

REMOCION DE SOLIDOS

Autor: Ing. E.J. Mira

Yacimientos Petrolíferos Fiscales

REMOCION DE SOLIDOS

Las actuales exigencias de la perforación, hacen necesario un eficiente control de los sólidos perforados, tendiendo a alcanzar el objetivo, minimizando costos y problemas operativos. Esto se hace más evidente en el caso de perforación de pozos profundos.

Un adecuado control de sólidos nos lleva a:

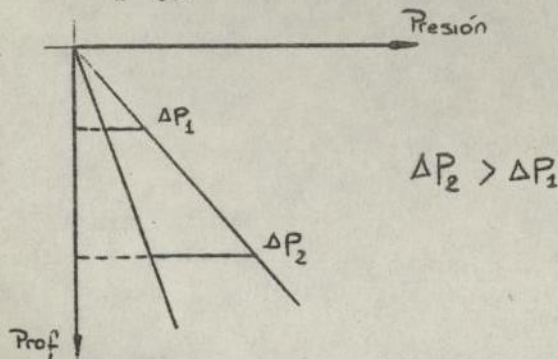
a) Mejores condiciones de pozo

- Menor torque y arrastre.
- Reducción de la tendencia al aprisionamiento por presión diferencial.
- Menores aprisionamientos de las herramientas de perfilaje.
- Mejoras en las maniobras de entubación y en las operaciones de cementación.

b) Incremento de la velocidad de penetración.

- En función de la cantidad de sólidos.

Mucho se ha estudiado acerca del incremento de la velocidad de penetración con la disminución de la presión diferencial. En el caso particular de un pozo profundo, el problema es más acentuado. Si observamos la curva de presión de poro y presión hidrostática en función de la profundidad, la diferencia $P_h - P_{\text{Poro}}$ se incrementa con la misma



De aquí la gran importancia del mantenimiento de los sólidos en cantidad mínima, compatible con la estabilidad y seguridad del pozo.

- En función del tamaño y distribución de las partículas. Ensayos de laboratorio, corroborados por experiencias de campo, demuestran que las par-

rículas submicrónicas ($< 1\mu$) influyen mucho más sobre la velocidad de penetración que aquellas de tamaño superior a 1μ .

c) Reducción del desgaste y reparación de equipos:

- Mayor duración de las partes componentes de las bombas.
- Menor erosión de las líneas de conducción de fluido (cañerías, escape-tas, etc.).

d) Mejores condiciones del fluido de perforación

- Disminuye la cantidad de diluciones.
- Minimiza el consumo de productos.
- En caso de una conversión, menores dificultades.

Por lo tanto un adecuado control de sólidos conduce a disminuir los problemas operativos y a aumentar la velocidad de penetración, significando esto un menor costo.

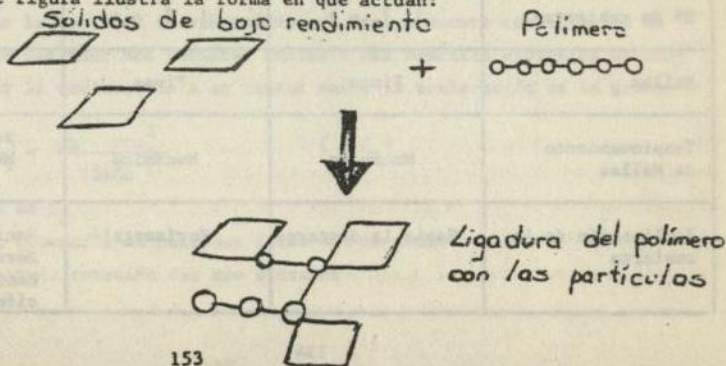
Los sólidos perforados, son mantenidos en niveles adecuados, mediante el empleo de equipos de remoción mecánica. Algunas veces se hace necesario complementarla mediante el empleo de agentes químicos (Floculantes Totales o selectivos) con el fin de eliminar las partículas, que por su reducido tamaño son imposibles de ser removidas por medios mecánicos.

REMOCION QUIMICA

Sin embargo, estos equipos tienen limitaciones en cuanto al rango de tamaño de partículas que pueden eliminar.

