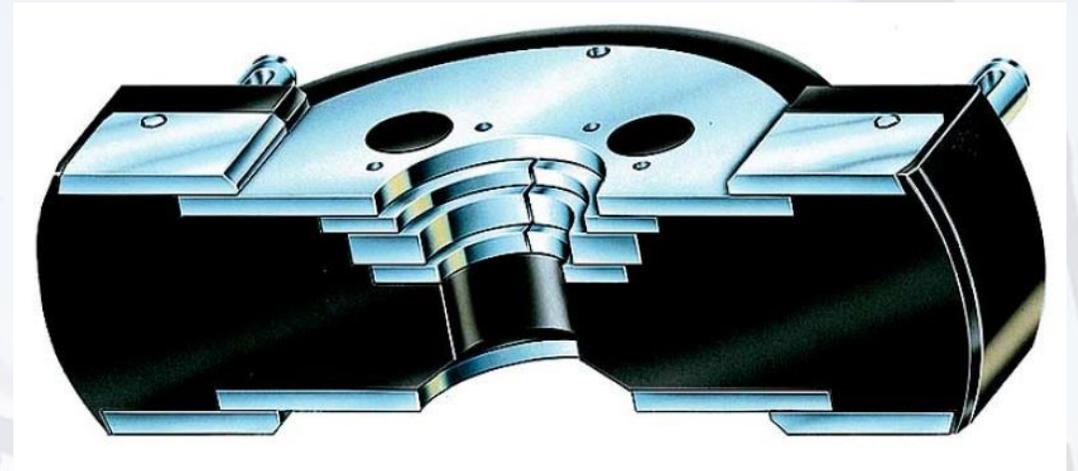


Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores de Ariete Ciegos/Cortadores:** Los arietes ciegos/cortadores combinan tanto la capacidad ciega de cerrar el pozo abierto como la capacidad de cortar. Ofrecen la ventaja de cortar la tubería y después sellar el pozo. Otra ventaja de los arietes ciegos/cortadores es el espacio que se ahorra al usar un solo juego para hacer el trabajo tanto de los arietes ciegos como de los arietes cortadores.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores de Arietes Variables:** Las esclusas de diámetro variable sellan varios tamaños de tubería, tienen la enorme ventaja de que no es necesario cambiarlos cuando se corre TR ahorrando tiempo de operación.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores Rotativos o Cabeza Rotatoria:** Este tipo de preventores no son los convencionales (anular y de ariete) que podemos encontrar en un equipo de perforación o reparación de pozos, o en operaciones especiales con tubería flexible o línea de acero. Se utilizan cuando se realiza perforación bajo balance y permiten mantener el control del pozo mientras se perfora.

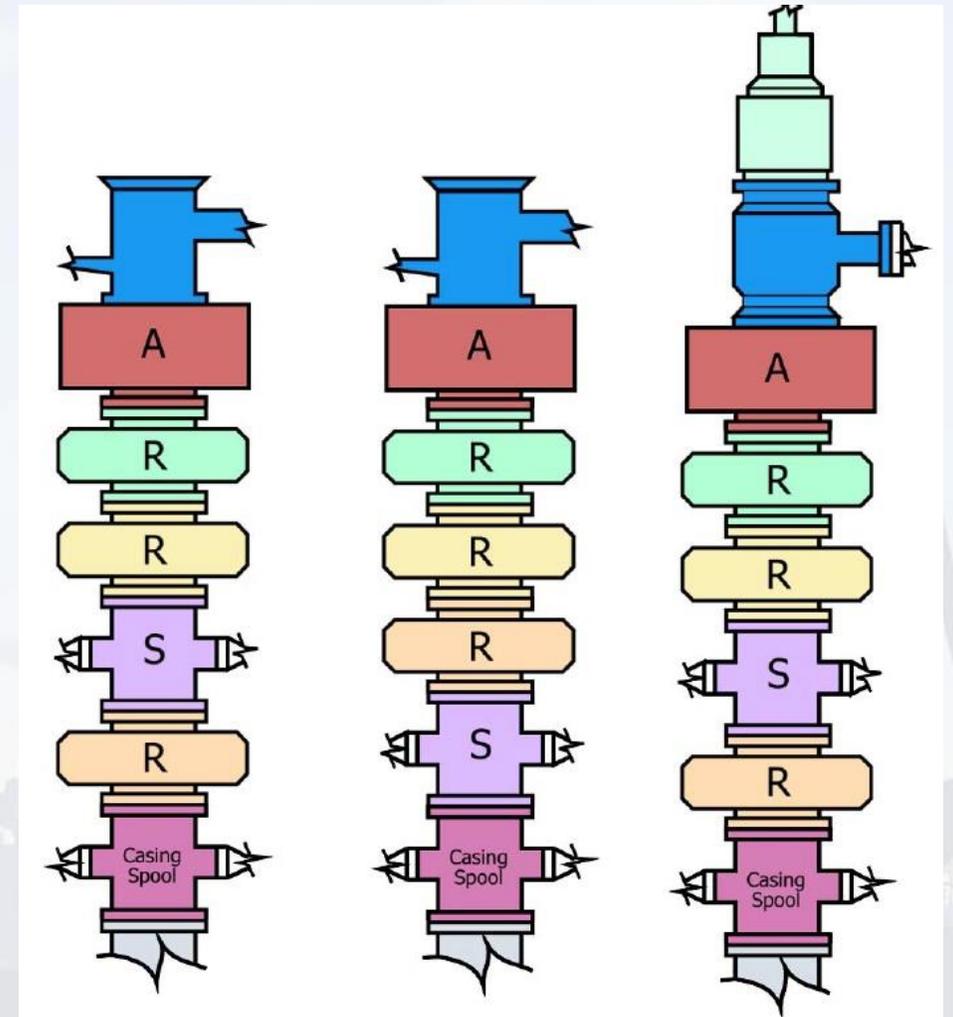
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

• **Preventores:** Se puede armar el arreglo de preventores con una variedad de configuraciones. El código API para describir las configuraciones del arreglo está incluido en la norma API RP53. Los códigos recomendados para designar los componentes de los arreglos de preventores de reventones son:

- A = preventor de reventones tipo anular.
- G = cabezal giratorio.
- R = preventor tipo simple, con un solo juego de arietes (esclusas), ciego o de tubería.
- Rd = preventor del tipo doble, con doble juego de arietes, colocados como se prefiera.
- Rt = preventor del tipo triple, con tres juegos de esclusas, colocados como se prefiera.
- CH = conector a control remoto que conecta el cabezal del pozo o los preventores unos con otros.
- CL = conector de baja presión a control remoto que conecta el riser con el conjunto de BOP..
- S = Carrete con conexiones de salida laterales para las líneas del estrangulador y control (ahogo)
- M = clasificación de trabajo de 1000 [psi].

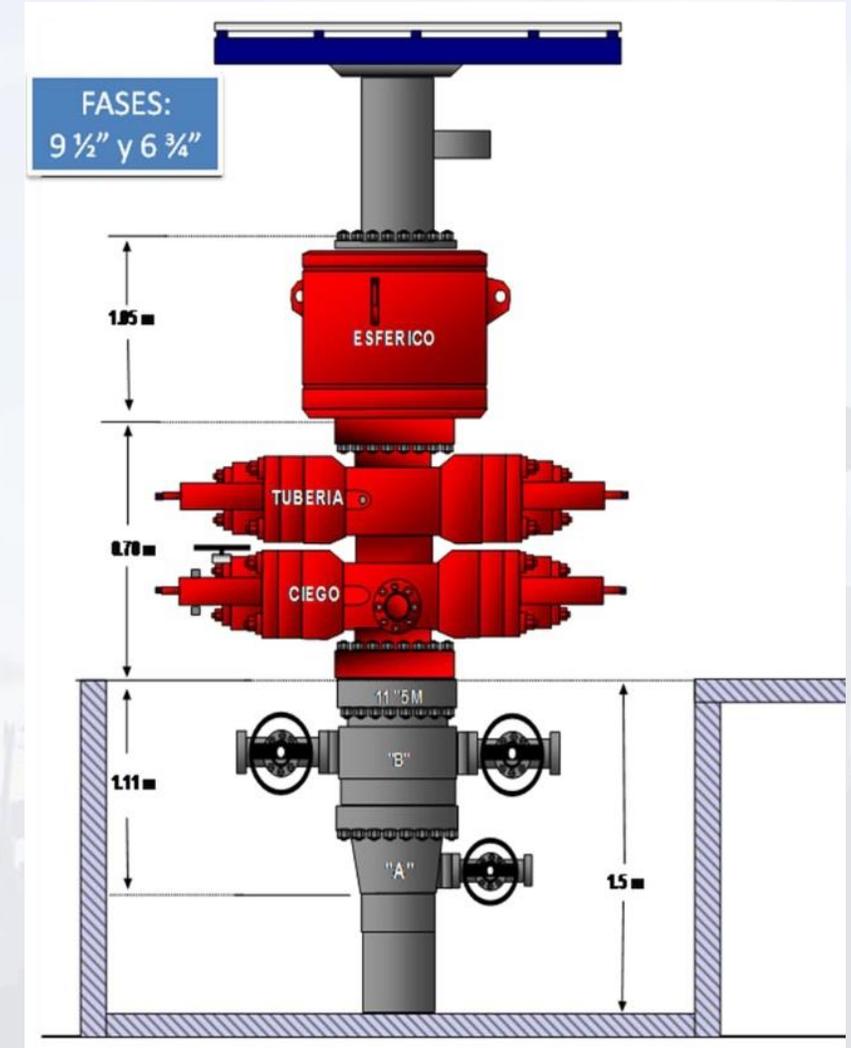
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores:** Los componentes se indican leyendo desde el fondo de la columna de preventores hacia arriba. Se puede identificar las columnas de preventores por medio de simples combinaciones, por ejemplo:
 - 15M-7-1/6” (179.39 mm)-RSRRA
 - 5M-18-3/4” (476.25 mm)-SRRRA
 - 10M-13.5/8” (346.08 mm)-RSRRAG



