



PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Ing.. Gonzalo Guillén C.

Escuela Militar de Ingeniería

Santa Cruz, Octubre de 2017

Que es la Presión

- La presión es peso o fuerza por unidad de superficie:
 - $P = \text{Peso} / \text{superficie}$
 - Ej. Kg/cm²
 - Lbs/in² (PSI)
 - Newtons/cm²

Densidad

- La densidad se define como la masa por unidad de volumen
 - $D = \text{Masa} / \text{Volumen}$
 - Ejemplo:
 - Gr/cc (Agua = 1,0 gr/cc)
 - Kg/lt (Agua = 1,0 kg/lt)
 - Libras/galón (PPG) (Agua = 8,33 lb/gal)

Equivalencias

- Unidades métricas
- bar 1
- kilo pascal (kipá) 100
- milibar 1 000 pascal (Paz)
- 100 000 gramo por centímetro cuadrado (gf/cm^2)
- 1 020 kilogramo por centímetro cuadrado (kgf/cm^2)
- 1.02 tonelada por centímetro cuadrado
- 0.1 newton por centímetro cuadrado (N/cm^2)
- Unidades inglesas y americanas
- onza por pulgada cuadrada (osi, oz/in^2) 232.1
- libras por pulgada cuadrada (psi) 14.5

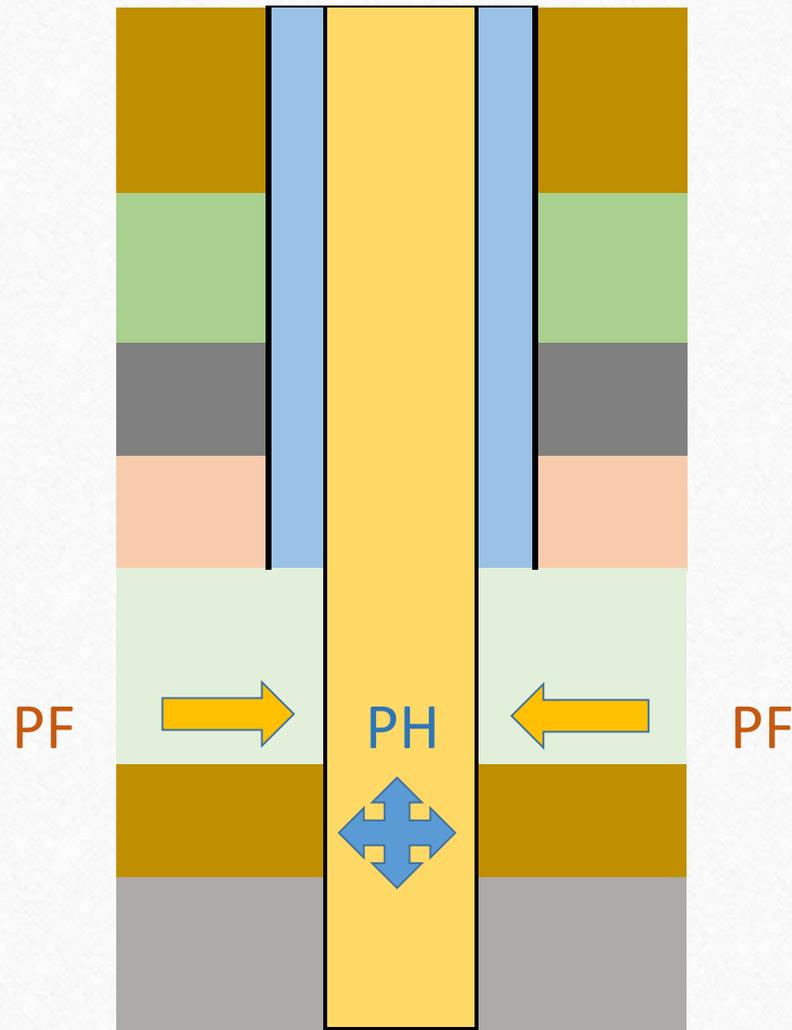
Conceptos básicos de Presión

- Presión hidrostática $PH = \text{Densidad} \times \text{profundidad} \text{ kg/mt}^3 \times \text{mts}$
- Gradiente de presión $Gr = \text{Presión} / \text{unidad de profundidad (PSI/mt)}$
- Presión de formación **Presión de poros PF**
- Presión normal, anormal y subnormal = , > , < que el gradiente normal
- Presión diferencial **PF - PH**
- Presión equivalente de circulación ECD. **Presión de circulación + fricción**

Función del Lodo de Perforación

- El objetivo original del lodo fue la extracción de recortes de formación mediante la circulación en el sistema rotatorio de perforación
- Anteriormente en el sistema a percusión se usaban baldes especiales para extraer los recortes, el pozo no se mantenía lleno de fluido.
- Cuando se empezó a usar el lodo se vieron otras propiedades que este podía ofrecer para facilitar la perforación y la estabilidad del agujero abierto principalmente.