En general, no podemos, mecánicamente, eliminar partículas submicrónicas, (vimos que afectaban marcadamente la velocidad de penetración), por lo tanto debemos emplear agentes químicos, como ser los floculantes selectivos.

La siguiente figura ilustra la forma en que actúan:



Para evitar la generación de partículas finas, por trabajo mecánico y/o dispersión química, suelen utilizarse polímeros encapsulantes, otro camino para la eliminación de sólidos finos, sería por flotación.

Básicamente consiste en el agregado de un tensioactivo espumante y la insuflación de gas, a la pileta. Las partículas finas son adsorbidas en la superficie de las burbujas y por flotación llegan a la superficie, y a través de un rastrillo mecánico la espuma juntamente con los sólidos finos, son eliminados.

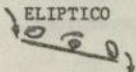
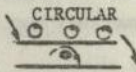
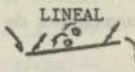
EQUIPAMIENTO UTILIZADO PARA ELIMINAR SÓLIDOS

El mercado nacional ofrece equipos de remoción tales como zarandas vibratorias y baterías de hidro ciclones.

A continuación haremos una reseña de los mismos:

a) Zarandas Vibratorias:

La tabla siguiente sintetiza características técnicas de los tres (3) modelos de vibración:

	MODELO VIBRATORIO		
	ELIPTICO 	CIRCULAR 	LINEAL 
Ubicación del eje vibrador	Por encima del centro de gravedad del lecho vibrante	En el centro de gravedad del lecho vibrante	Por encima del centro de gravedad o en ambos laterales
Nº de vibradores	1	1	2
Accionamiento	Motor hidráulico Motor Asincrónico	Motor hidráulico Motor asincrónico	Motor Asincrónico Motor Sincrónico Motor hidráulico
Nº de cubiertas	1, 2, o +	1, 2, o +	1, 2, o +
Mallas	Finas	Finas	Extrafinas
Tensionamiento de Mallas	Mecánico	Mecánico	Neumático o Mecánico
Inclinación de la cubierta	Hacia la descarga	Horizontal	Hacia la descarga Horizontal Hacia la alimentación

	MODELO VIBRATORIO		
	ELIPTICO	CIRCULAR	LINEAL
Contrapesos	Regulables	Regulables	Regulables
Aceleración	Posibilidad de <u>va</u> <u>riación</u>	Posibilidad de <u>va</u> <u>riación</u>	Posibilidad de <u>va</u> <u>riación</u>
Capacidad de pro ceso para igual tipo de malla	Menor debido a la inclinación	Mayor que la de - modelo elíptico.	Según la posición de trabajo
Factores del lodo que afectan la <u>per</u> <u>formance</u>	Carga de sólidos Visc.plástica Densidad Punto de fluen- cia	Carga de sólidos Visc.plástica Densidad Punto de fluen- cia	Carga de sólidos Visc.Plástica Densidad Punto de fluencia
Factores mecáni- cos que afectan la <u>performance</u>	Posición del eje vibrador. Frecuencia vibra- toria. Taponamiento	Frecuencia vibra- toria. Amplitud de vibra- ción. Taponamiento	Inclinación de los ejes con respecto a la cubierta. Frecuencia vibrato- ria. Amplitud de vibra- ción. Taponamiento

La mayoría de las zarandas permiten la regulación de la amplitud de vibración y con ello la de la aceleración, mediante la variación de la posición de los contrapesos. Esto es beneficioso porque permite modificar las condiciones de funcionamiento de la zaranda de acuerdo a las necesidades operativas.

La experiencia nos dice que los valores normales de aceleración varían entre 3 y 6 G.

Como control del correcto funcionamiento existe el método de la cuña. Con éste determinamos la amplitud de vibración; que conjuntamente con el valor de las rpm del eje vibrador nos permite, mediante una sencilla expresión matemática determinar la aceleración A en tantas veces la aceleración de la gravedad:

$$A (g) = \frac{x \cdot \text{rpm}_v^2}{70400} \quad 3 < A < 6$$

A= Aceleración en G_s

x= Amplitud de vibración en pulgadas (Dado por la cuña)

rpm_v^2 = Velocidad de rotación del eje vibrador

Valores menores de 3 G causan una mala conducción y disminuyen la capacidad de remoción. Valores mayores a 6 llevan a una rotura prematura de la malla y someten a toda la estructura vibrante y de sostén a elevados esfuerzos.

