



Universidad Nacional
Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



31
2 ej

“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE REMOCION
DE SOLIDOS EN EL LODO
DE PERFORACION ”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A:

María de los Dolores Reyes Téllez

MEXICO, D. F.

INVIERNO 85



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	página
INTRUDUCCION.....	1
 CAPITULO I	
EL CONTROL DE LOS SOLIDOS EN EL LODO PARA UN OPTIMO RENDIMIENTO DE LA PERFORACION.....	2
<i>Funciones del lodo de perforación.....</i>	2
<i>Principios de la ingeniería de lodo.....</i>	4
<i>Procedimientos o guías básicos de la ingeniería de lodo.....</i>	7
<i>Bentonita y control de filtrado.....</i>	19
<i>Cálculo del contenido de bentonita.....</i>	20
 CAPITULO II	
PRINCIPIOS GENERALES EN LA DISPOSICIÓN DEL EQUIPO...	34
<i>Disposición del equipo.....</i>	36
<i>Tratamiento de lodo en la descarga y en la succión..</i>	39
<i>Disposición del vibrador.....</i>	44
<i>Disposición de desgasificador o desgasador.....</i>	49
 CAPITULO III	
DISPOSICION DE LOS HIDROCICLONES.....	53
<i>Ejemplos del análisis del tratamiento del lodo a la succión.....</i>	53
<i>Flujo interno.....</i>	61
 CAPITULO IV	
DIMENSION DE LOS HIDROCICLONES.....	80
<i>Cálculo del tamaño de los hidrociclones.....</i>	82
<i>Colocación de los hidrociclones.....</i>	85

	página
Múltiple o distribuidor.....	86
CAPITULO V	
DISPOSICION DE LA CENTRIFUGA.....	97
Disposición de la centrifuga para lodos de baja ---- densidad.....	97
Disposición de la centrifuga para lodos de alta ---- densidad.....	101
ANEXO	
"Programa para determinar el contenido de bentonita- comercial".....	104
CONCLUSIONES.....	105
BIBLIOGRAFIA.....	109

INTRODUCCION

I N T R O D U C C I O N

El fluido de perforación de pozos (lodo) es uno de los principales elementos que contribuyen a realizar la perforación con éxito y a costo reducido.

Se ha establecido que el contenido de sólidos que se incorporan al lodo durante la perforación, cambia o modifica las condiciones químicas y mecánicas del mismo e incluso puede ocasionar trastornos como: pegaduras de tuberías, deterioro prematuro del equipo de circulación e inclusive bajo rendimiento en el avance de la perforación.

La intención de este trabajo es auxiliar a las personas relacionadas con el manejo del fluido de perforación, a resolver los problemas que se presentan en la eliminación de sólidos indeseables.

CAPITULO I

C A P I T U L O I

EL CONTROL DE SOLIDOS EN EL LODO. PARA UN OPTIMO REN DIMIENTO DE LA PERFORACION

En este capítulo se explican cinco funciones principales del lodo de perforación y además se aportan cinco procedimientos o guías básicas en la ingeniería de lodo.

FUNCIONES DEL LODO DE PERFORACION.

"Un fluido óptimo de perforación, es aquel en el que el régimen de flujo necesario para limpiar el pozo, da por resultado una potencia hidráulica adecuada para limpiar la barrera, dado un peso y velocidad rotatoria constante sobre ella, dando por resultado la tendencia a disminuir el costo, siempre y cuando esta combinación de variables dé, paredes de pozos estables que satisfagan el criterio de evaluación de la penetración alcanzando el objetivo deseado".

La definición anterior para un fluido óptimo de perforación incorpora cinco de las principales funciones que debe tener el lodo.

1.- Enfriar y lubricar la barrera, limpiar los dientes a manera que estos trabajen a través de los cortes generados en el fondo del pozo a fin de que penetren en la roca.

2.- Limpiar el fondo del pozo de los cortes que se están perforando.

3.- Llevar a la superficie cortes, a una velocidad razonable, que reduzca al mínimo su desintegración y se incorporen como sólidos perforados, al sistema del lodo.

4.- Estabilizar las paredes del pozo para reducir al mínimo la erosión, la disolución y el desprendimiento de formaciones deleznable para evitar tuberías pegadas, permitir que las tuberías de revestimiento lleguen a la profundidad -

programada y efectuar con éxito la cementación.

5.- Permitir la evaluación adecuada de la formación ob-
teniendo buenos cortes con una correlación de profundidad -
adecuada, núcleos con una mínima invasión del filtrado, y -
una respuesta apropiada de los registros eléctricos.

En la práctica, se llega a poner mayor énfasis en las
primeras tres funciones y se critica el hecho que en ocasio-
nes contadas el lodo es tratado sólo para la cuarta de las
funciones (la estabilidad del pozo), sacrificando la quinta
función (la evaluación de la formación). Esta crítica usual-
mente se refiere al uso de aditivos de aceite, o lodo a base
de aceite, que llega a interferir con el análisis de los cor-
tes y con la roca de origen, pero a menudo se refiere al con-
tenido de sal, tal como NaCl o CaCl₂, que pueden anular la -
respuesta específica del registro del potencial espontáneo.

Un programa de lodo adecuado hace hincapié en el orden
de importancia de las cinco funciones enumeradas. Puesto que
los pozos pueden perforarse con aire o con gas, fluidos que
tienen muy baja viscosidad o propiedades de pérdida de agua
mínimas, lo que indica que la cuarta y la quinta de las fun-
ciones (la estabilidad de pozo y la evaluación de la forma-
ción) deberán ser consideradas como prioritarias en el dise-
ño y el control de un programa de lodo. Esto determinará el
tipo de sistema del lodo que debe usarse en cada sección del
pozo y los productos necesarios para prepararlo y mantenerlo.

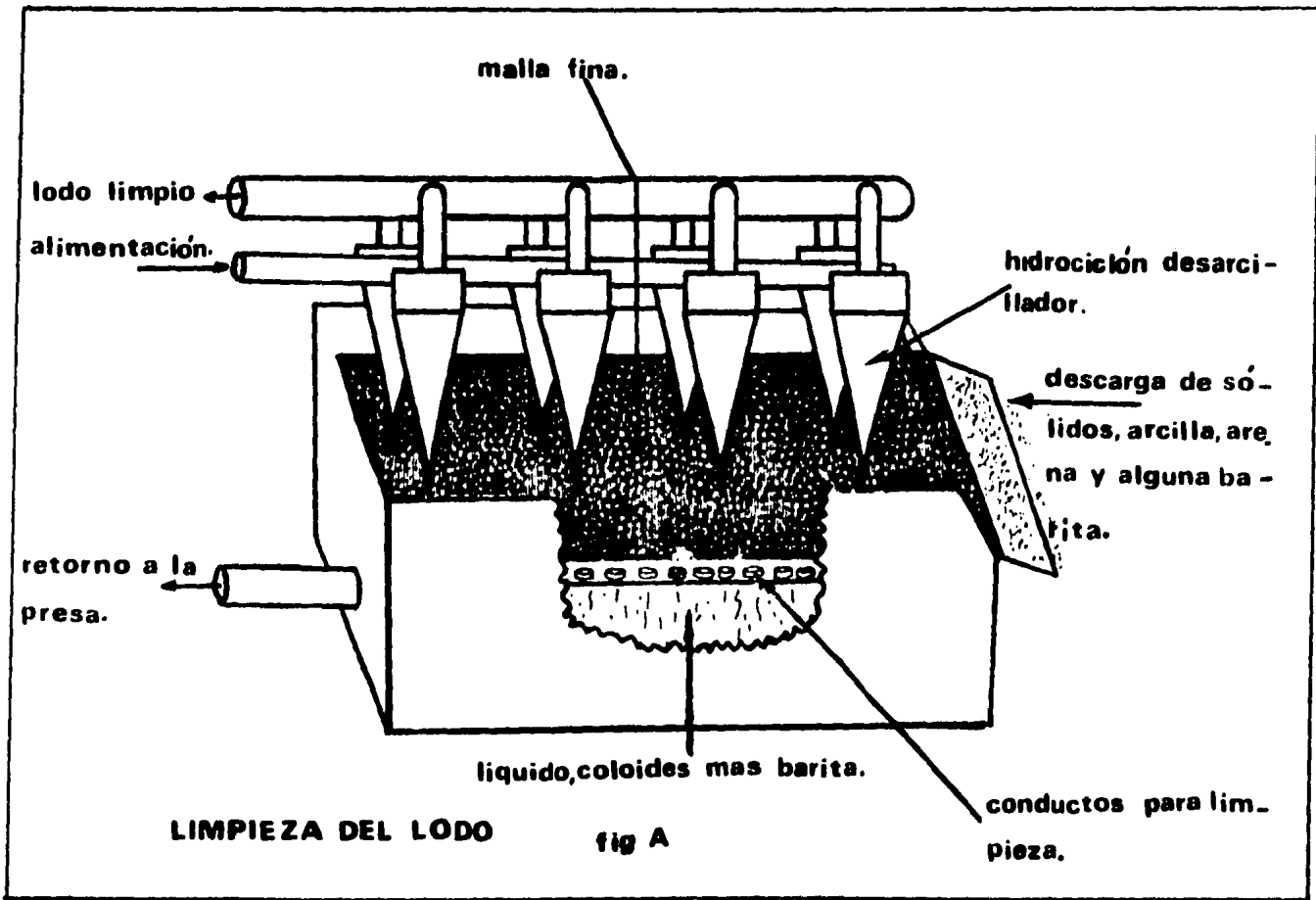
Decidido esto, pueden estimarse las propiedades del lo-
do necesarias para las tres primeras funciones por medio de
procedimientos de optimización hidráulicos. Los resultados -
dependen de la geometría del pozo, de la profundidad y de la
densidad del lodo necesaria para evitar los brotes o para --
controlar las formaciones deleznable.