Esquema de un pozo de perforación



Presion Diferencial = PF - PH

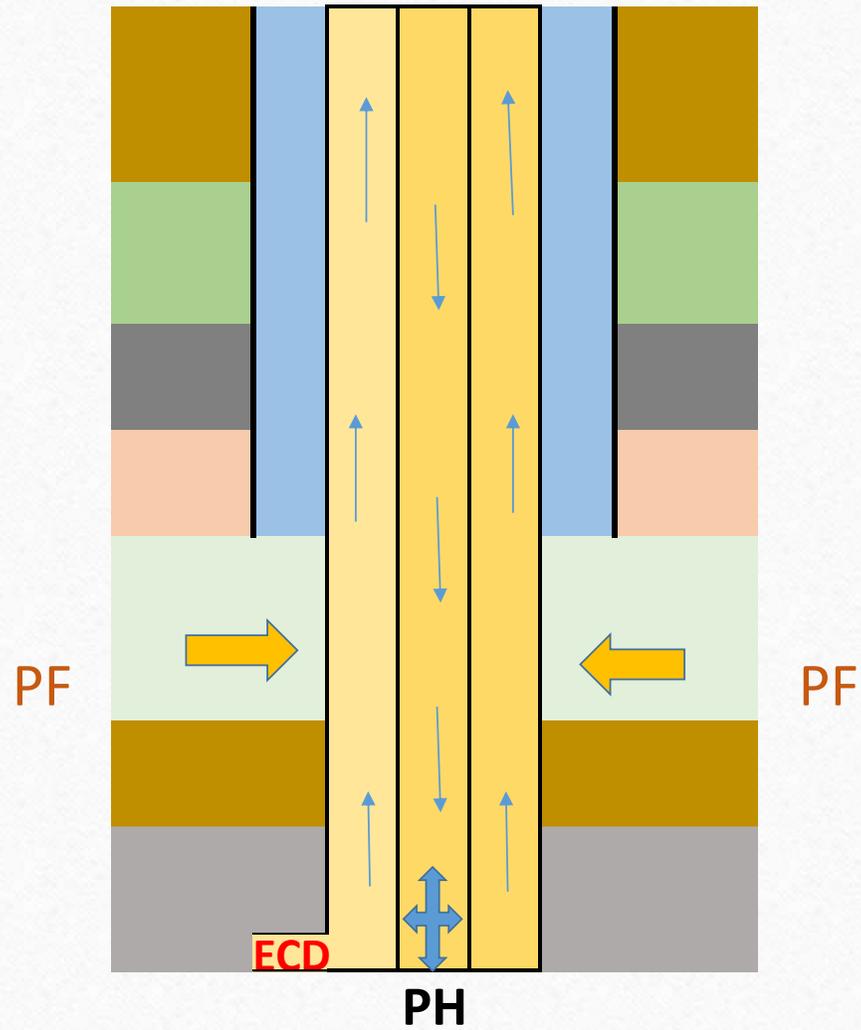
Efectos de la Presión Hidrostática

- La Presión Hidrostática (PH), debe mantener al pozo en forma equilibrada con la presión de formación pero no siempre es el caso
- En la realidad se presentan tres situaciones:
 - PH igual a PF
 - PH mayor que PF
 - PH menor que PF

PH igual a PF

- En este caso el volumen de lodo permanece estático, es decir no se pierde ni se gana volumen.
- Para este equilibrio hay que tomar en cuenta la presión equivalente de circulación (ECD), que puede afectar la PF por la fricción en el espacio anular y la turbulencia creada por la rotación de la sarta de perforación
- Este ultimo aspecto puede afectar el equilibrio de presiones.