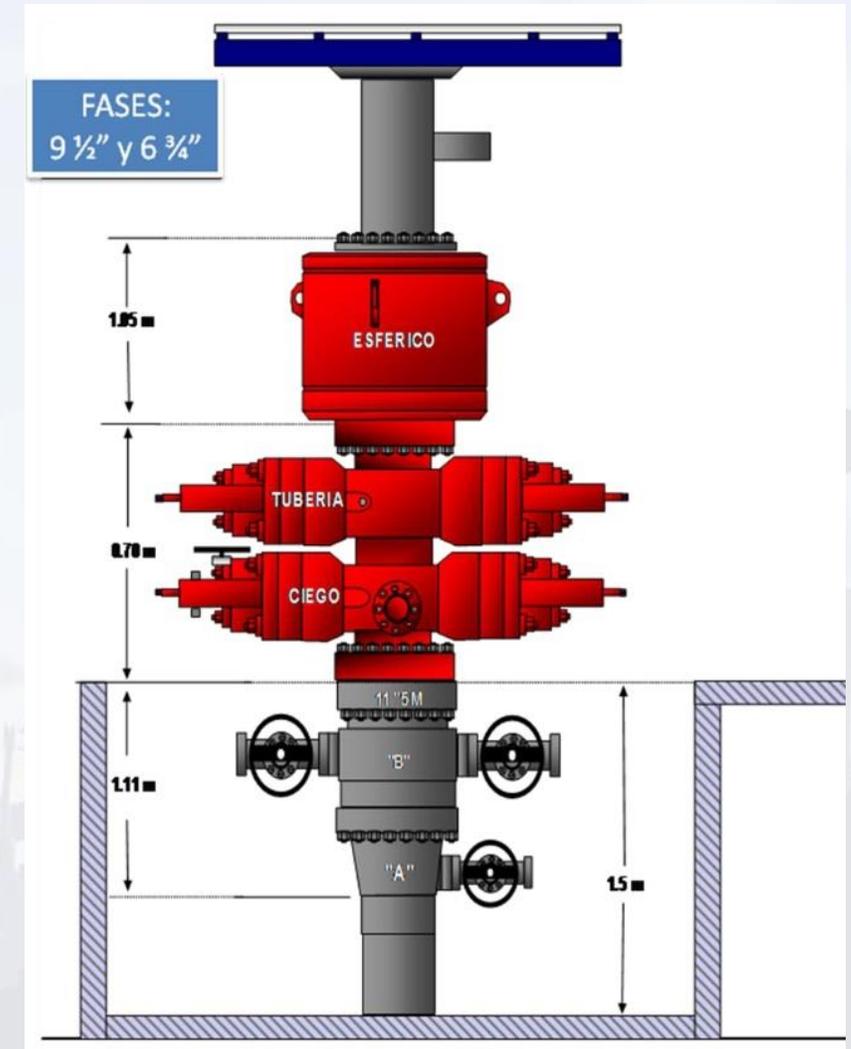
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores:** El arreglo de preventores se instala encima del cabezal que mencionamos anteriormente, una vez que se termina la operación de perforación y el pozo está totalmente asegurado se desmantela el arreglo y se coloca encima el medio árbol de producción.



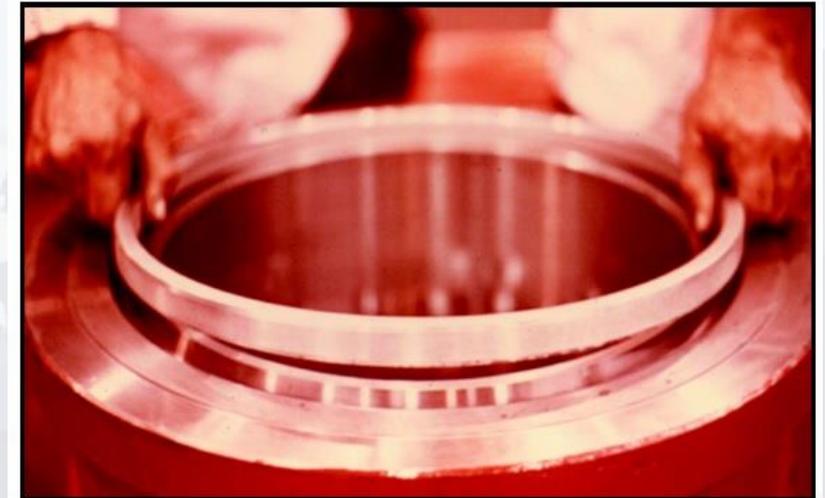
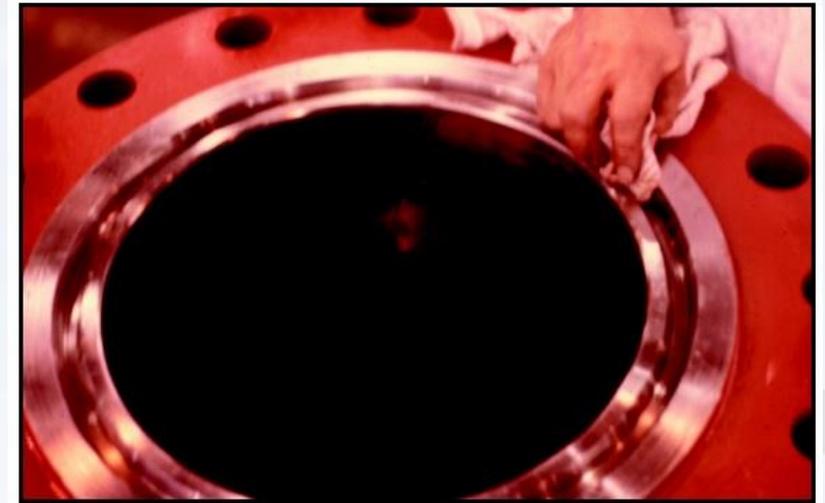
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores:** Como hemos observado a lo largo de las múltiples imágenes presentadas, el conjunto de preventores y los cabezales, así como toda válvula utilizada para el control, se conectan mediante bridas, para esto es necesario utilizar anillos de metal que provean el sello hermético en dichas conexiones, dicho sello es metal-metal y si no funciona el peligro de un descontrol grave durante un brote se maximiza.