PRINCIPIOS DE LA INGENIERIA DEL LODO.

Reología.- La reología deberá ser considerada como la primera propiedad. El maximizarla involucra la determinación adecuada de: la viscosidad plástica, punto de cedencia y la resistencia gel. La viscosidad plástica (PV) del lodo debe establecerse tan bajo como sea posible para reducir al mínimo la pérdida de presión en la sarta de perforación, que priva a las boquillas de la barrena de gran parte de la potencia de superficie, desarrollada por la bomba del lodo. Las fuerzas de fricción anulares aumentan la densidad equivalente de circulación del lodo, que se refleja en un incremento de presión en el fondo del pozo y que originan una pérdida de circulación.

La viscosidad plástica puede entenderse como el fenómeno de fricción entre los sólidos que se frotan uno contra otro en la corriente, la viscosidad plástica por lo general es controlada en un rango adecuado por medio del contenido de sólidos del sistema de lodo. El uso de sustancias químicas, como son los polímeros obligan a reducir el uso de bentonita, la floculación de los sólidos perforados, por medio de aditivos permitirá además el formar una cubierta en la barita con el fin de reducir la fricción de este material densificante. Además, es esencial reducir al mínimo el uso de dispersantes y de sosa cáustica dado que estos materiales actúan en los sólidos perforados convirtiéndolos en partículas muy finas dando origen a una gran área de superficie, y por lo general tienden a dispersar las secciones de lutitas ávidas de agua provocando el agrandamiento del pozo.

Técnicas mecánicas.- Estas incluyen el uso de vibradores, desarcilladores, desarenadores, hidrociclones, centrifugas, desgasadores y el uso adecuado del agua. (fig. A y B). - La primer línea de defensa, mecánicamente, es el vibrador.



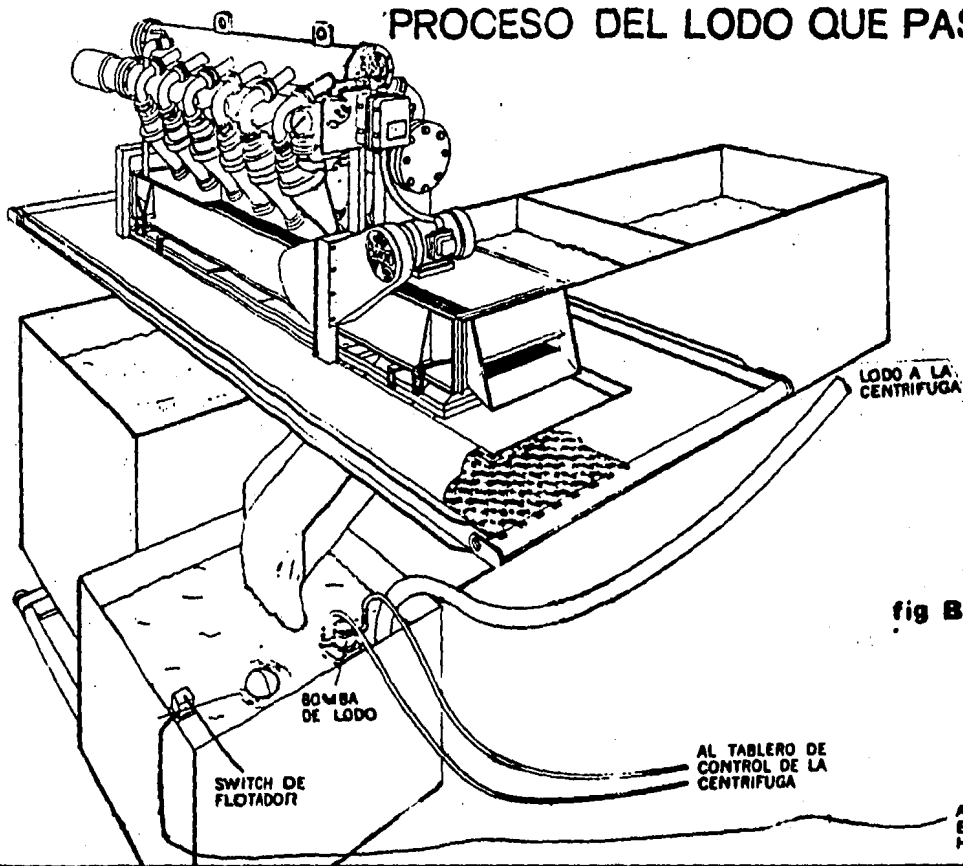
51

LIMPIEZA DEL LODO

fig A

conductos para limpieza.

PROCESO DEL LODO QUE PASA LA MALLA



Debe ser el diseño moderno, con cribas finas de tamaño adecuado para eliminar hasta donde sea posible las partículas de los cortes sin que se tape la malla. La atención y el mantenimiento adecuado de los cribas y de todo el sistema en general (fig. E y F) es importante si no se quiere sobre cargar de trabajo a otro equipo.

Los ciclones (fig. D) son accionados con una presión suficiente que separe a los sólidos ligeros. Los centrífugas decantadoras se usan (fig. C) para recuperar la barita, pero también son útiles en sistemas de lodo de baja densidad para controlar los sólidos si el nivel de trabajo para el fluido se ajusta adecuadamente.

PROCEDIMIENTOS O GUÍAS BÁSICOS DE LA INGENIERÍA DE LODO.

1) Una simple ecuación que, relacione los gastos de flujo requeridos para el enfriamiento de una barrena cuyo peso sea el máximo permitido por el diámetro de la misma. (FUNCION 1).

2) Una simple ecuación, que relacione la velocidad de chorro requerida en función del avance de la perforación en una formación dada, a fin de limpiar el fondo del pozo. (FUNCION 2).

3) Como interpretar las velocidades de transporte de los cortes generados por la barrena, calculados para promediar la velocidad anular que asegure una limpieza adecuada del pozo. (FUNCION 3).

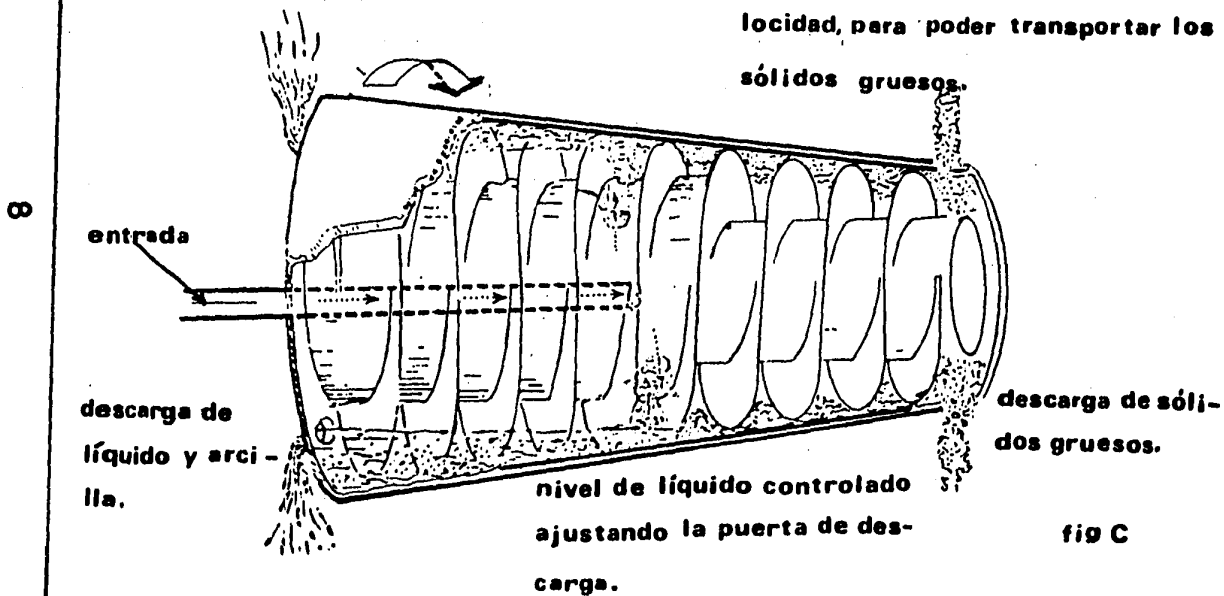
4) Una explicación sobre la estabilidad de las paredes del pozo y la evaluación de la formación, en las interacciones de: la sal, el aceite, los sólidos perforados, la bentonita y la pérdida de fluido. (FUNCION 4).