ESQUEMA DE LA CIRCULACION EN UN POZO



Presion Diferencial = PF - PH

PH mayor a PF (1)

- Esta es la condición que se busca durante la perforación, es decir, no permitir que los fluidos de la formación ingresen al pozo pues estos pueden producir contaminación o surgencias no deseables
- Sin embargo este desequilibrio puede inducir a las llamadas perdidas de circulación, es decir, que el fluido ingrese a la formación en forma continua exigiendo a tomar otras medidas
- Dentro de las propiedades del lodo existe un parámetro, la película que se forma al penetrar el fluido a la formación porosa llegando a detener mayor flujo a la formación

PH mayor a PF (2)

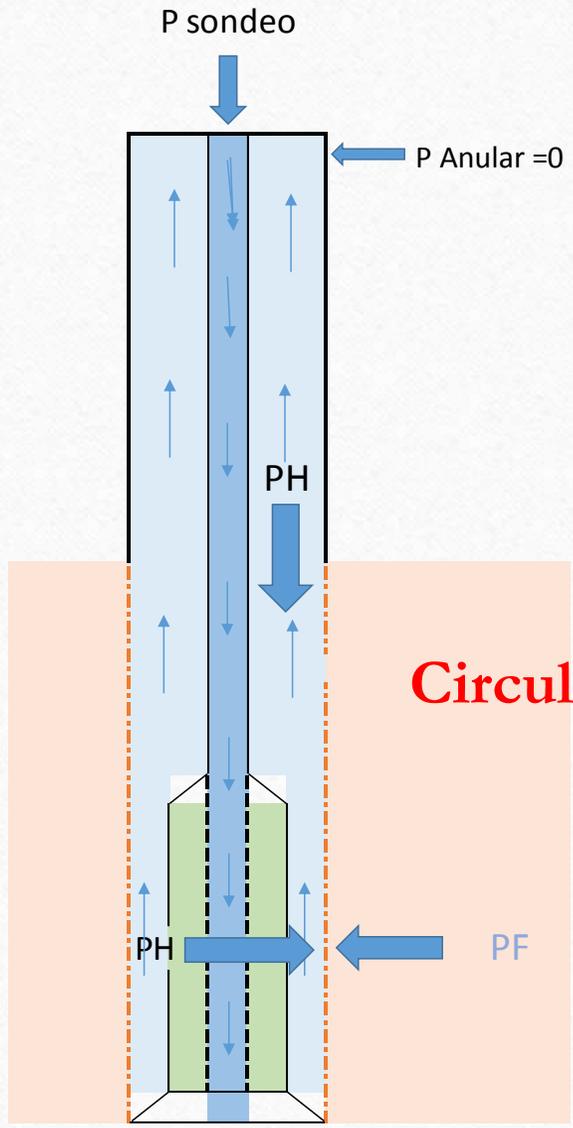
- Si esto no es suficiente, por tener la formación una PF muy baja entonces se añade obturante al fluido para detener la perdida
- Muchas veces se requieren diversos tipos de tapones e. g. cemento, diésel bentonita, baritina, etc.
- Si continua el problema el análisis debe determinar cual es la presión de formación para elegir la densidad del fluido a utilizarse
- Como líquido, el agua es el principal componente y si su PH es mayor que la PF entonces hay que recurrir a medidas mas serias

PH mayor a PF (3)