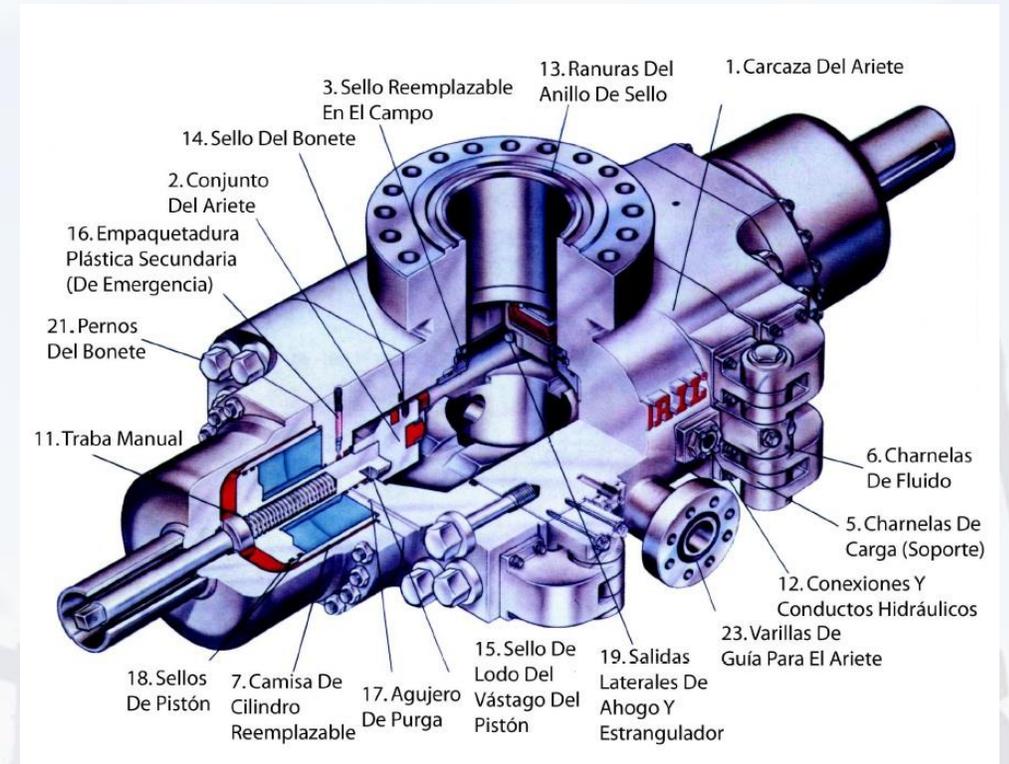
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores:** Al ser de metal los anillos se debe de ser cuidadosos en su manejo, una caída o golpe con suficiente fuerza pueden deformarlo y provocar nula hermeticidad. Se recomienda supervisar la instalación cuando la realizan obreros inexperto para evitar que utilicen cepillos de alambre para limpiarlos.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Preventores:** Una vez instalados se deben de someter a pruebas de hermeticidad, se realizan por alta y baja presión al 80% de su capacidad y al 10% de la misma. Es decir, para un arreglo de preventores de 5,000 [psi] la prueba por alta se hace con 4,000 [psi] y por baja a 500 [psi] de presión.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Acumulador de Presión o Bomba Koomey:** Si se identifica un brote o ya es inminente un descontrol es necesario cerrar el pozo con la mayor velocidad posible. Para esto los preventores requieren de una unidad que les suministre la presión hidráulica necesaria para cerrar de manera rápida. A este sistema se le conoce comúnmente como Bomba Koomey y se trata de un acumulador de presión.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Bomba Koomey:** Es el sistema de control que acciona el arreglo de preventores y permite aplicar la potencia hidráulica suficiente y confiable para operar todos los preventores y válvulas hidráulicas instaladas.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Bomba Koomey:** EL API establece en la norma RP-16E los requerimientos que se deberán tener en cuenta para la selección de una adecuada unidad de cierre en función al tamaño, tipo y número de elementos hidráulicos que serán operados para lograr un cierre. Los elementos básicos de un sistema de control son:
 - Depósito almacenador de fluido
 - Acumuladores
 - Fuentes de Energía - Unidades de cierre
 - Consolas de control remoto
 - Válvula de control para operar los preventores.

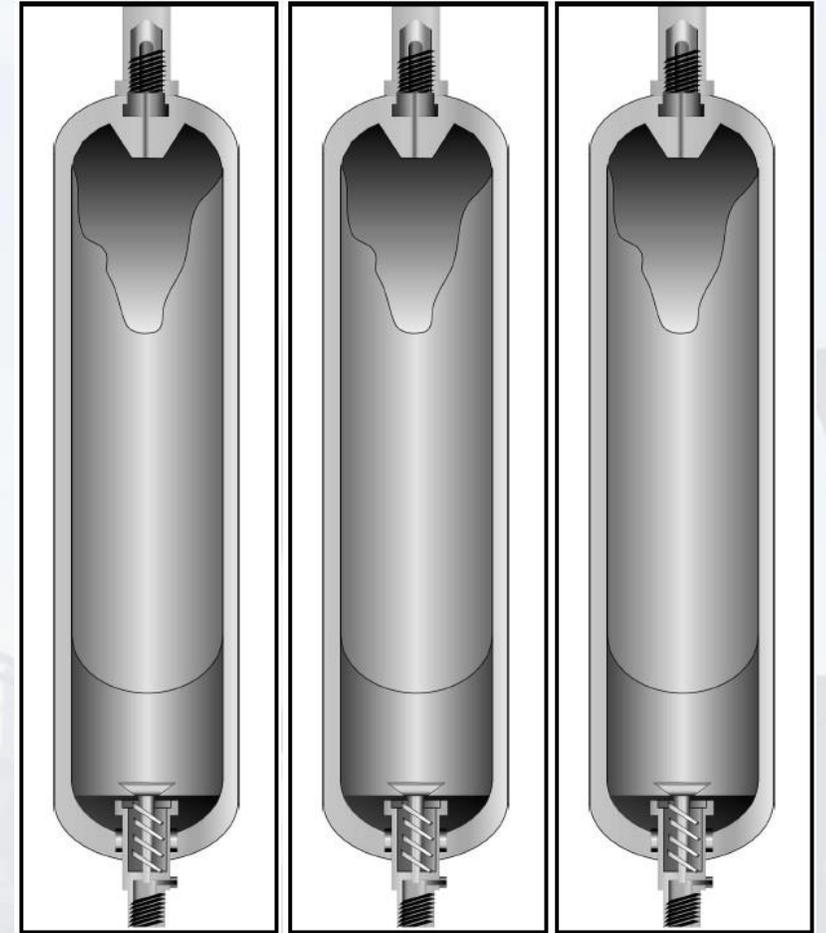
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Bomba Koomey:**
- **Depósito almacenador:** Cada unidad de cierre tiene un depósito de fluido hidráulico el cual debe tener cuando menos el doble de la capacidad del banco de acumuladores.



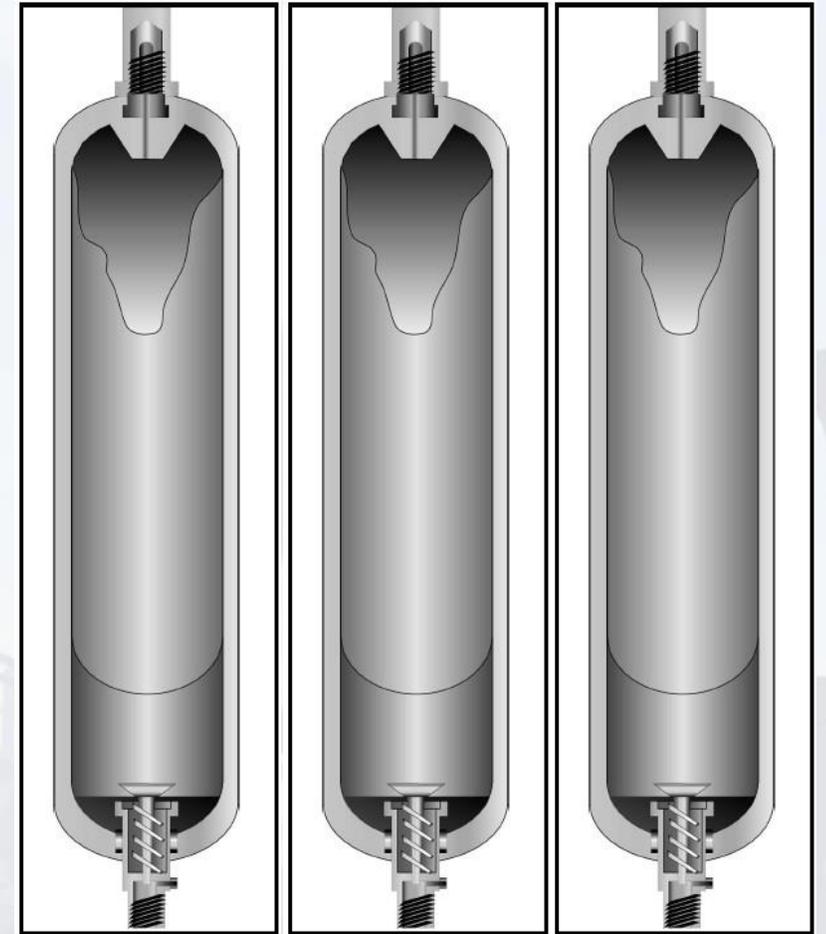
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Bomba Koomey:**
- **Banco de acumuladores:** Los acumuladores son recipientes que almacenan fluidos hidráulicos bajo presión. Por medio del gas de nitrógeno comprimido, los acumuladores almacenan energía, la cual será usada para efectuar un cierre rápido.