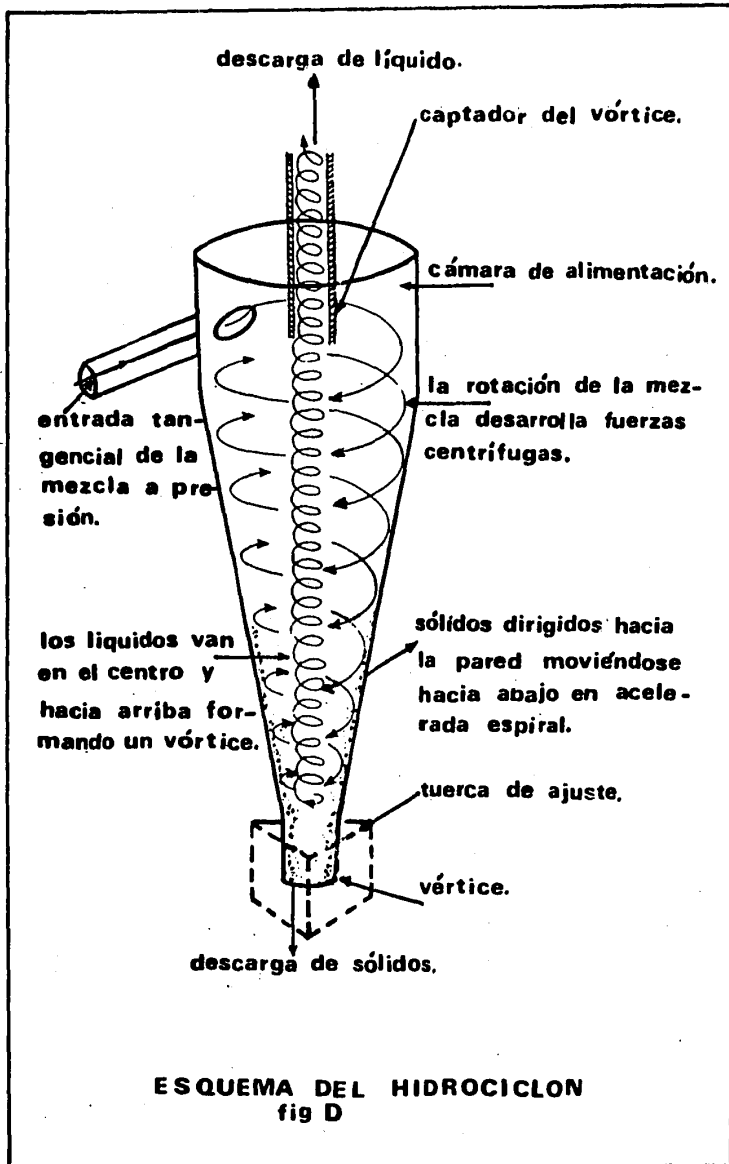
5) Un nuevo procedimiento de cálculo para determinar la cantidad de bentonita comercial en un sistema de lodo. (FUNCION 5).

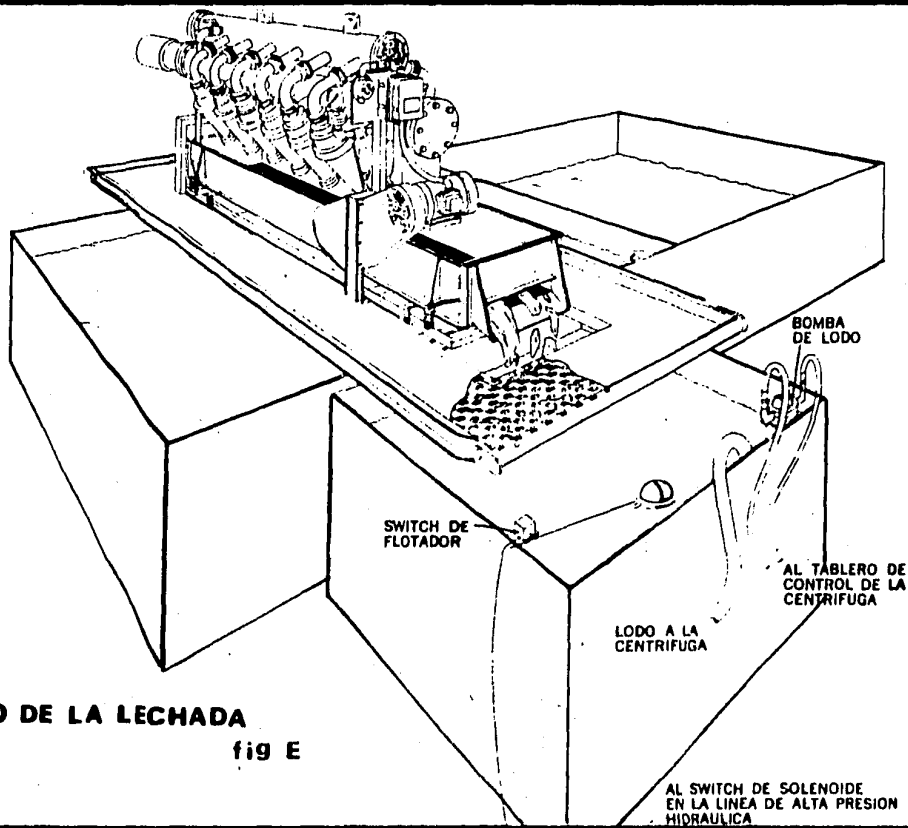
CENTRIFUGA DECANTADORA

la carcasa gira creando
alta fuerza centrífuga.

el transmisor gira en la misma direc-
ción que la carcasa pero a menor ve-
locidad, para poder transportar los
sólidos gruesos.

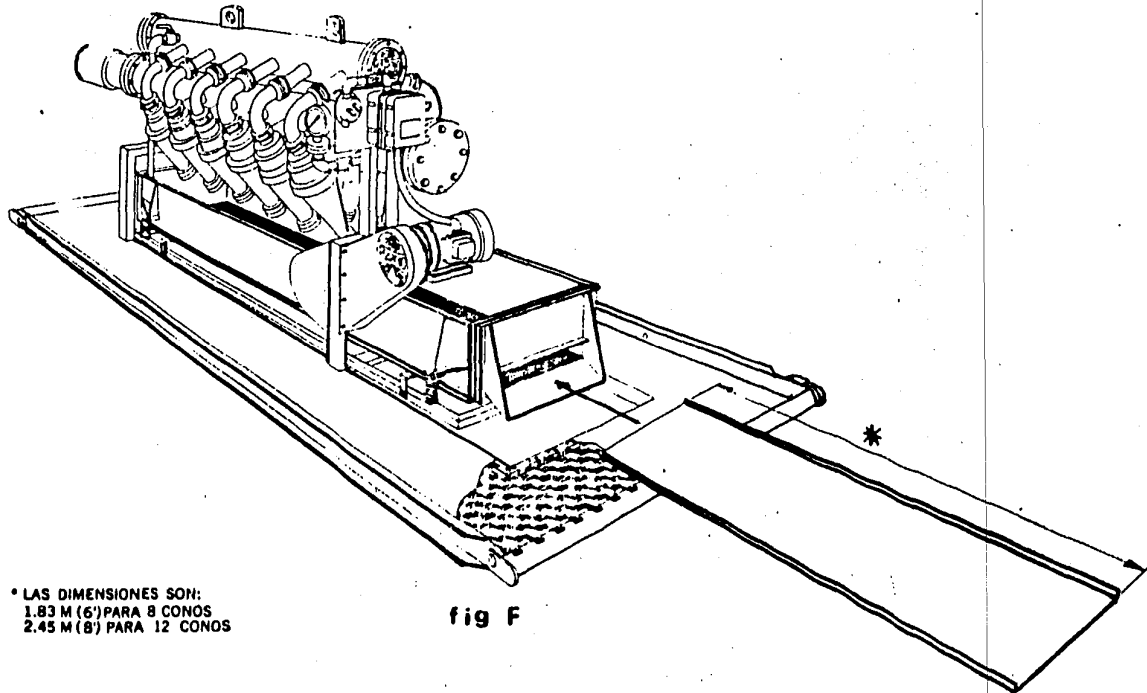






PROCESO DE LA LECHADA
fig E

ELIMINANDO ARENA



• LAS DIMENSIONES SON:
1.83 M (6') PARA 8 CONOS
2.45 M (8') PARA 12 CONOS

fig F

Función 1.- El enfriamiento y lubricación de la barrena. Se menciona por prácticas de campo que un gasto de entre 25 y 50 gal/min/pg de diámetro de barrena para la mayoría de los pesos óptimos que se aplican sobre la barrena es el flujo necesario, razón por la cual con diámetro mayor el gasto deberá aumentarse, la siguiente ecuación da una aproximación del gasto a manejar por diámetro de barrena donde G = gpm y B = diámetro en pg:

$$\underline{G} / \underline{B} = 4\underline{B} + 5 \quad (1)$$

Ejemplo.- Se tiene un gasto de entre 24 gpm/pg, para una barrena de 4-3/4 y 75 gpm/pg para una barrena de 17-1/2 pulgadas.

Si el segundo miembro de la ecuación anterior se multiplica por B se obtiene el gasto requerido.

$$\underline{G} = 4\underline{B}^2 + 5\underline{B} \quad (2)$$

lo que da 114 gpm para una barrena de 4-3/4" y 1,312 gpm para una barrena de 17-1/2".

El problema de esta ecuación es que no considera el peso sobre la barrena. El menor gasto empleado será necesario para enfriar y limpiar la barrena, cuando se use menos peso. Sin embargo, a pesar de esta consideración la ecuación de -- aproximación del gasto requerido puede ser empleada por barrenas de entre 4-1/2" y 17-1/2" de diámetro.

Función 2.- La razón esencial para el cálculo de este gasto será que durante la perforación del pozo es necesario que el fluido de perforación genere la limpieza del fondo -- del pozo. Existe también el efecto de la presión diferencial, que propicia que parte de los recortes se alojen en los dientes de la barrena lo que impide una buena limpieza del fondo. Se menciona por investigaciones realizadas que la penetra-ción real de los dientes en la roca llegó a ser de solo 1/8",

mientras que el resto del diente queda enterrado en el detritos o restos del corte. Si este efecto hace que deje de existir el flujo transversal a través del fondo, los cojinetes de la barrenas pueden llegar a calentarse y fallar prematuramente.

La variable de perforación que se usa para extraer -- los recortes del fondo del pozo, es la velocidad de circulación en el espacio anular, pero la velocidad de salida del lodo en las toberas es el parámetro ideal para optimizar la hidráulica.

Una velocidad de 250 pie/seg., es aproximadamente la mínima necesaria para que la corriente del fondo a través de las toberas origine una fuerza en el fondo del pozo.

Nuevamente, puede usarse una ecuación sencilla que puede ser resuelta fácilmente:

$$\text{Velocidad de chorro requerida} = \frac{\text{pie/hr}}{(0.01) + 0.002 \text{ pie/hr}} \quad (3)$$

En la (fig. 1) aparece una curva de esta relación entre la velocidad de chorro necesaria contra la velocidad de perforación. Esta curva demuestra que la velocidad de chorro se incrementa de 3 a 30 pie/hr, y luego casi no se aprecia el cambio arriba de los 40 pies/hr.

Dado que las toberas dirigen el chorro hacia el borde del pozo que se está perforando, si se usan velocidades de chorro mayores que las que proporciona la ecuación anterior, es muy posible que el pozo sea erosionado por el impacto hidráulico, en formaciones suaves y cree un agrandamiento excesivo en el diámetro del pozo. Una velocidad excesiva del chorro en formaciones duras donde la perforación es lenta puede erosionar o provocar abrasión excesiva en el cuerpo de la barrenas, y desperdiciar potencia.

Función 3. Ahora que se han establecido las cifras para el régimen de flujo y la velocidad del chorro para enfriar la barrenas y para limpiar el fondo del pozo, debemos preocuparnos de si el gasto es suficiente para transportar los recortes del pozo sin acumulación excesiva en el espacio anular pues de no ser suficiente podría provocar atascamiento de la tubería. He aquí en donde entra la importancia de las propiedades del lodo. Aún cuando las ecuaciones generalizadas para determinar, la presión generada por la pérdida de energía debido al efecto de fricción son complejas, deberá delinearse el que se mantenga un régimen de flujo laminar, y hacer lo posible, porque este prevalezca en el espacio anular.

Existe una proporción necesaria para determinar el régimen de transporte de los cortes entre el flujo laminar en la parte inferior y el flujo turbulento en la parte superior que indicará una zona de transición. El mantener las condiciones en el extremo superior del flujo laminar significa obtener un transporte máximo sin erosionar excesivamente la pared del pozo, lo que puede ser provocado con el régimen turbulento. En realidad hay cierta disminución en la capacidad de transporte a medida que el flujo entra en la zona de transición a la zona de turbulencia.

Mediante un programa de computadora, se podrán calcular las velocidades promedio de transporte de los recortes, las que pueden compararse con la velocidad anular promedio. Obviamente, si la velocidad promedio de transporte es mucho más lenta que la velocidad promedio anular, existe una posibilidad de que se acumulen los recortes en el espacio anular. Estadísticamente se han obtenido valores de concentración de recortes en el espacio anular superior a un 5% por volumen de cortes generados lo que puede provocar, en forma casi segura, que se pegue la sarta de perforación.

De los programas desarrollados se ha indicado que las relaciones entre la velocidad promedio anular y el transporte promedio de los recortes para un tamaño de estos de 1/4 - pulgada (sin hoja o laminado de lutita) debe ser menor de 5:1 para evitar la acumulación. Relaciones superiores a 6:1 probablemente da como resultado una mala limpieza del pozo y es muy posible que relaciones de 10:1 durante periodos de -- tiempo muy prolongados no limpien el pozo, y harán que la -- tubería se pegue, que aumente el derrumbe de lutitas, aumentando también en forma considerable el contenido de sólidos en el lodo. Con un buen lodo y una hidráulica optimizada el cálculo de la velocidad de acarreo para los recortes puede - en realidad exceder la velocidad promedio anular. Los recortes tienden a elevarse a velocidades de fluido que ocurren - en el flujo laminar, lo cual se trata de obtener en un lodo de bajo contenido de sólidos.

Funciones 4 y 5: La estabilidad de la pared del pozo - y la evaluación de la formación. Estas importantes funciones están estrechamente relacionadas. Una pared de pozo inestable no puede presentarse para una adecuada evaluación de la forma ción. Sin embargo, lo inverso no es necesariamente cierto; es decir, una pared de pozo estable, aún cuando es fácil trabajar con ella, puede ser difícil de evaluar debido a los métodos usados para lograr la estabilidad. Esto puede presentarse, por ejemplo, si se usa sal para que coincida con la actividad química a fin de evitar que se derrumben las lutitas. - Esto puede inhibir la respuesta de la lectura del potencial - espontáneo e interferir con las medidas de permeabilidad calculadas por la resistividad, puesto que éstas dependen de una diferencia de salinidad entre el filtrado del lodo y el agua de formación. Los lodos a base de aceite se usan ampliamente para lograr la estabilidad de la pared del pozo, pero en algunos casos, pueden aún causar mayor interferencia en la evaluación de la formación que los lodos salados.