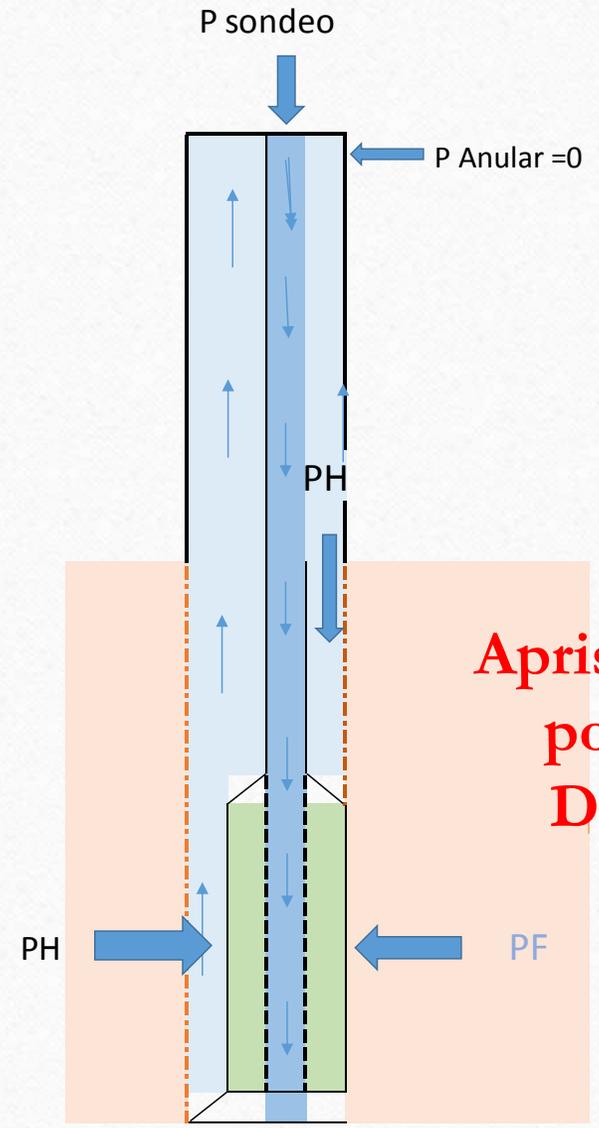
- Como primera medida se puede utilizar un lodo mas liviano tal como base aceite por ejemplo que puede bajar la densidad hasta 0.8 gr/cc
- Si la situación de perdida permanece hay que pensar en perforación con espuma o con aire que garantiza la remoción de la formación perforada pero no siempre es factible o disponible
- Entonces solo queda la llamada “perforación ciega” o sea sin retorno de ninguna forma y todo lo perforado se ira a la formación “ladrona” , esta situación se presenta muy frecuentemente cuando se perfora en zonas montañosas

PH mayor a PF (4)

- Una propiedad importante de la PH es que ayuda a mantener las paredes del pozo estable evitando que se derrumben y causen problemas, esto permite que se pueda sacar herramienta del pozo y que este se mantenga abierto
- Esta PH no debe ser tan alta como para que se induzcan pérdidas de fluido
- Existe un peligro latente que cuando la sarta queda sin movimiento pueda ocurrir lo que se llama aprisionamiento por Presión Diferencial



Circulación Normal



Aprisionamiento por Presión Diferencial

PH menor a PF (1)

- En la naturaleza existen formaciones sobre presurizadas por diferentes razones geológicas y de confinamiento
- El momento en que se perfora una formación cuya PF es mayor que la PH el fluido de la formación ingresa al pozo y se nota de inmediato un aumento en el volumen de lodo que siempre debe estar monitoreado constantemente y con alarmas que permitan reacciones apropiadas para lidiar con el problema
- El problema es crítico si la formación que aporta el agua está sobre presurizada entonces se va a requerir lodos de mayor densidad cuyo valor se calcula en función de las presiones medidas en superficie