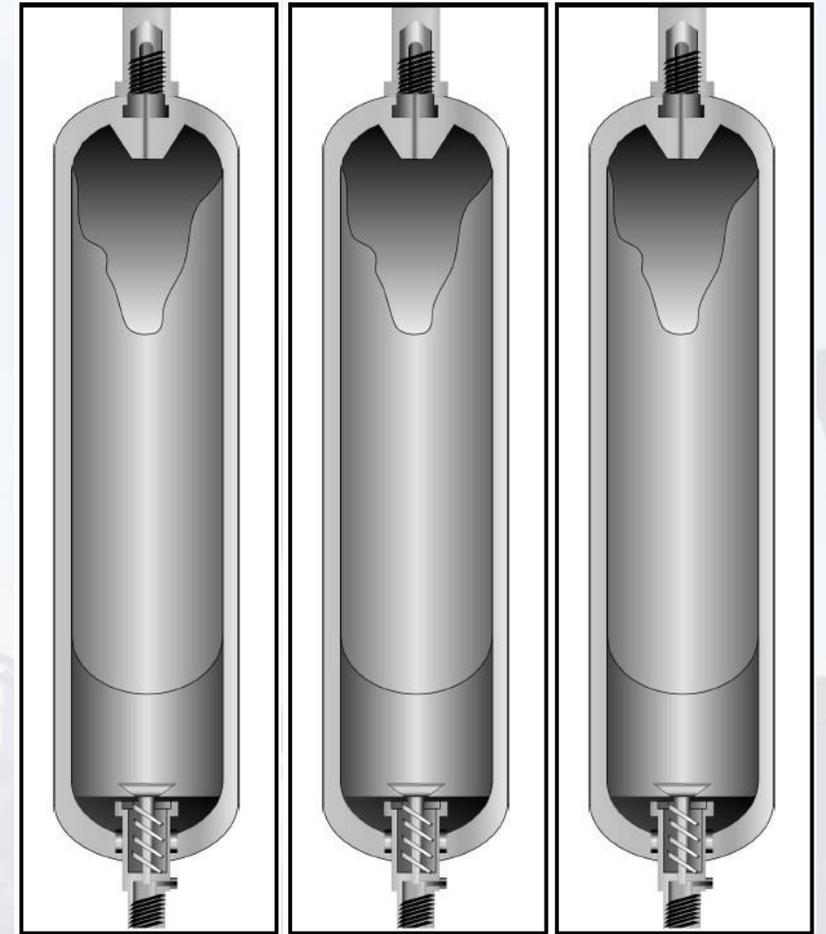
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Bomba Koomey:**
- **Banco de acumuladores:** Se requiere mínimo que todas las unidades de cierre estén equipadas con un banco de acumuladores que tenga suficiente capacidad volumétrica para suministrar un volumen usable de fluido para cerrar un preventor de arietes, un preventor anular, más el volumen requerido para abrir la válvula hidráulica de la línea de estrangulación (con las bombas paradas).



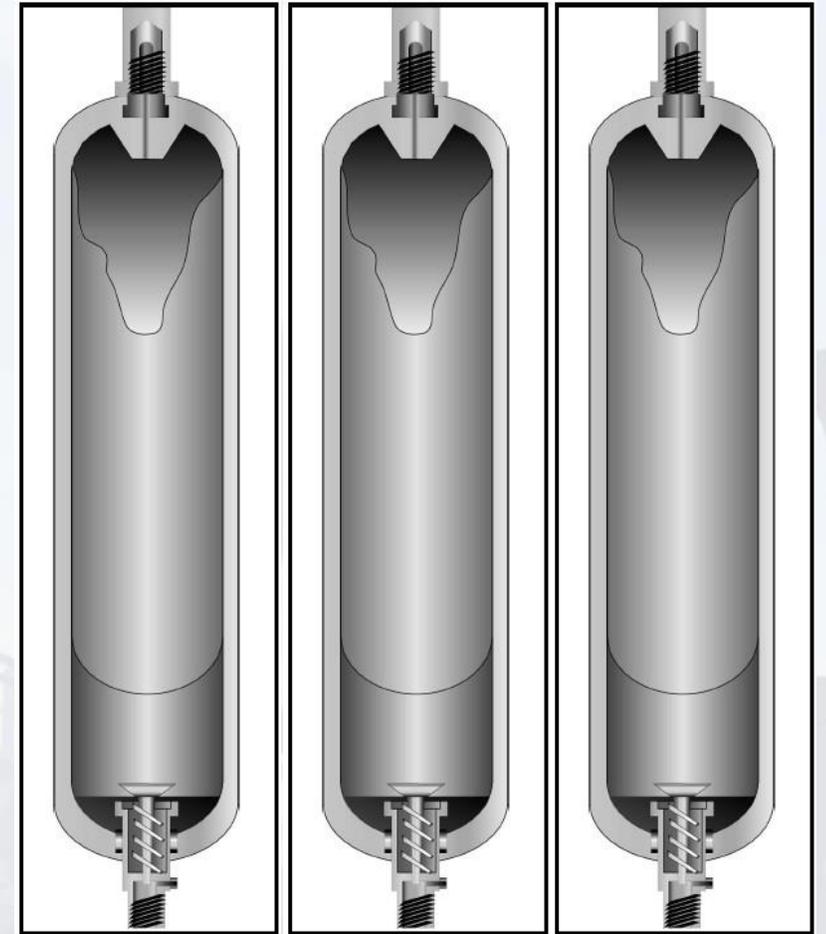
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Bomba Koomey:**
- **Banco de acumuladores:** El banco de acumuladores deberá accionar el sistema para que cada preventor de arietes cierre en un tiempo no mayor de 30 segundos. El tiempo de cierre para preventores anulares menores de 18 $\frac{3}{4}$ " [pg] de diámetro no deberá ser mayor de 30 segundos. Si el preventor anular tiene más de 18 $\frac{3}{4}$ " [pg] de diámetro o más deberá cerrarse en 45 segundos.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Bomba Koomey:**
- **Banco de acumuladores:** Los acumuladores no deben operar a más de 3,000 [psi], su presión de precarga debe ser de 1,000 a 1,100 [psi] y usar únicamente nitrógeno (N_2). Estos cuentan con una válvula de seguridad que abre a las 3,500 [psi].