De la fórmula se desprende que se puede variar el valor de A, tanto por la modificación de X, como por la variación de las rpm_v .

Se recomienda trabajar, siempre que sea posible, sobre el valor de X (amplitud de vibración) mediante el posicionado de contrapesos.

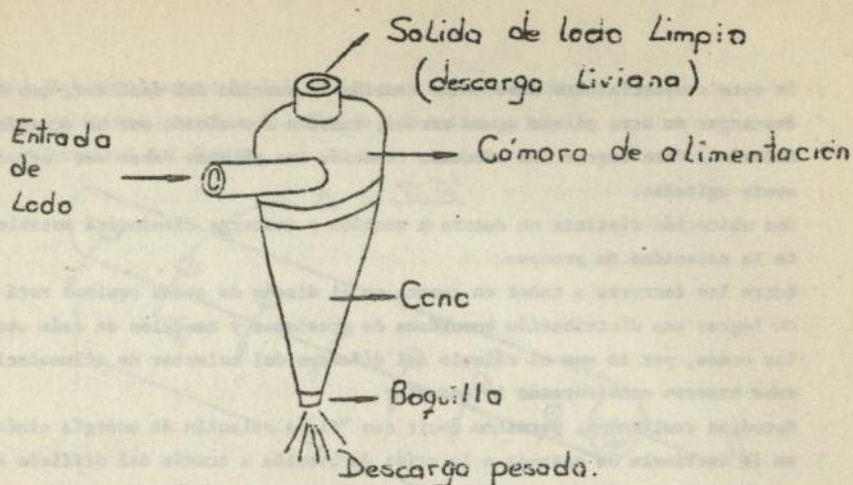
El valor de rpm_v influye de manera cuadrática en el valor de A. Está comprobado que altas velocidades en el eje vibrador dificulta la conducción de sólidos sobre el tamiz y disminuye la capacidad de remoción.

B.- HIDROCICLONES

	HIDROCICLONES	
	DESARENADORES	DESILTERS
Ø CONOS	6", 8"	4"
Nº CONOS	ACORDE A LAS NECESIDADES DE PROCESO	ACORDA A LAS NECESIDADES DE PROCESO
COLECTORES DE ENTRADA Y SALIDA	CILINDRICOS O TIPO CAJON	CILINDRICOS O TIPO CAJON
ALIMENTACION	BOMBA CENTRIFUGA	BOMBA CENTRIFUGA
FACTORES QUE AFECTAN LA PERFORMANCE	PRESION DE TRABAJO VISCOSIDAD PLASTICA CARGA DE SOLIDOS	PRESION DE TRABAJO VISCOSIDAD PLASTICA CARGA DE SOLIDOS

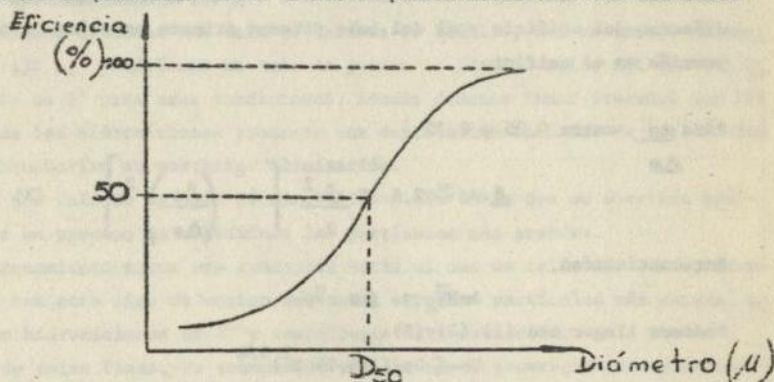
La capacidad de proceso depende del número de conos y del diámetro de los mismos. Es buena práctica que la batería de conos supere en 1,25 a 1,50 el volumen de la bomba de pozo.

Los actuales conos son fabricados en poliuretano resistentes a la abrasión y a la deformación. Con una dureza Shore del orden de 90. Siendo de fácil intercambio. El mayor desgaste se produce siempre en el tercio inferior del mismo, donde el momento cinético es máximo.