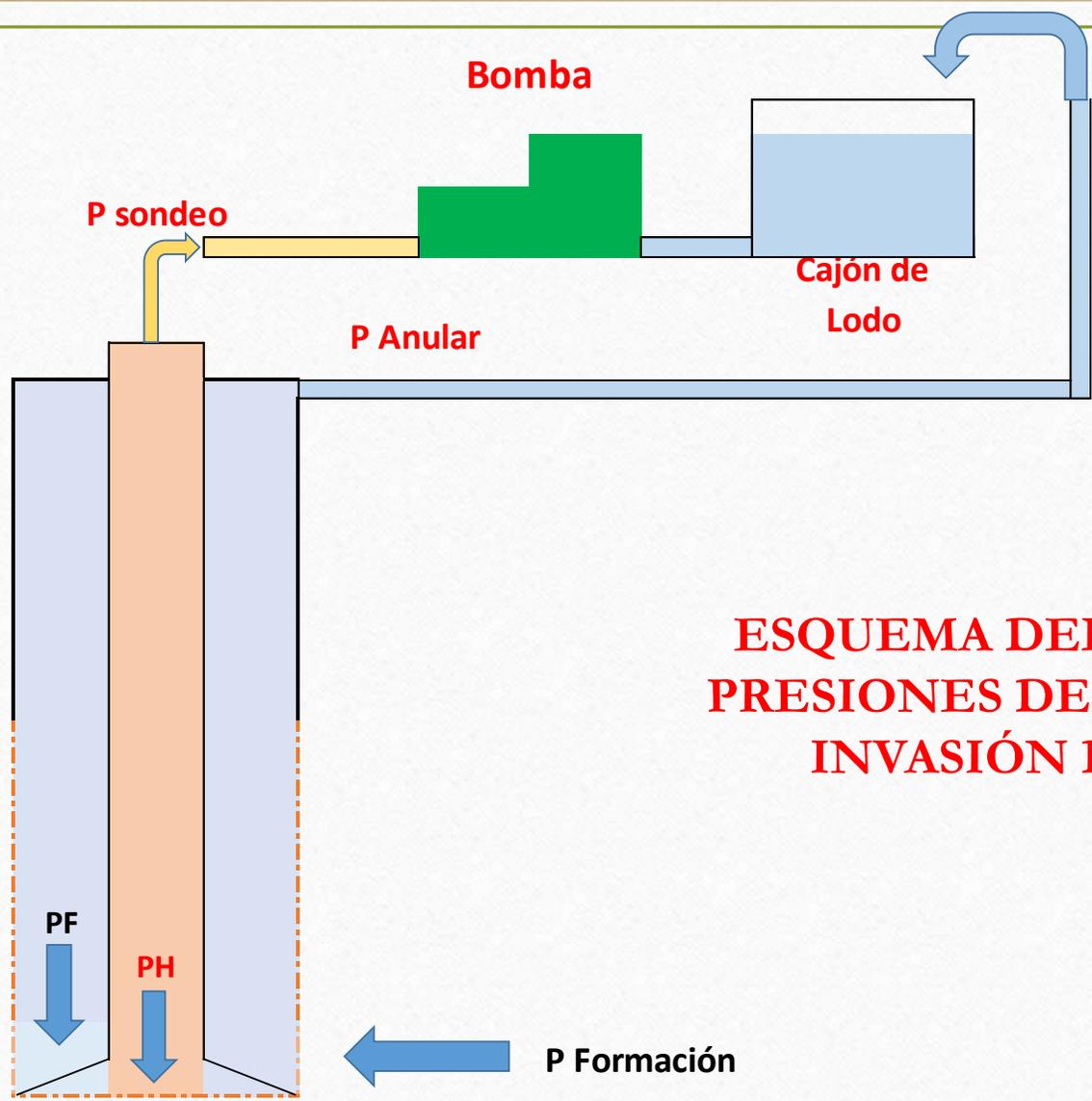
PH menor a PF (2)

- Hay tres clase de fluidos que pueden ingresar al pozo:
 - Agua
 - Petróleo y gas
 - Gas
- El agua se puede combatir rápidamente pues su densidad va de 0.433 hasta 0.465 psi/pie. Dependiendo si es agua dulce o agua salada
- La situación se complica si se tiene una zona de perdida abierta, esto debe solucionarse primero y luego controlar el flujo

PH menor a PF (3)

Invasión de Petróleo y Gas

- Cuando la invasión es de petróleo y gas, ya sea este último puro o asociado la situación entraña más peligro pues en caso de que salga a superficie en forma descontrolada puede originar un incendio de consecuencias catastróficas
- El gas que entra al pozo inicialmente con la PF al subir por el espacio anular e ir disminuyendo la presión se expande evacuando mayor cantidad de lodo a los cajones
- Se debe calcular entonces cuál es el peso de lodo que se requiere para detener el influjo



ESQUEMA DEL ANALISIS DE PRESIONES DE UN POZO CON INVASIÓN DE FLUIDO

P Formación

PH menor a PF (4)