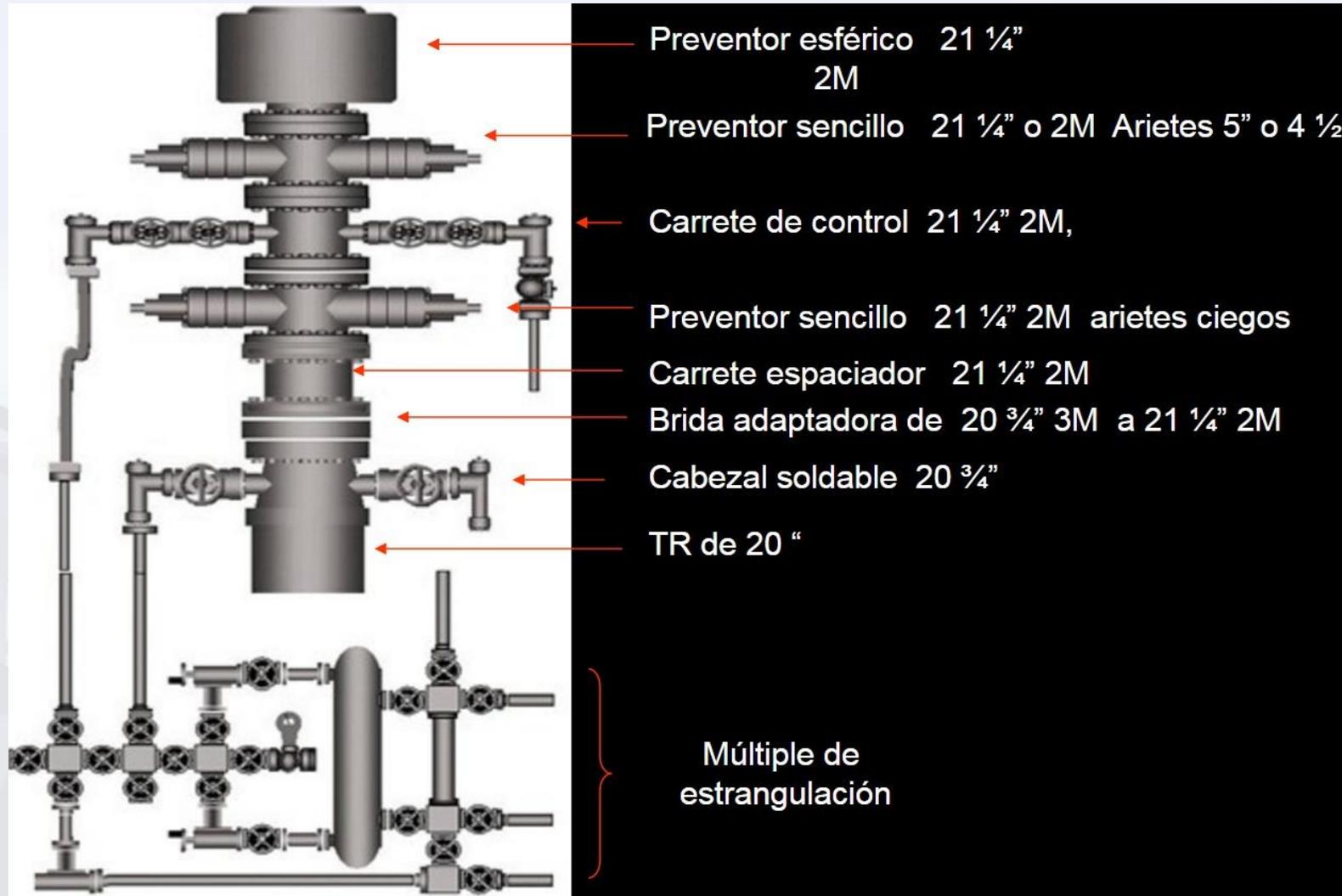


Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Bomba Koomey:**
- **Fuentes de Energía:** Las bombas son instaladas de tal manera que cuando la presión en los acumuladores baje al 90% de la presión de operación arranquen automáticamente para restablecer la presión. La bomba Koomey también debe de abrir la válvula hidráulica que se encuentra instalada en las líneas de control superficial.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Líneas de control:**
- Por debajo de los preventores, en el carrete de trabajo, salen líneas que permiten dirigir el flujo del pozo una vez cerrado hacia el manifold de estrangulación que permite ejecutar el control en el caso de un brote o descontrol.

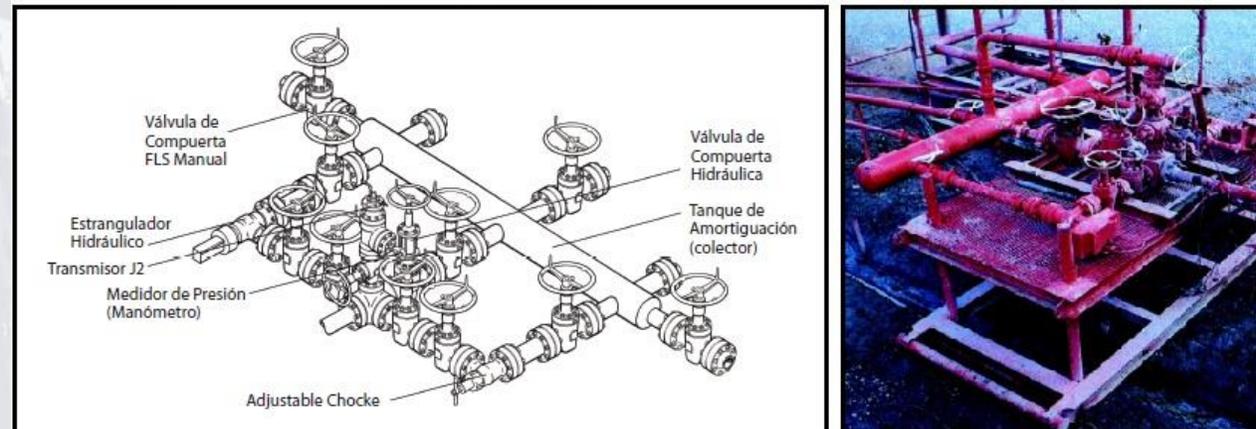


Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Líneas de control:** En una rama de esas líneas, se encuentra la válvula hidráulica, esta se abre y cierra de manera automática con la energía proporcionada por la bomba koomey. Es de gran importancia durante el procedimiento de cierre y control de pozo. Después de la válvula hidráulica el camino es hacia el manifold de estrangulación. En la otra rama se tiene una conexión llamada línea de matar.

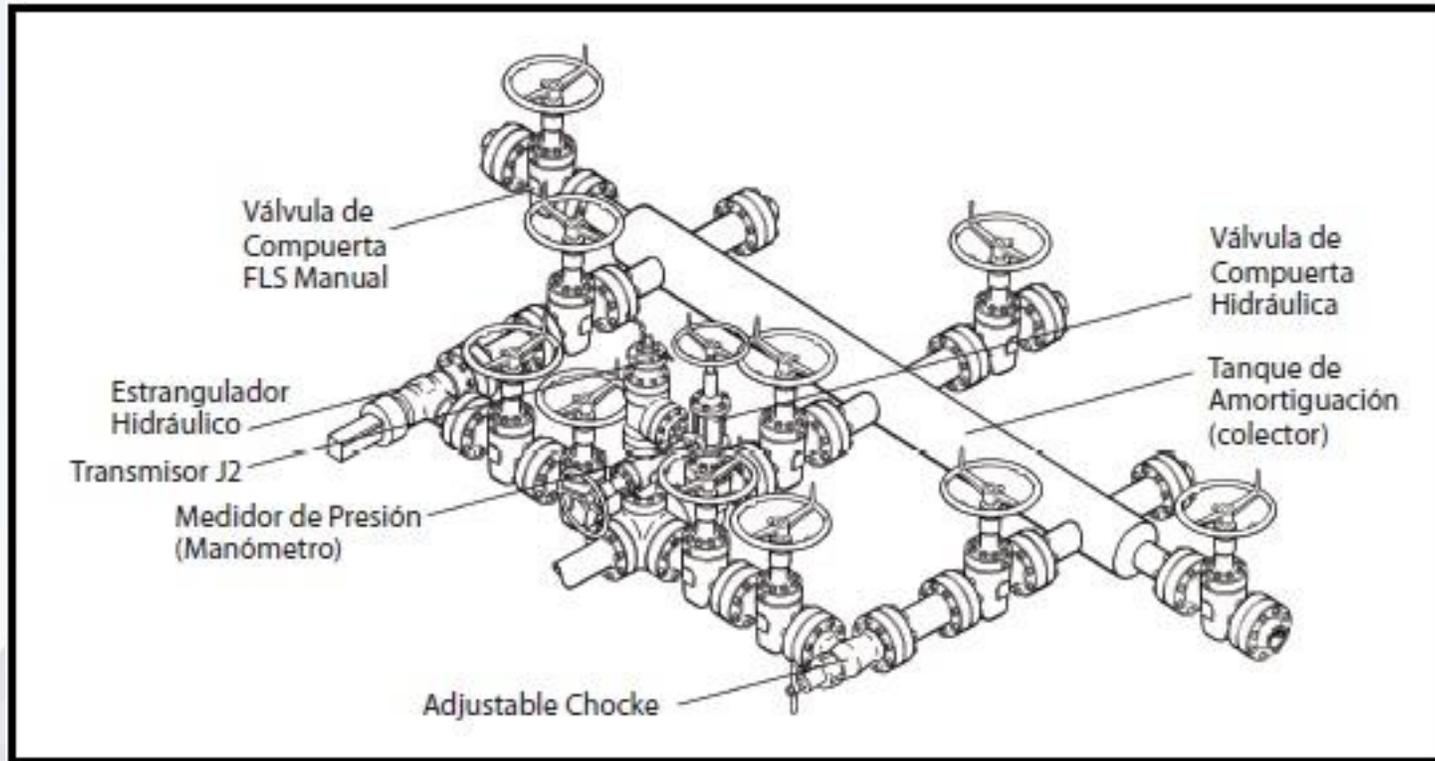
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Manifold de estrangulación:** El propósito del manifold es el de proveer un método de circulación desde el arreglo de preventores bajo una presión controlada. El manifold provee rutas alternativas para que se puedan cambiar o reparar los estranguladores y las válvulas contenido en el mismo.