A diferencia de la zaranda que tiene un diámetro de corte definido por las características de la malla (N° mesh y ϕ de alambre), el ϕ de corte en los hidrociclones depende del ϕ de los conos, condiciones operativas, influyen también la carga de sólidos y la viscosidad.

Además en este caso no se trata de un diámetro de corte determinado, sino que los hidrociclones eliminan un amplio rango de partículas, teniéndose en cuenta para el diseño el definido como diámetro de corte 50; que es aquel para el cual la partícula tiene el 50% de probabilidades de ser eliminada.



De la curva se desprende que hay partículas de diámetro menor al D_{50} que son eliminadas, como así también partículas mayores que retornan al circuito.

Debido a las condiciones de funcionamiento de estos equipos, deben estar ubicados correctamente en el circuito. El desarenador debe chupar de la pileta que recibe lodo de la trampa de arena y la descarga debe hacerse en otro compartimiento comunicado con la succión por un equalizador inferior (ϕ 8" a 10").

En este compartimiento debe estar también la succión del desilter, que debe descargar en otra pileta aguas arriba, también comunicado por un equalizador inferior. Para lograr una adecuada remoción las piletas deben ser correctamente agitadas.

Una ubicación distinta en cuanto a succión y descarga disminuirá notablemente la capacidad de proceso.

Entre los factores a tener en cuenta en el diseño de estos equipos está el de lograr una distribución homogénea de presiones y caudales en cada uno de los conos, por lo que el cálculo del diámetro del colector de alimentación debe hacerse considerando lo anterior.

Estudios realizados, permiten decir que "Si la relación de energía cinética en la corriente de entrada a la caída de presión a través del orificio de salida y de la pérdida por fricción en el tubo a la caída de presión a través del orificio de salida son menores que 0,1. La no uniformidad de flujo en los orificios es menor que un 5%".

Puesta en fórmulas nos quedaría que:

$$\frac{\alpha P \bar{v}^2 P/2}{\Delta P_o} \leq 0,1 \quad \frac{\Delta P_p}{\Delta P_o} \leq 0,1 \quad 1,2$$

Donde α es un factor de corrección y vale 1,05 para flujo turbulento.

Para convertir las expresiones anteriores a una expresión que involucre el diámetro del orificio y el del tubo debemos primero calcular la caída de presión en el orificio:

Para A_o entre 0,05 y 0,70

ΔP

$$\Delta P_o \approx 2,6 P \frac{\bar{v}_o^2}{2} \left[1 - \left(\frac{A_o}{A_p} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Por continuidad

$$A_o N \bar{v}_o = A_p \bar{v}_p$$

Podemos llegar con (1) (2) y (3)

$$D_o \leq D_p / (1 + 0,4 N^2)^{1/4}$$

ya que N es grande podemos simplificar y nos queda

$$D_o \leq 0,7 D_p / \sqrt{N}$$

A_o = Área de un orificio

A_p = Sección transversal del tubo

D_o = Diámetro de cada orificio

D_p = Diámetro del tubo

N = Número de orificios

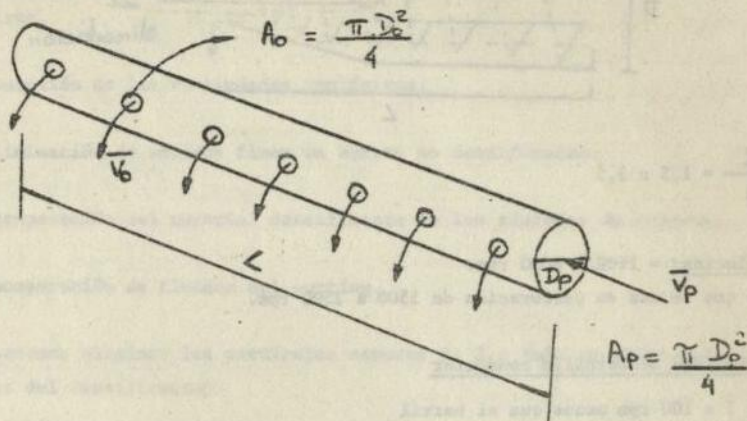
P_o = Caída de presión a través de cada orificio.