Invasión de Petróleo y Gas

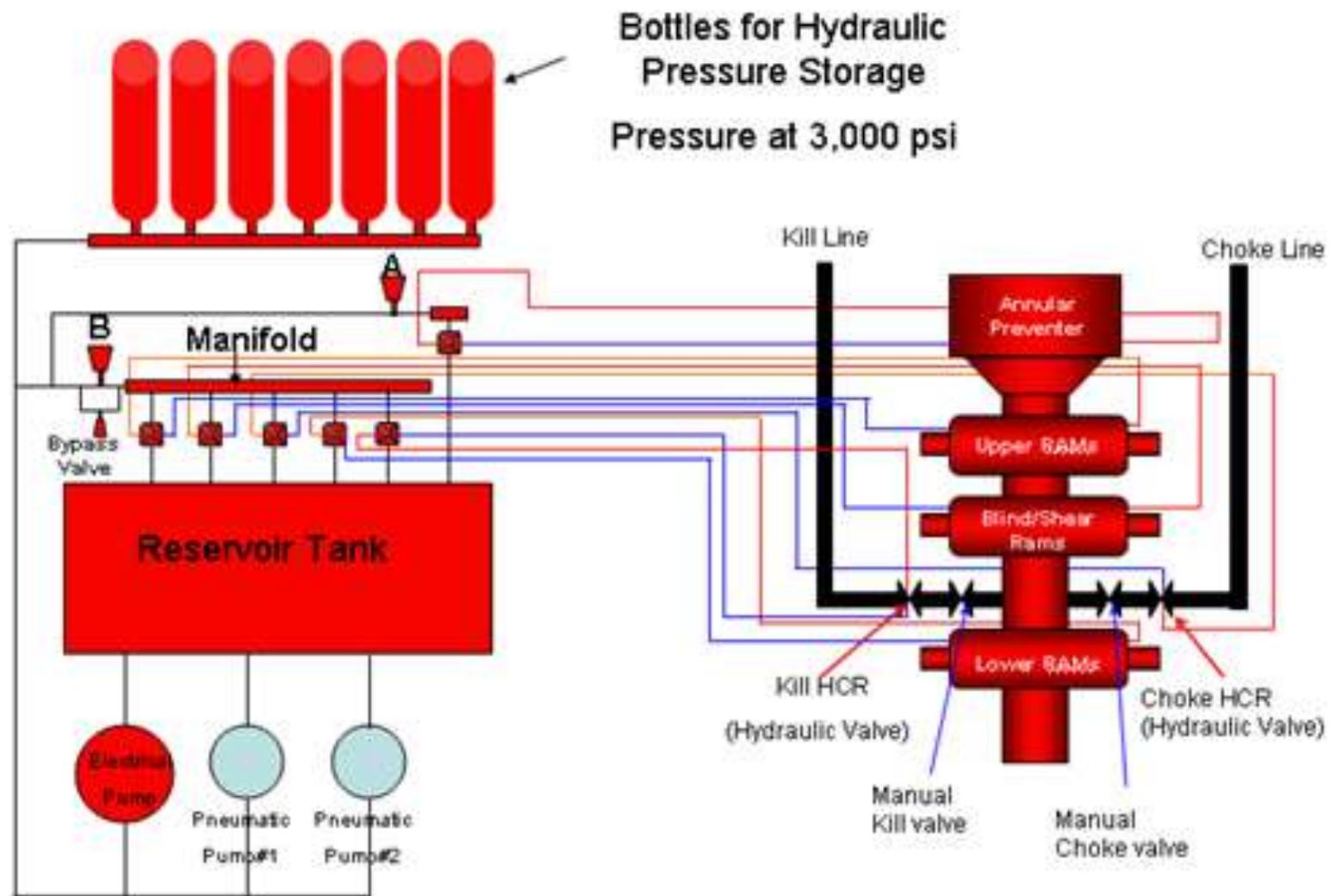
- La medición de la presión en el sondeo nos da la medida de este incremento
- Si **$P = \text{Densidad} \times \text{Profundidad}$** (kg/m³ x m)
 - **Densidad = $P/\text{Profundidad}$**
- En este caso **$P_{\text{dif}} = P_{\text{Formación}} - PH$**
- O sea que la PH requerida seria:
 - **$PH = P_{\text{sondeo}} + P_{\text{dif}} + 200\text{psi}$** (factor de seguridad)

PH menor a PF (5)

Invasión de Petróleo y Gas

- **Determinada la Densidad del Lodo para controlar el pozo se procede a bombear dicho lodo controlando la salida por medio de herramientas especiales (Choke Manifold)**
- **Los sistemas de prevención y seguridad (BOP, Acumulador, Choke Manifold) deben estar en perfecto estado de funcionamiento para evitar problemas mayor**
- **Esta función llega a ser la mas importante del Lodo de Perforación y el conocimiento de sus propiedades hidrostáticas muy primordial**





HERRAMIENTAS PARA CONTROL DEL POZO



PREVENTOR



ACUMULADOR



**CHOKE
MANIFOLD**

FIN

Sus preguntas por Favor