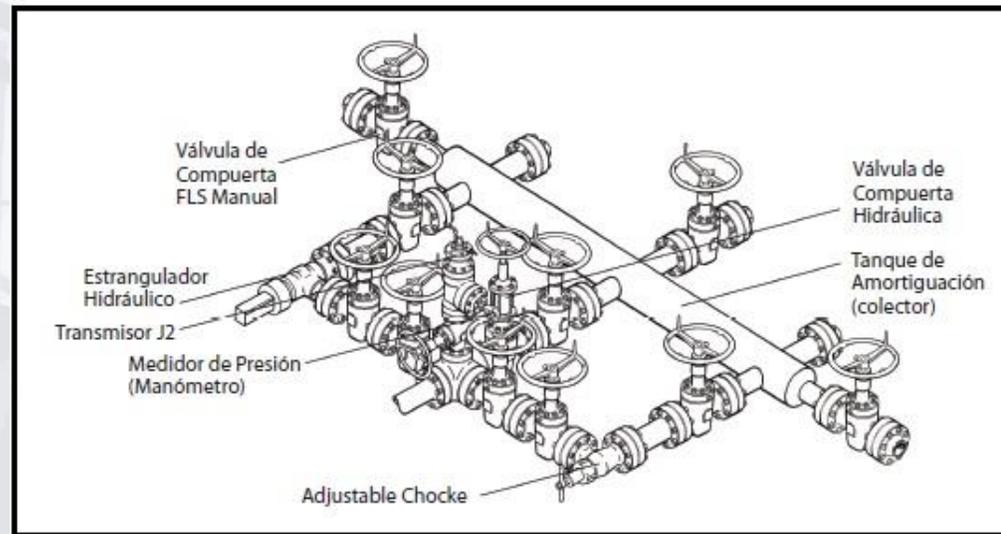
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Manifold de estrangulación:**



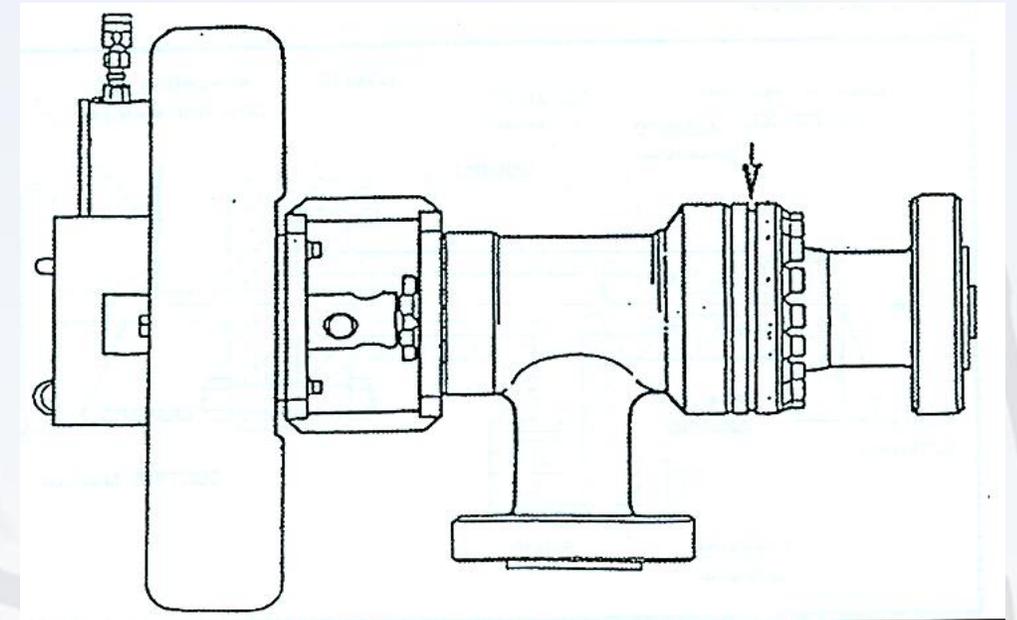
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Manifold de estrangulación:** En el manifold se encuentra un elemento vital del control del pozo que es el estrangulador, de ahí el nombre de manifold de estrangulación.



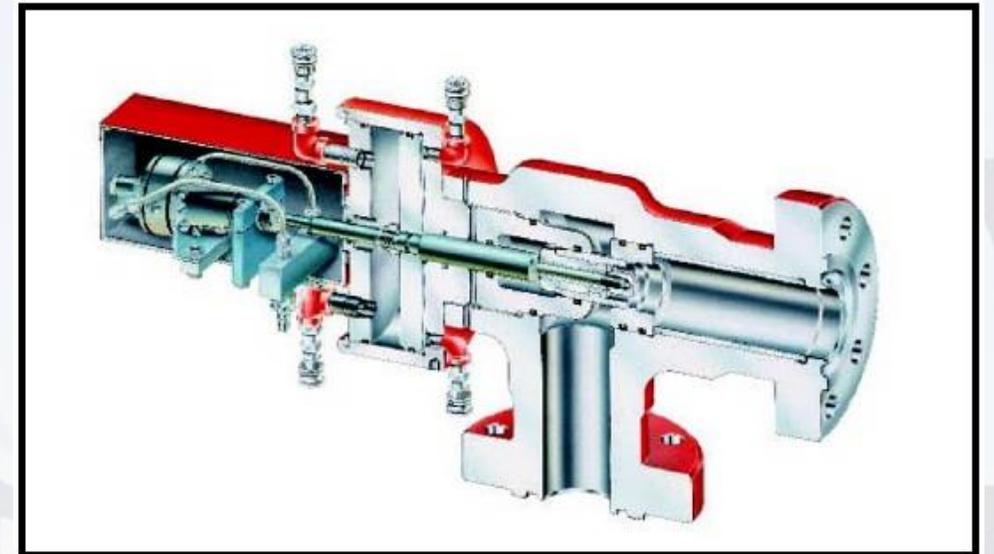
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Estrangulador:** El estrangulador controla el gasto de los fluidos del pozo durante el control, esto se logra al restringir el flujo a través de un orificio generando una contrapresión en el sistema, lo que permite controlar el gasto y la presión del pozo. Los estranguladores para controlar pozos tienen un diseño diferente que los estranguladores para producción.



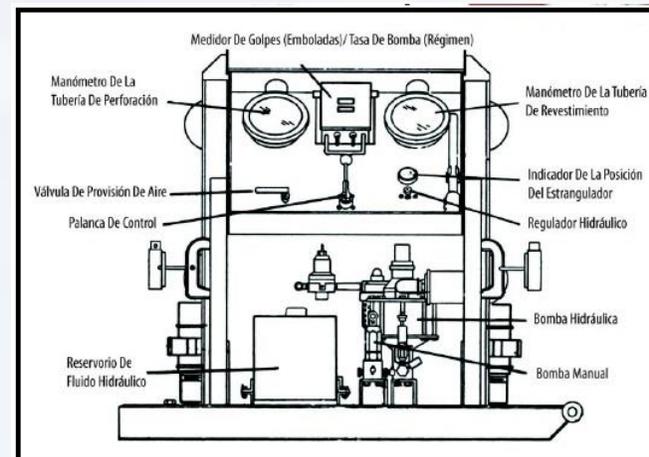
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Estrangulador:** La mayoría de las operaciones de control utilizan estranguladores ajustables a distancia o automáticos y se cuenta con uno que se puede ajustar manualmente en caso de que el automático falle.



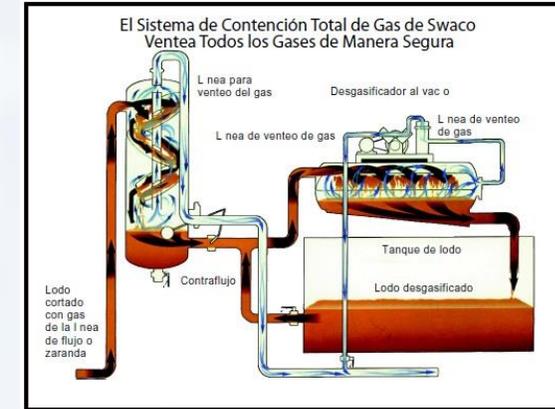
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Consola de Estrangulación:** Se trata de un dispositivo que permite controlar de manera automática la apertura y cierre del estrangulador, además de constar con manómetros que permiten monitorear la presión en la TR y la TP durante el control.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Separador Gas – Lodo:** Como lo indica su nombre, su función es la de separar el gas que viene cortando el lodo durante el control, generalmente el lodo se incorpora a las presas por las temblorinas y el gas se dirige a un quemador.



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- En general estos son los componentes principales del Sistema de Control de Brotes, su función es cerrar el pozo ante un posible evento de brote o descontrol y después permitir el control del pozo. También podemos decir que la sarta y el sistema de circulación son parte vital del control, sin ellos devolver el pozo a una condición segura es imposible.
- Ya conocemos el Sistema de Control de Brotes, ahora es momento de aprender como llevar a cabo un control haciendo uso de estos componentes y de conceptos de presión hidráulica.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