P_p = Caída de presión en el tubo

$\bar{V}_o$ = Velocidad promedio del fluido que deja el orificio

$\bar{V}_p$ = Velocidad promedio del fluido que entra al tubo

P = Densidad del fluido



Hagamos ahora las siguientes consideraciones:

Las telas de zarandas más usadas son las de 40 y 60 Mesh correspondientes a tamaños de aberturas de 381μ y 234μ respectivamente.

Además un hidrociclón de 6" tiene un D_{50} optimista de aproximadamente 40μ , cuando usamos un fluido de viscosidad 1 cp; pero con otro de 20 cp, su D_{50} será de aproximadamente 130μ .

Si pudiéramos utilizar una tela de zaranda de 120×120 , con un tamaño de abertura de 130μ , pondríamos en tela de juicio la justificación del uso del hidrociclón de 6" para esas condiciones. Además debemos tener presente que las bombas de los hidrociclones producen una degradación mecánica de los sólidos que dificultarían su posterior eliminación.

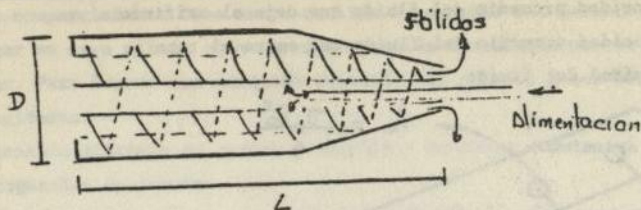
También una tela de zaranda elimina sólidos más finos que su abertura nominal, por un proceso de adhesión a las partículas más grandes.

Este razonamiento marca una tendencia hacia el uso de telas más finas, acompañadas con otro tipo de equipo que pueda eliminar partículas más chicas, tales como hidrociclones de 2" y centrífugas de decantación.

El uso de telas finas, va acompañado por una nueva generación de zarandas, que posibilitan manejar altos caudales aún con esas mallas.

C.- CENTRIFUGAS

DECANTADORA CENTRIFUGA DE BARRIL Y TORNILLO



$$\frac{L}{D} = 1,5 \text{ a } 3,5$$

Velocidad = 1600 a 6000 rpm.

Lo que se usa en perforación de 1500 a 2500 rpm.

Velocidad del tornillo conductor

de 5 a 100 rpm menos que el barril

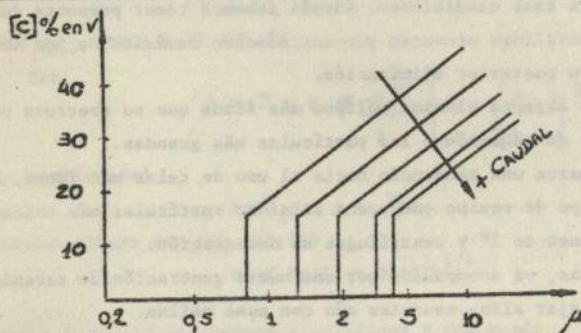
Nivel de Líquido: Se mantiene por medio de compuertas.

Caudal que procesa: En general de 7 a 25 gal/min., pero hay de 75, 150 y 600 gpm (super decanter 7000)

Ubicación: Sobre las piletas corriente abajo de los hidrociclones.

Concentración de sólidos de la Alimentación: 2 a 50% en volumen

Efecto de la concentración de la Alimentación y Caudal sobre Diámetro de Corte



Clasificación

- 1- Por su uso
- 2- Por su capacidad

Por su uso

- 1.- Reducción del volumen del sistema y a su vez incrementar la densidad del mismo.
- 2.- Reducción de las Propiedades reológicas.
- 3.- Eliminación de sólidos finos en barros no densificados.
- 4.- Recuperación del material densificante de los sistemas de reserva.
- 5.- Recuperación de fluidos del cutting.

- 1.- Queremos eliminar las partículas menores de 2μ (mínimo valor que queremos del densificante).
- 2.- Queremos aumentar la densidad.
- 3.- Disminución del sistema al fin de un trabajo.
- 4.- Ante un aumento de VP o viscosidad embudo, y no podemos perder densidad debo agregar fluido fresco.

Alimentación: Diluida en general con un 5 a 10% del caudal circulante.

Tiempo de operación: Lo determina el inyeccionista, hasta obtener los valores deseados.