Se propone que para estabilizar la pared de un pozo, -

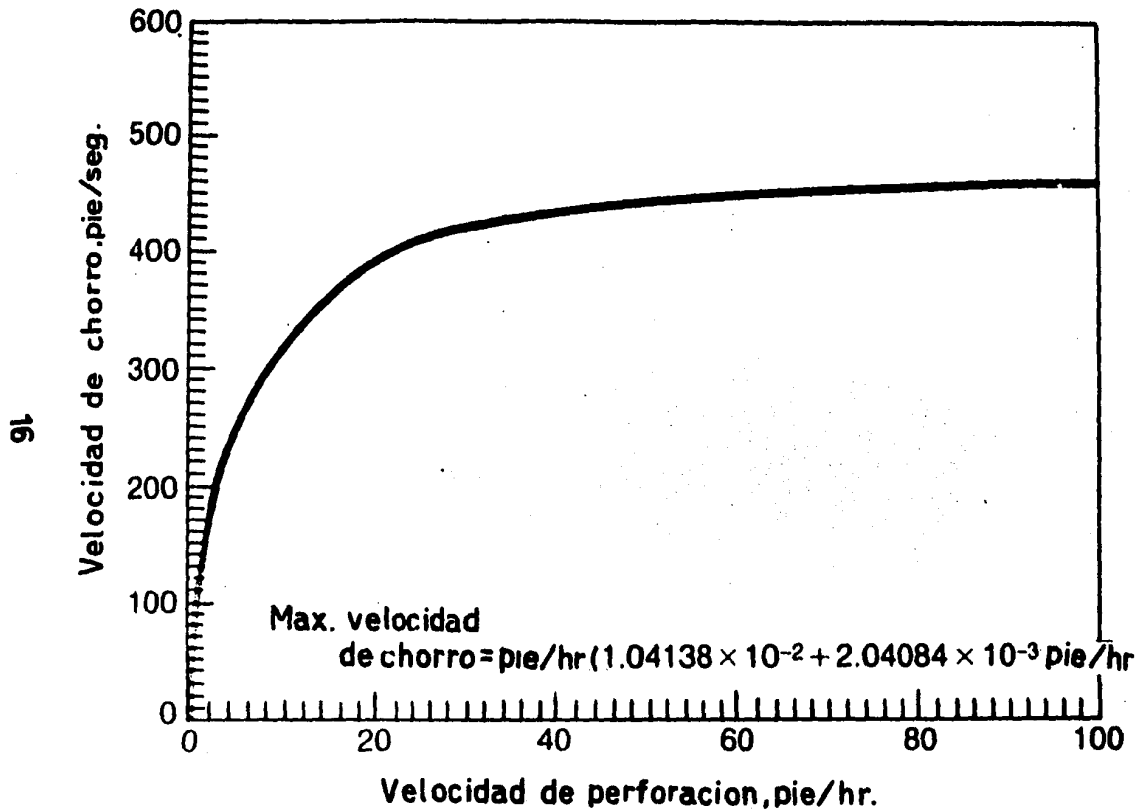


FIG. 1. Curva de la velocidad de chorro contra la velocidad de perforación. (Nótese el incremento de 3 a 30 pies/hora donde se estabiliza la curva, que evita un agrandamiento excesivo en el diámetro del pozo).

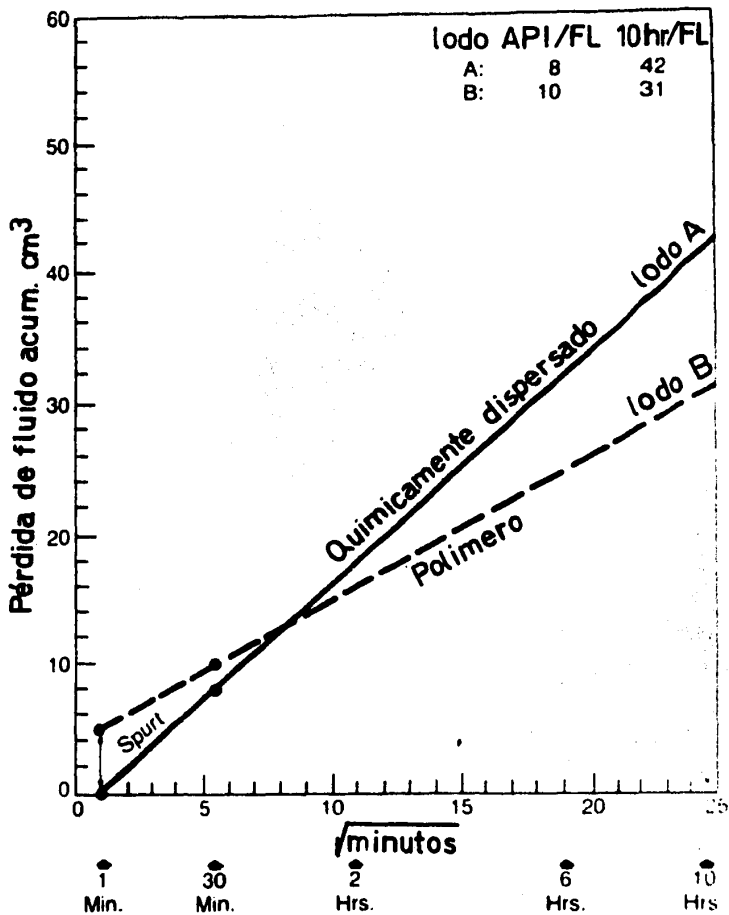


FIG. 2' Los dispersantes químicos usados en el lodo con bajo -- contenido de sólidos pueden conducir a una mala interpretación de las propiedades de la pérdida de fluido. -- El lodo A tiene una pérdida de fluido inferior pero a -- la larga el lodo B se comporta mejor.

este deberá perforarse en el menor tiempo posible además de utilizar un lodo adecuado a la formación, óptimo programa hidráulico y consideraciones sobre la selección de la barrena (peso y rpm). Las consideraciones anteriores no serán efectivas, sino se evitan problemas como: pérdida de circulación, flujos de agua dulce o salada, anhidrita, sección de sal, baches de gas, arenas con presiones anormales, pegaduras, derrumbes, etc.

Por ejemplo: si ocurre una pérdida de circulación y se desvía el flujo del vibrador por el uso de material para pérdida de circulación durante la perforación, el control de los sólidos en el lodo es ineficaz.

Entre los materiales efectivos para controlar las pérdidas de circulación están: nuez, celofán, fibras, papel, cáscaras de semillas de algodón o mica.

LA BENTONITA Y EL CONTROL DEL FILTRADO

Para un sistema de lodo bentonítico es importante man tener los sólidos de baja densidad (excluyendo la barita) a menos de 5% por volumen. Este lodo con bajo contenido de sólidos es un auxiliar en la velocidad perforación aún cuando no es necesariamente un buen lodo para la limpieza del pozo o para la estabilidad de la pared del pozo, a menos que, -- tenga la cantidad adecuada de bentonita. Un concepto útil-- en el control de los sólidos es tener en cuenta el análisis de la relación de los sólidos perforados con respecto a la bentonita comercial (D/B). Generalmente se ha encontrado -- que los lodos con bajo contenido de sólidos que tienen una relación D/B de 3:1 a menor tienen propiedades reológicas - adecuadas y características de pérdida de fluido a altas -- temperaturas. Lodos con relaciones D/B superiores a 5:1, ge-- neralmente tienen que ser tratados con dispersantes quími-- cos para mantener propiedades de flujo adecuadas y los valo-- res de pérdida de fluido bajo normas API tienden a ser mal interpretados. La fig. 1 muestra un lodo disperso "A", que tienen una menor pérdida de flujo a 30 min, que un lodo no disperso "B". Sin embargo, la pérdida de fluido a largo pla-- zo es mayor y afecta la estabilidad del pozo y la evalua-- ción de la formación. La pérdida de fluido por alta tempera-- tura se presenta en forma similar. Si los sólidos perfora-- dos se utilizan en lugar de la bentonita para lograr una ba-- ja pérdida de fluido este filtrado por alta temperatura pue-- de ser excesivo. De hecho, un lodo puede llegar a "gastar-- se" cuando el área de superficie de los sólidos llegue a -- ser tan alta tal que absorba toda el agua disponible no de-- biendo emplear dispersantes químicos para solucionar este - problema. Un modo sencillo para determinar si el lodo esta "gastado" es el de dejar caer 1/2 cc de lodo en el centro - de un pedazo de papel filtro. Si después de un minuto, no - aparece un anillo de agua entre 1/8 y un 1/4 de pulgada, en -- tonces el problema esta presente, desde un aspecto de super-- ficie a volumen.

Se recomienda que el análisis de pérdida de agua a alta presión y alta temperatura (HTHP) se realice a condiciones del pozo y no arbitrariamente a 300°F. Un valor de 15 a 20 c.c. de filtrado obtenido durante 30 minutos a la temperatura del fondo del pozo, es razonable, para perforaciones profundas en arenas de presión inferior a la normal y con alta presión diferencial con respecto a la presión hidrostática del lodo es recomendable una gama de entre 8 y 12 cc. en 30 minutos. El ajustar un tratamiento de lodo basado en pruebas de pérdida de fluido a temperaturas mayores que la del pozo, o el tratar el lodo para lograr valores de pérdida de fluido inferiores a las que se dan anteriormente, es antieconómico y por lo general se sacrifica tanto la estabilidad de las paredes del pozo como la evaluación de la formación, puesto que aumentará el tiempo que permanecerá el agujero descubierto debido a las velocidades menores de perforación, resultantes de dichos tratamientos.