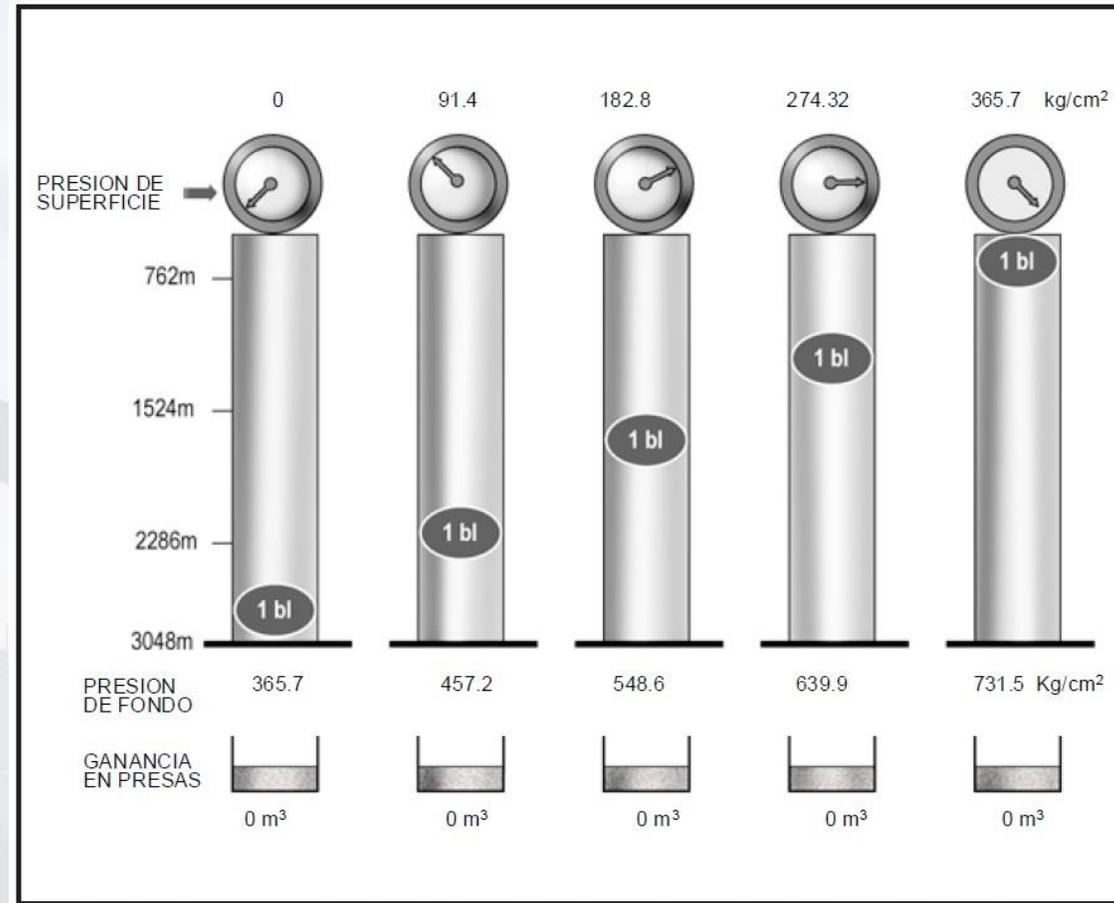
- **Comportamiento del fluido invasor:** El gas al ser un fluido altamente compresible ocupará un determinado volumen en el espacio que depende de la presión a la que esté sometido. Si se permite que se expanda entonces ocupará un volumen muy grande, y como consecuencia provocará un mayor desplazamiento de lodo, lo que implica una alta reducción de la presión hidrostática por la columna de fluido.
- Esto es muy importante de entender, si la burbuja se desplaza hacia la superficie sin permitirle que se expanda sería necesario sostener la presión mediante el estrangulador, lo que incrementaría la presión en el fondo a un nivel de alto riesgo para la formación, provocando una fractura en el fondo o a la altura de la zapata.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Comportamiento del fluido invasor:** Adicionalmente, la burbuja llegaría a una alta presión a la superficie, dicha presión tendría que ser soportada por las líneas de control, pudiendo incluso rebasar la presión de trabajo de las mismas provocando una situación de riesgo no deseable en la superficie. Es por esto que se debe de permitir la expansión de manera controlada haciendo uso del estrangulador.
- Al operar el estrangulador se libera la presión del espacio anular provocando la expansión del gas, sin embargo, hay que ser cuidadosos, porque si esa liberación de presión se hace de manera descontrolada, reduciendo la presión en el fondo, esto provocará que el yacimiento aporte un nuevo volumen de gas al pozo, evitando así el control del mismo.

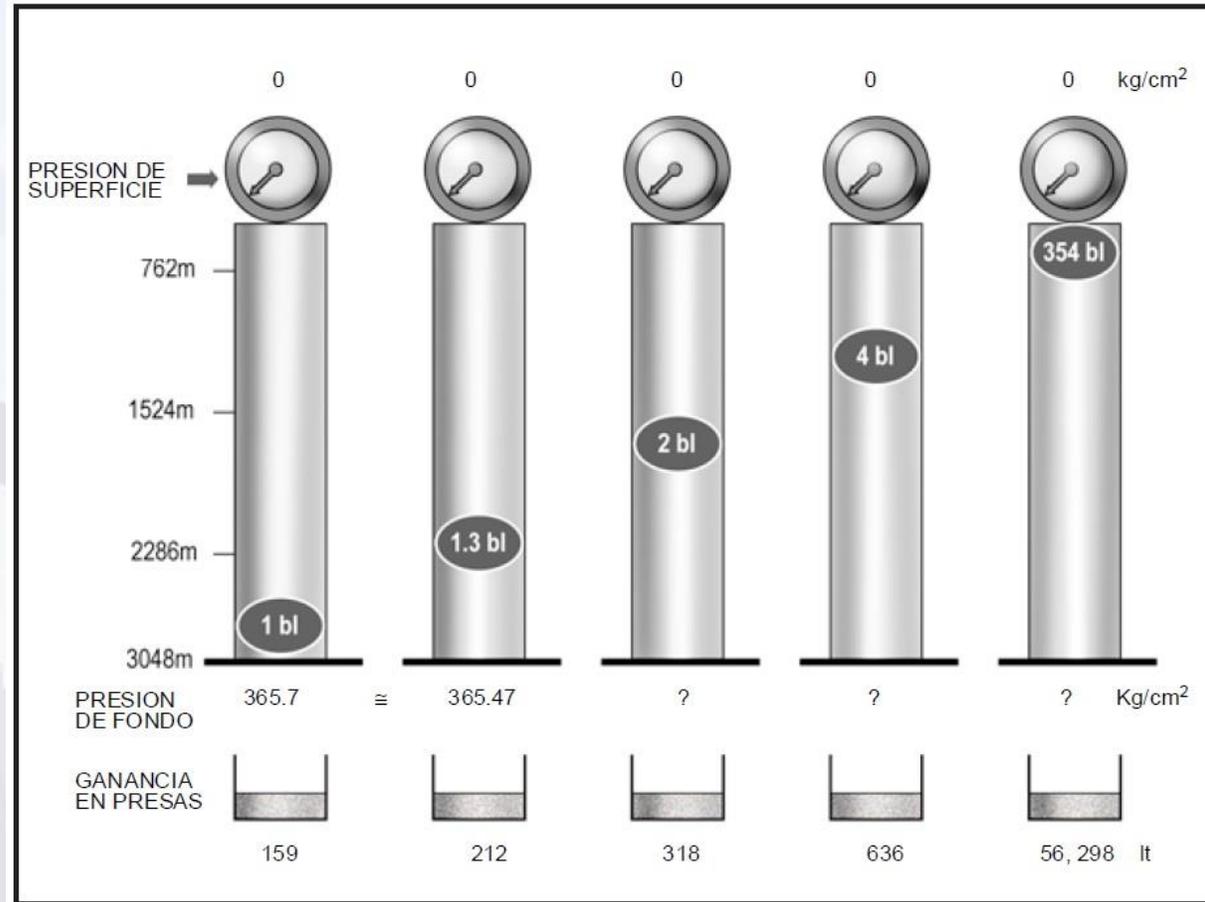
Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Comportamiento del fluido invasor. Sin expansión:



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Comportamiento del fluido invasor. Con expansión:



Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Procedimientos de cierre de pozo durante un brote:** Los procedimientos de cierre dependen de la operación que se esté ejecutando en el momento de presentarse un brote, es decir, no es lo mismo mientras se perfora con Kelly o con top drive, si se mete o saca tubería de perforación, si se está bajando TR o cementando la misma, hay una serie de procedimientos bien definidos para cada caso y que únicamente enunciaremos en esta presentación.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Métodos de control de pozos:** Los principales métodos de control de pozos son:
 - El método del Perforador.
 - El método del Ingeniero (Espere y Densifique).
 - El método Concurrente.
- Estos métodos tienen como objetivo aplicar una presión constante en el fondo del pozo para desalojar el brote hasta que se obtiene nuevamente la condición sobre balance.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