La viscosidad del efluente debe ser entre 35 a 37 seg/qt.

Capacidad limitada por:

- 1.- Flujo másico de sólidos que pueden ser removidos por el conductor y descargado por las compuertas.
- 2.- Limitado por las compuertas que descargan líquido.

Centrífuga de cilindro perforado

Velocidad: 1500 a 2500 rpm.

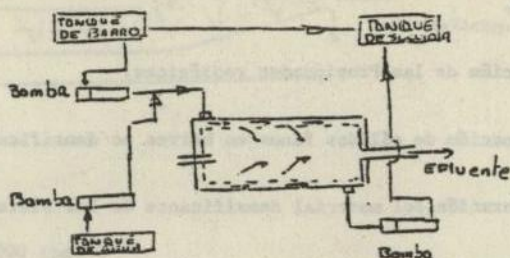
Alimentación: Diluida para mantener la viscosidad del efluente en 5 cps.

Un 60 al 90% de la alimentación con la dilución va al underflow (Diferente

al otro caso en que el underflow es seco).

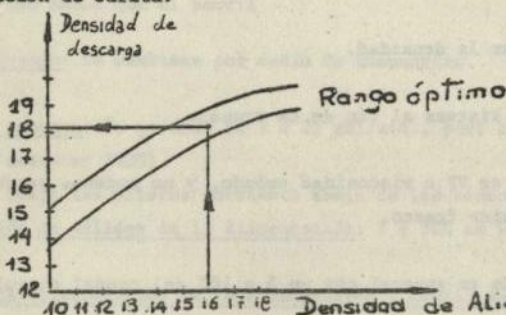
Descarga: En compartimiento bien agitado y lejos de la bomba del equipo.

Ubicación: En cualquier parte del equipo (ya que tiene bombas a tornillo).



Consideraciones Prácticas

La densidad de descarga debe ser controlada con la válvula para tener buena recuperación de barita.



$$V_p = \frac{d_p^2 \Delta \rho}{18 \mu} \omega^2$$

V_p = Velocidad de la partícula

V_r = Velocidad radial

$$V_r = \frac{Q_e}{2 \pi r_1 L}$$

Para algún d $V_p = V_r$

$$Q_e \mu = \pi \Delta \rho d_p^2 r_1^2 \omega^2 L$$

Lo óptimo para el efluente

$$\mu_e Q_e = 5,7 d_p^2$$

30 y 100 para tener d_p entre 2,3 y 4,2 μ para esos valores la recuperación de barita es de 90 al 95%.

CONSIDERACIONES PRACTICAS

$$\frac{v_r (\text{Arcilla})}{v_r (\text{Barita})} = \frac{g_c \frac{D_s^2 (P_s - P)}{18 \mu}}{g_c \frac{D_b^2 (P_b - P)}{18 \mu}}$$

$$\frac{v_r (\text{Arcilla})}{v_r (\text{Barita})} = \frac{D_s^2 (P_s - P)}{D_b^2 (P_b - P)}$$

¿Cuál es el valor del diámetro de arcilla, que sedimenta con una partícula de barita de 2μ ?

$$D_s^2 (P_s - P) = D_b^2 (P_b - P)$$

$$\frac{D_s}{D_b} = \sqrt{\frac{P_b - P}{P_s - P}} = \sqrt{\frac{4,25 - 1,1}{2,5 - 1,1}}$$

$$D_s = 1,5 D_b$$

$$D_b = 2 \mu$$

$$D_s = 3 \mu$$

Si quiero con una centrífuga que opera eliminando sólidos de 2 u separar sólidos de 1 u ¿qué debo hacer?

1- Aumentar la fuerza centrífuga (manteniendo el tiempo de residencia) 4 veces.

2- Aumentar el tiempo de residencia (manteniendo la fuerza centrífuga) 4 veces.

SUGERENCIAS.

- 1.- Uso de zarandas que permitan el empleo de mallas extrafinas, con lo cual mejora la performance de los hidrociclones.
- 2.- Si es posible el uso de mallas de 150 Mesh, no utilizar el desarenador, evitando de esta forma una mayor generación de finos.
- 3.- Puede ser conveniente el uso de centrifugas "on-line" si el balance técnico económico así lo justifica.