Por lo tanto, al analizar el efecto en la velocidad de perforación y la estabilidad de la pared del pozo con respecto a las propiedades del lodo y la pérdida de fluido por el análisis de alta temperatura y alta presión, dará la capacidad para determinar la relación entre los sólidos residuales de la perforación y la bentonita (D/B). El análisis API de la prueba de azul de metileno (MBT), se diseñó para determinar el contenido de arcilla comercial (bentonita), sin embargo, es afectado por los esquistos arcillosos de los sólidos producidos por la perforación.

CALCULO DEL CONTENIDO DE BENTONITA

Las normas API RP 13 B de abril de 1978 establecen el procedimiento para desarrollar el cálculo de contenido de bentonita en el lodo a partir de la prueba de azul de metileno (MBT). La base de la prueba es que las bentonitas absorben considerablemente más cantidad de tinta de azul de metileno que lo que absorben las arcillas de bajo -----

rendimiento. Esto se debe a la alta capacidad de intercambio catiónico de la bentonita, el área de superficie o el estado de dispersión. Ha sido una herramienta valiosa para diagnosticar y tratar los problemas del lodo.

Sin embargo, ha habido cierta mala interpretación de los resultados de la prueba de azul de metileno. Aún cuando la capacidad de intercambio catiónico de la bentonita es - considerablemente mas elevada que la mayor parte de los sólidos de perforación, algunas lutitas arcillosas han demostrado tener capacidades de intercambio catiónico de hasta - 60% de los de la bentonita. La capacidad de azul de metileno de los sólidos de la perforación es definida en este estudio como la "MBC", para distinguirla de la "MBT", la prueba de azul de metileno de los sólidos del lodo, en la que - no se hace distinción entre los sólidos de la perforación y la bentonita comercial.

El ejemplo de la Tabla 1 demuestra como el valor de - la MBT del lodo puede ser engañoso. Los tres tienen el mismo valor MBT (13.5) pero diferente contenido de arcilla que da por resultado una diferencia considerable en las otras - propiedades. A medida que la arcilla varía desde totalmente bentonita a totalmente arcillosa, la viscosidad plástica va ría desde 23 a 9. Lo más probable es que haya una mayor variación en la pérdida de fluido por alta temperatura y por alta presión.

Una estimación muy aproximada de la cantidad real de sólidos residuales de la perforación, D y de la cantidad de bentonita comercial B, puede calcularse por medio de las siguientes ecuaciones:

Cantidad real de sólidos de la perforación en libras por barril:

$$D = \frac{S}{1} - \frac{MBT}{\frac{MBC}{100}} \quad (4)$$

T A B L A 1
VALORES DE MBT

LODO BASE 12.5 lbs/gal.

0.15 lbs/bl. de polímero de acción doble

0.45 lbs/gal. reductor de pérdida de fluido Acrilato.

MATERIALES Lbs/bl.

Barita	Bentonita	Arcilla	MBT lbs/bl.	Viscosidad plástica CPS	Esfuerzo cortante lbs/100 pies ²	Esfuerzo gel lbs/100 pies ²	Pérdida de fluido cm ³ en 30 min.
212	14	---	13.5	23	13	10 seg-10 min	5.6
181	7	40.5	13.5	14	6	2 9	11.6
149	--	91	13.5	9	2	0 1	15.4

Bentonita de calidad comercial en libras por barril:

$$B = \frac{(MBT) - (MBC) \frac{(S)}{100}}{1 - \frac{MBC}{100}} \quad (5)$$

En la que MBT = valor de MBT del lodo, a partir del procedimiento standard de prueba API en lb/bl.

S = Contenido de sólidos de baja densidad, lb/bl obtenido a partir de nomograma (retorta) o regla de cálculo de sólidos.

MBC = Capacidad de azul de metileno de la muestra de la arcilla de la formación, lb/100 lb de sólidos totales de la prueba explicada en el Apéndice A.

En el apéndice B aparece como se obtienen las ecuaciones anteriores. Las soluciones a la Ecuación 5 también pueden ser calculadas en forma de tabla. En la Tabla 3 se da un ejemplo de ello.

La MBT del lodo (equivalente de libras por barril de bentonita), se obtiene del análisis diario de la retorta del lodo. Debe advertirse al personal que hace las pruebas, la conveniencia de usar productos químicos "nuevos", particularmente el peróxido de hidrógeno.

También se sugiere que se usen 2 cm³ de lodo (en vez de 1 cm³). Esto producirá un mejor punto final.

La cantidad total S de sólidos de baja densidad se obtienen a partir del contenido de sólidos calculado por análisis de los datos obtenidos de la regla de cálculo.

El único valor que puede ser un tanto difícil de obtener, sería el MBC, la capacidad de azul de metileno de la formación que se está perforando. Puede hacerse un cálculo

aproximado midiendo el valor MBC de los restos del recorte que se extraen del vibrador. Sin embargo, este valor puede ser menor que el valor real debido a que los sólidos más reactivos pueden llegarse a incorporar en el lodo. Puede obtenerse un número más confiable de valor MBC de la formación usando núcleos o muestras tomadas de las paredes laterales del pozo. En el Apéndice A aparece un método para medir el MBC de los sólidos de la perforación.

La experiencia que se tenga en una cierta área también puede ser valiosa para calcular la reactividad de la formación. Se ha observado que entre más profunda sea la formación, menor será el valor MBC de tal forma que también debe considerarse esto.

Tabla 2 - Ejemplo de cálculo de contenido de bentonita comercial.

	Lodo 1	Lodo 2
Peso, lb/gal (supóngase que están corregidos).....	12.5	12.5
Valor MBT lb/bl (equivalente de bentonita) .12		12
Contenido de sólidos, % por volumen.....	20.5	17.2
Actividad de la formación MBC, (lb/100 lb) 13		13
De los sólidos calculados con la regla de cálculo:		
S, total de sólidos de baja densidad - - (lb/bl).....	94	85
Barita (lb/bl).....	150	200

$$B = \frac{MBT - \frac{(MBC)(S)}{100}}{1 - \frac{MBC}{100}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

LODO 1

$$B = \frac{12 - \frac{(13)(94)}{100}}{1 - \frac{13}{100}}$$

$$= \frac{12 - 12.22}{1 - 0.13}$$

B = - 0.25 (o cero)

LODO 2

$$B = \frac{12 - \frac{(13)(85)}{100}}{1 - \frac{13}{100}}$$

$$= \frac{12 - 4.5}{1 - 0.13}$$

B = 8.56 libras por barril.

T A B L A 3

Bentonita Comercial Calculada

Sólidos supuesto grav.esp. = 2.65 MBC de la formación = 15

Sólidos baja densidad	MST del lodo												
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	5	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.0	4	7	9	11	14	0	0	0	0	0	0	0	0
20.0	4	6	8	11	13	15	18	20	0	0	0	0	0
25.0	3	5	7	10	12	14	17	19	21	24	0	0	0
30.0	2	4	6	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30
35.0	1	3	6	8	10	13	15	17	20	22	24	27	29
40.0	0	2	5	7	9	12	14	16	19	21	24	26	28
45.0	0	1	4	6	9	11	13	16	18	20	23	25	27
50.0	0	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26
55.0	0	0	2	5	7	9	11	14	16	19	21	23	26
60.0	0	0	1	4	6	8	11	13	15	18	20	22	25
65.0	0	0	0	3	5	7	10	12	14	17	19	21	24
70.0	0	0	0	2	4	6	9	11	14	16	18	21	23
75.0	0	0	0	1	3	6	8	10	13	15	17	20	22
80.0	0	0	0	0	2	5	7	9	12	14	16	19	21
85.0	0	0	0	0	1	4	6	9	11	13	16	18	20
90.0	0	0	0	0	1	3	5	8	10	12	15	17	19
95.0	0	0	0	0	0	2	4	7	9	11	14	16	19
100.0	0	0	0	0	0	1	4	6	8	11	13	15	18
110.0	0	0	0	0	0	0	2	4	6	9	11	14	18
120.0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	7	9	12	14
130.0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	8	10	12
140.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	6	8	11
150.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	6	9
160.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	7
170.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5
180.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
190.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
200.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En la Tabla 2 aparecen mostrados algunos ejemplos del uso de estas ecuaciones.

APENDICE A

Capacidad para el azul de metileno de los sólidos perforados.

Equipo.

Se requieren los siguientes materiales para hacer una estimación de la actividad de la capacidad de intercambio - catiónico de las pizarras o esquistos arcillosos por medio - del método de azul de metileno:

- a) Solución de azul de metileno: 3.74 grs. de azul de metileno. Calidad USP ($C_{16}H_{18}N_2SCl \cdot 3H_2O$ por cada 100 cm^3 ($1 \text{ cm}^3 = 0.01$ mili equivalentes).