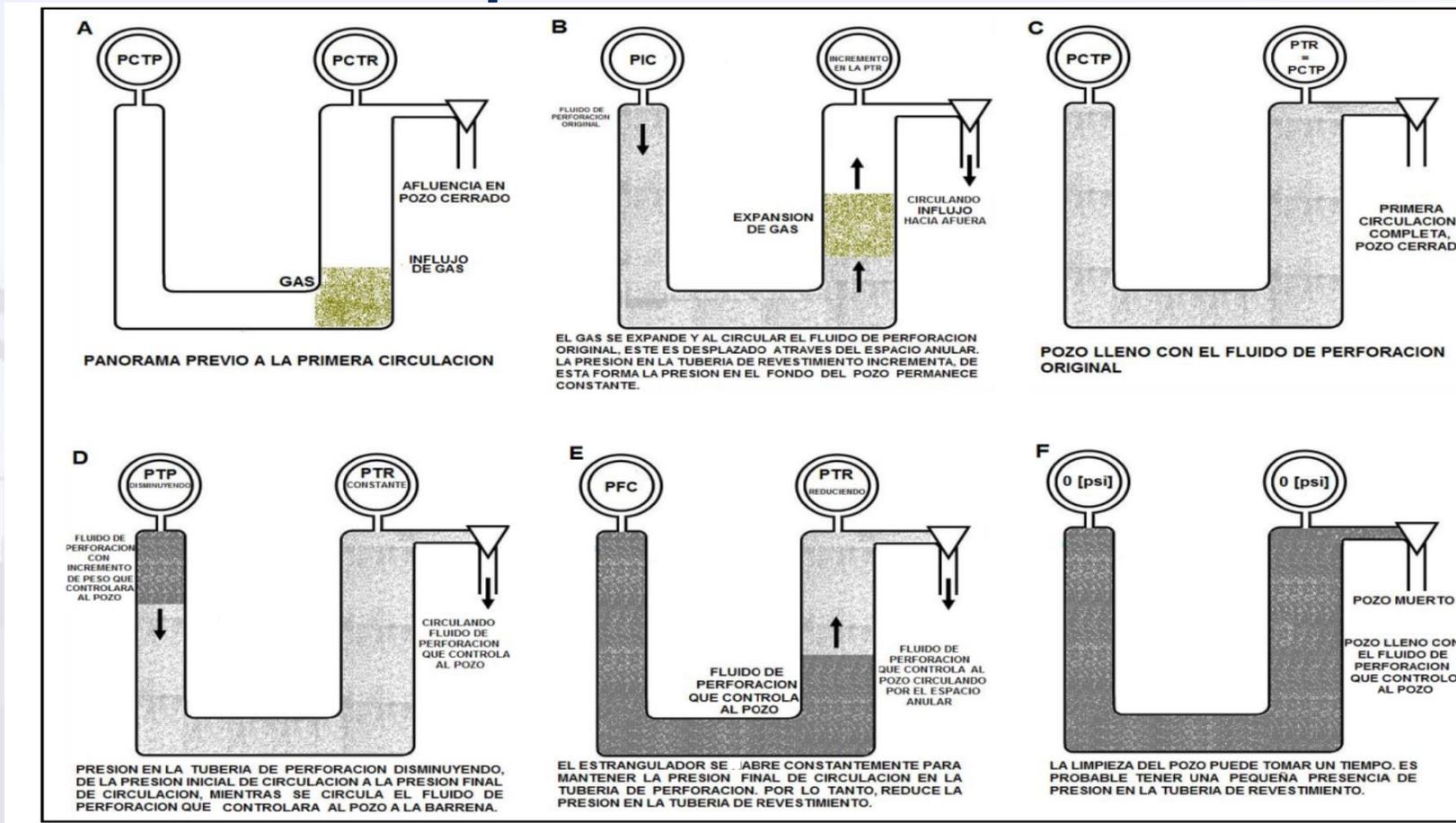
- **Métodos de control de pozos. METODO DEL PERFORADOR.**
- Se basa en el principio básico de control, requiere de un ciclo de circulación completo para que los fluidos invasores circulen fuera del espacio anular utilizando el lodo con densidad original a un gasto y presión constante y un estrangulador ajustable. Se usa ampliamente por su facilidad de aplicación, ya que al detectar la presencia de un brote se toman medidas inmediatas para desalojarlo.
- Ya que se desalojo el brote del pozo entonces se procede a realizar otro ciclo de circulación pero con la densidad de lodo necesaria para mantener la condición sobre balance.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Métodos de control de pozos. METODO DEL PERFORADOR.**
- Se basa en el principio básico de control, requiere de un ciclo de circulación completo para que los fluidos invasores circulen fuera del espacio anular utilizando el lodo con densidad original a un gasto y presión constante y un estrangulador ajustable. Se usa ampliamente por su facilidad de aplicación, ya que al detectar la presencia de un brote se toman medidas inmediatas para desalojarlo.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

• Métodos de control de pozos. METODO DEL PERFORADOR.

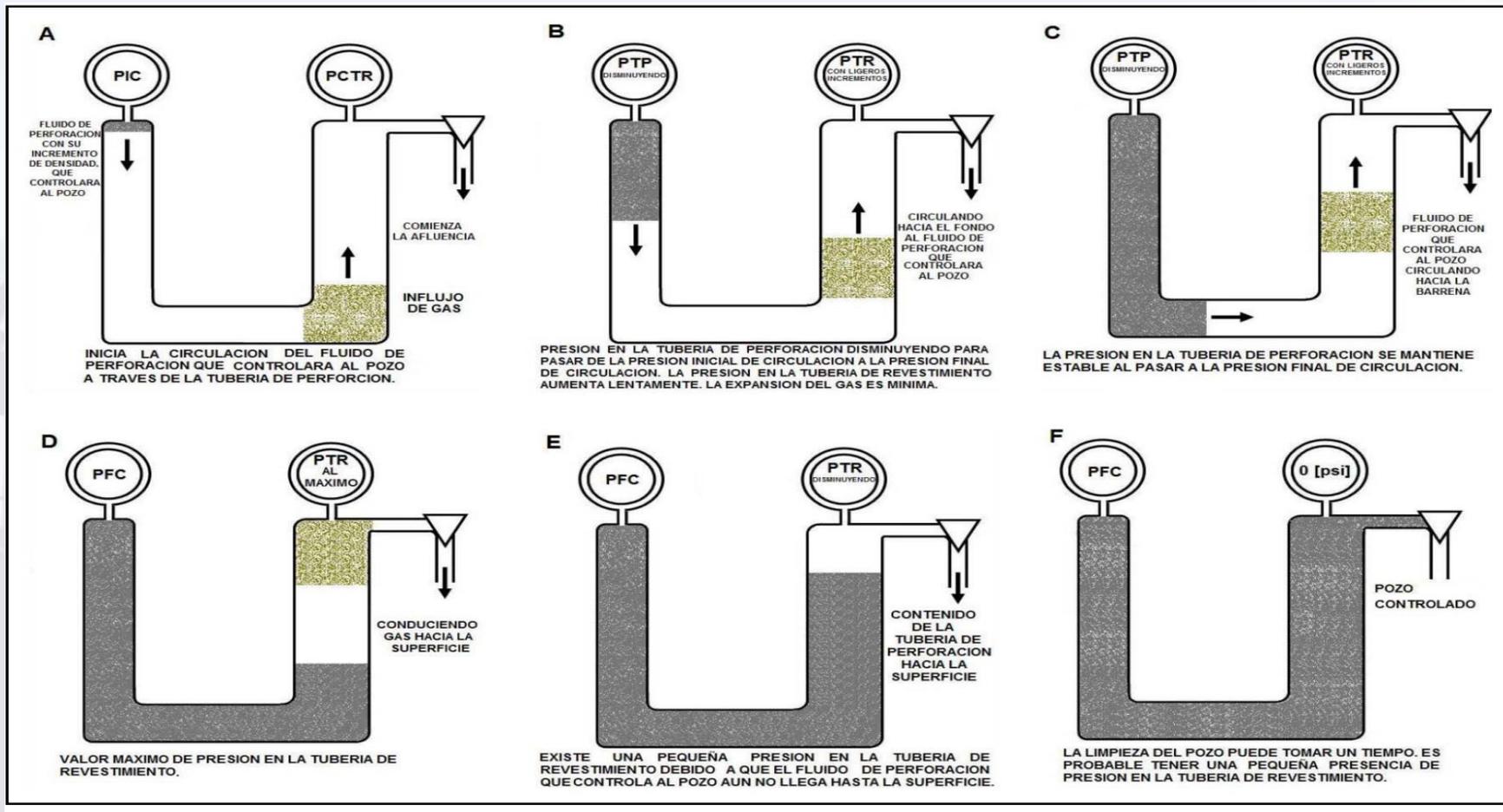


Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- **Métodos de control de pozos. METODO DEL INGENIERO (DENSIFICAR Y ESPERAR).**
- Este método implica que estando el pozo cerrado se tenga que esperar mientras se prepara lodo con la densidad adecuada y equilibrar la presión hidrostática con la presión de la formación, así como recabar los datos necesarios y efectuar los cálculos para efectuar el control del pozo.

Equipos de Perforación – Sistema de Control de Brotes

- Métodos de control de pozos. METODO DEL INGENIERO (DENSIFICAR Y ESPERAR).





GRACIAS

Ing. Juan Carlos Sabido Alcántara

Ingeniero Petrolero

Facultad de Ingeniería UNAM