OBSERVACION: El contenido de agua del azul de metileno de calidad USP puede variar del que aparece - en la fórmula. El contenido de humedad debe determinarse cada vez que se prepara la solución. Séque se una porción de 1 gramo de azul de metileno hasta un peso constante a $200 \pm 5^\circ F$ ($93 \pm 3^\circ C$). Haga se la corrección apropiada en el peso del azul de metileno que se va a tomar para preparar la solución, de la manera siguiente:

$$\text{Peso de la muestra que se va a tomar} = 3.74 \times \frac{0.855}{\text{peso de la muestra seca}}$$

- b) Peróxido de hidrógeno: 3% solución.
c) Acido sulfúrico diluido: aproximadamente 5N
d) Matraz de Erlenmeyer: 250 cm^3
e) Micropipeta: 0.5 cm^3
f) Cilindro graduado: 50 cm^3
g) Varilla agitadora
h) Plato caliente
i) Papel filtro o papel de prueba de azul de metileno

- j) Horno $220 \pm 5^{\circ}\text{F}$ ($105 \pm ^{\circ}\text{C}$)
- k) Molino analítico o minitriturador (molino analítico Teckmar A-10)
- l) Agua desionizada
- m) Balanza con una tolerancia de 0.01 gramos

PROCEDIMIENTO

- (1) Séquese el recorte en el horno a 220°F durante 2 horas y muéllase una porción hasta convertirla en polvo.
- (2) Pése 0.57 gramos del polvo en el matraz de Erlenmeyer. Añádase 10 cm^3 de agua, 10 cm^3 de peróxido de hidrógeno y 0.5 cm^3 de ácido sulfúrico. Déjese hervir suavemente durante 5 minutos. Dilúyase con agua hasta aproximadamente 50 cm^3 .
- (3) Añádase la solución de azul de metileno con la micropipeta de matraz. Después de cada adición de 0.5 cm^3 , agítase el contenido del matraz durante aproximadamente 30 segundos. Mientras los sólidos están aún suspendidos, séquese una gota del líquido con la varilla agitadora y colóquese la gota sobre el papel de filtro o el papel de prueba. Se alcanza el punto final de la titulación cuando el tinte aparece como un anillo o halo de azul desteñido que rodea a los sólidos teñidos.
- (4) Cuando se detecte el tinte azul que se extiende desde la mancha, agítase el matraz 2 minutos adicionales y póngase otra gota sobre el papel filtro. Si es evidente nuevamente el anillo azul, se ha llegado al punto final. Si el anillo azul no aparece, continúese como en la etapa 3 hasta que la gota que se toma después de agitar dos minutos vuelve a mostrar el tinte azul.

CALCULOS.

- (1) Reporte del MBC del recorte, equivalente de libras de bentonita/100 libras de recorte usando la siguiente fórmula

$$\text{MBC} = \text{cm}^3 \text{ de la solución de azul de metileno} \times 2.5$$

- (2) Para expresar la cantidad de intercambio catiónico de los recortes arcillosos en miliequivalentes/100 gramos, úsese la fórmula siguiente:

$$\text{CEC} = \text{cm}^3 \text{ de solución de azul de metileno} \times 1.95$$

- (3) Úsese las tablas (por ejemplo la Tabla 3) para encontrar el contenido de la bentonita comercial.

APENDICE B.

Para obtener el contenido efectivo de "bentonita real" en el lodo, debe determinarse la capacidad de intercambio catiónico con la que contribuyen los sólidos de desprendimiento de la perforación. Un procedimiento para medir la capacidad de azul de metileno (MBC) de los sólidos desprendidos durante la perforación es el que se ha dado en lo anterior. La cantidad total de sólidos de baja densidad en un lodo -- también puede ser necesario para calcular el contenido -- "real de bentonita". Esto puede obtenerse por diferentes -- cálculos ya sea con regla de cálculo, tablas, gráficas, etc.

Puede obtenerse el procedimiento para calcular el contenido de bentonita comercial de un lodo usando las suposiciones y valores siguientes:

(1) La barita no contribuye en nada a la prueba de -- azul de metileno.

(2) La bentonita comercial aparecerá en forma completa por medio de la prueba de azul de metileno.

(3) MBC = actividad de la formación (sólidos residuos de la perforación) en libras. MBC/100 libras de sólidos de la prueba en el Apéndice A.

(4) Hagamos que S = total de sólidos de baja densidad en libras por barril. Esto incluirá:

B = contenido de bentonita comercial.

A = sólidos residuos de la perforación activos -- (con alto valor MBC).

I = sólidos recortes de la perforación inactivos (con bajo valor MBC).

Por lo tanto, $\underline{S} = \underline{B} + \underline{A} + \underline{I}$

(5) MBT - resultados de la prueba de azul de metileno en el lodo en libras por barril. Estos incluirán:

B = contenido de bentonita comercial

A = sólidos recortes de la perforación activos

Por lo tanto, $\underline{MBT} = \underline{B} + \underline{A}$

(6) D = sólidos totales de recortes de la perforación en el lodo en libras por barril. Estos incluirán:

A = sólidos recortes de la perforación activos

I = sólidos recortes de la perforación inactivos

De tal manera que, $\underline{D} = \underline{A} + \underline{I}$

Hablando de manera general, el contenido de los sólidos residuos de la perforación de los lados a base de agua ha sido determinado restando el valor MBT de lodo de los sólidos

Sólidos totales de baja densidad (S). Pero por la definición de MBT y S, lo que se determinó en realidad fue el contenido de los sólidos recortes de la perforación inactivos, I. Por lo tanto, debe encontrarse un método para sacar los sólidos recortes de la perforación activos, A.

$$\underline{S} = \underline{B} + \underline{A} + \underline{I}$$

$$\underline{MBT} + \underline{B} + \underline{A}$$

$$\underline{S} - \underline{MBT} = \underline{I}$$

Este valor puede usarse para calcular el total de los sólidos recortes de la perforación (B). El total de los sólidos recortes de la perforación (D) es la suma de los sólidos recortes de la perforación activos e inactivos:

$$\underline{D} = \underline{A} + \underline{I}$$

$$\text{o} \quad \underline{D} - \underline{A} = \underline{I} \quad (2A)$$

Los sólidos recortes de la perforación activos, A, -- pueden obtenerse multiplicando los sólidos totales recortes de la perforación, D, por el porcentaje de sólidos recortes de la perforación activos o $\frac{MBC}{100}$.

$$\underline{A} = \underline{D} \frac{MBC}{100}$$

Sustituyendo lo anterior en la ecuación 2A:

$$\underline{D} - \underline{D} \frac{MBC}{100} = \underline{I}$$

$$\underline{D} \underline{I} \frac{MBC}{100} = \underline{I} \quad (3A)$$

$$\underline{D} = \frac{\underline{I}}{\underline{I} - \frac{MBC}{100}}$$

De esta manera, sustituyendo a la ecuación 1A en la ecuación 3A, los sólidos totales recortes de la perforación, la ecuación 4 puede ser calculada por medio de:

$$\underline{D} = \frac{\underline{S} - \underline{MBT}}{1 - \frac{\underline{MBC}}{100}} \quad (4)$$

El contenido de bentonita comercial (B) puede obtenerse restando de los sólidos totales recortes de la perforación D de los sólidos totales de baja densidad S.

$$\begin{aligned} \underline{D} &= \underline{A} + \underline{I} \\ \underline{S} &= \underline{B} + \underline{A} + \underline{I} \\ \underline{B} + \underline{S} &= \underline{D} \end{aligned} \quad (4A)$$

Sustituyendo la ecuación 4 por la D en la ecuación 4A y combinando nuevamente el contenido de la bentonita comercial, puede obtenerse directamente la ecuación 5.

$$B = \frac{\underline{MBT} - \frac{(\underline{MBC}) (\underline{S})}{100}}{1 - \frac{\underline{MBC}}{100}} \quad (5)$$

En la Tabla 2, se da un ejemplo del cálculo del contenido de bentonita comercial. Ambos lados deben tener el mismo peso, el mismo valor MBT y la misma actividad de formación. La única diferencia está en el contenido de sólidos. Del valor MBT del lodo, ya previamente debería suponerse -- que la cantidad de bentonita sería la misma en ambos lados.

Resolviendo la ecuación para la bentonita comercial, B, con los datos del lodo I produjeron un valor negativo, - Esto puede deberse al redondeo de los valores de entrada. - Si la actividad de la formación fue en realidad 12.77 libras por cada 100 libras (en vez de 13), la B se calcularía entonces como de cero. Si al calcular B sale un pequeño valor.

negativo, no habrá presente bentonita comercial. Sin embargo, si \bar{B} es un valor negativo grande, indicará el valor de la actividad de la formación que se está usando es demasiado grande.

En el lodo 2, hay presente aproximadamente 8.5 lb/bl de bentonita comercial. De esta manera, puede verse que el valor MBT de un lodo no es indicativo del contenido de bentonita comercial del lodo, pero usando la ecuación 5, puede obtenerse un valor más válido para el contenido de bentonita.

La Tabla 3 es un ejemplo de las tablas que puede usarse en vez de la ecuación 5, para aquellos que prefieren como solución la encontrada en una tabla.

CAPITULO II

C A P I T U L O I I

PRINCIPIOS GENERALES EN LA DISPOSICION DEL EQUIPO.

Todos los sistemas de lodos ya sea dispersos o no -- dispersos, floculados o defloculados, base de agua, base de aceite, requieren los mismos principios fundamentales para la remoción de sólidos. Estos fundamentos no son nuevos, pero muy raras veces son aplicados en el campo. Un sistema de lodo diseñado correctamente es más económico y proporciona mejor control que un sistema de lodo incorrecto. El beneficio de un buen control de sólidos da como resultado un mejor régimen de penetración, menos tuberías pegadas, mayor éxito en las cementaciones, menores costos en mantenimiento de bombas.

El equipo de control de sólidos deberá manejar adecuadamente el flujo del pozo que va a las presas. Se presentarán métodos que permiten la evaluación del gasto a manejar en cualquiera de las presas de acuerdo a las características del lodo que se está tratando.

Aún cuando algunas marcas de equipo de control de sólidos son mejores que otras, cada una de ellas debe ser dispuesta correctamente para obtener el mejor funcionamiento. El desarenador o decantador casi perfecto no trabajará de manera adecuada si sólo está tratando una pequeña porción del lodo. Además, es una necesidad obligatoria la mejor disposición del equipo para remover, de manera económica, la mayor cantidad de sólidos de un lodo.

Los sistemas del lodo deben tener tres secciones distintas, a saber:

. Remoción

. Adiciones

. Succión

Todos los sólidos y gases indeseables deben eliminarse en la sección de remoción, como se muestra en la Fig. 1. La sección de remoción consiste de muchos compartimientos para la remoción de gas y sólidos de perforación del lodo. Se añaden sustancias químicas y sólidos para el lodo en la sección de adiciones (Fig. 1). Esto da por resultado que los sólidos añadidos se hacen circular a través del pozo antes de ser bombeados para que pasen por el equipo de control. Finalmente, la sección de succión para las bombas del lodo deben ser lo suficientemente grande como para que dé tiempo al ingeniero de lodos a medir y ajustar las propiedades del lodo antes de que éste se circule al interior del pozo.

Esta parte tratará primordialmente de la sección de remoción. La finalidad del control de los sólidos debe ser la remoción de todos los sólidos de la perforación que sean perjudiciales. Esto obviamente no es posible, pero es la meta del sistema de control de sólidos.

La finalidad del estudio presentado es la de permitir la evaluación del sistema de lodo en el equipo de perforación donde, el volumen del lodo que circula desde el pozo es procesado por el equipo de superficie antes de que sea recirculado de nuevo al pozo, si el lodo que entra y sale de cada compartimiento es analizado, puede determinarse la fracción de lodo que es procesada por cada parte del equipo para control de sólidos. Existen dos métodos básicos para calcular la fracción del lodo tratado por cada parte del equipo.

El primer método consiste en evaluar el gasto que entra en el compartimiento de descarga (presa de asentamien-

to) del equipo. El segundo método consiste en evaluar el gas que entra y sale de la presa de succión del equipo. Ambos métodos se explicarán posteriormente.

Después de experimentar muchos sistemas de control de sólidos pueden definirse ciertos principios básicos sencillos. Siguiendo estas guías. Puede crearse un sistema de procesamiento de lodo eficiente.

DISPOSICION DEL EQUIPO.

Un sistema de remoción de sólidos completo (como el -- que aparece en la fig. 1), dispuesto para un lodo de baja -- densidad proporciona un tratamiento secuencia. La disposición del equipo es como sigue: primero la temblorina, que -- elimina los sólidos mayores, en seguida el desarenador, el -- deslimizador y la centrífuga en dicho orden. El desgasicador se coloca siempre antes del equipo que necesite bombear, puesto que las bombas centrífugas trabajan mal cuando bombean fluido cargado de gas. Para un funcionamiento seguro, el gas debe eliminarse antes de que se extienda en la superficie del sistema de lodo.

Un sistema de remoción de sólidos completo para un lodo denso (Fig. 2) es muy similar al del lodo ligero. El lodo es procesado a través de un vibrador y dependiendo de la operación y características de lodo, también a través de un desgasicador, de un limpiador de lodo y de una centrífuga.

No todos los equipos de perforación necesitan la totalidad del equipo mostrado en las (Figs. 1 y 2). Para una explicación completa sobre el uso de cada una de las partes del equipo y el mezclado de los sólidos en el sistema, se recomienda consultar el manual IADC MUD EQUIPMENT o cualquier otro similar.

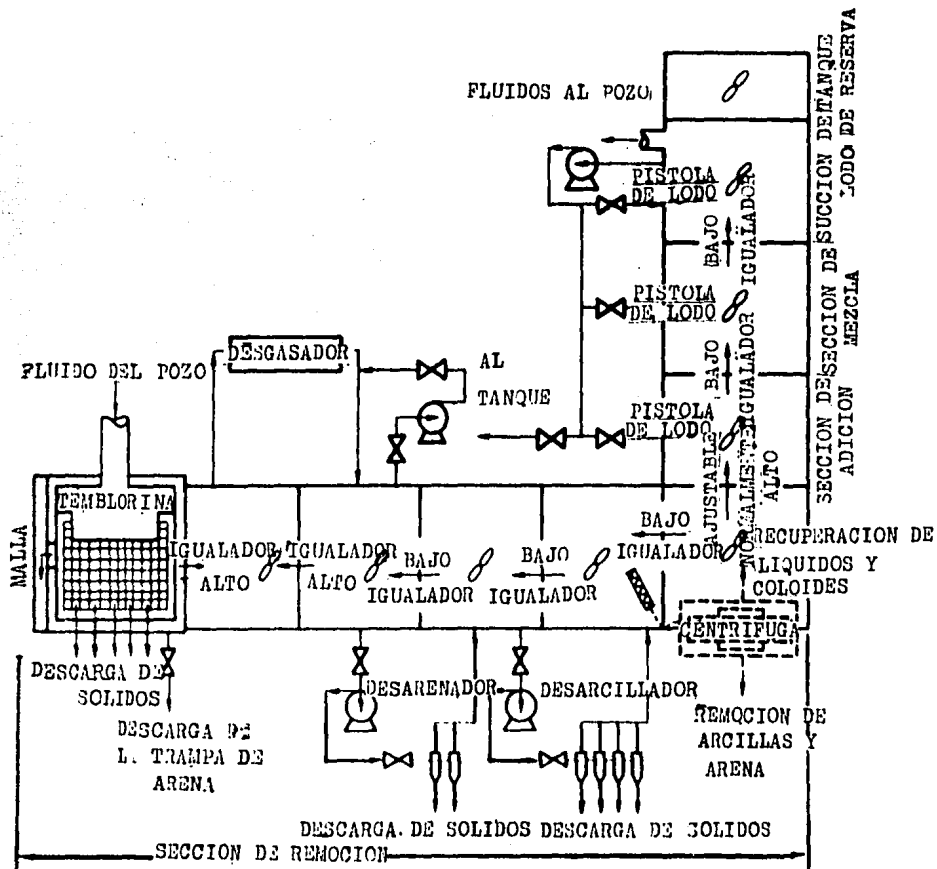


FIG. 1. Dibujo esquemático de un sistema completo de remoción dispuesto para lodos ligeros que muestra la relación de los diferentes componentes uno con respecto al otro. Otras de las secciones importantes mostradas incluyen las secciones de adición y de succión.

TRATAMIENTO DEL LODO EN LA DESCARGA Y EN LA SUCCION.

De los métodos básicos para manejar la fracción del lodo tratado por cualquier parte del equipo; el primero y probablemente el método más sencillo, consiste en evaluar el flujo que entra al comportamiento de descarga del equipo. El segundo método es una evaluación del flujo que entra y sale del compartimiento de succión.

Método del Comportamiento de Descarga. Considérese el caso que aparece mostrado en la fig. 3 en la que todo el flujo que ha sido tratado sale por el comportamiento de descarga. Obviamente todo el flujo ha sido tratado por una parte del equipo, puesto que no hay ninguna otra fuente de flujo en el comportamiento de descarga. Las fracciones de volúmen tratadas para el ejemplo en la fig. 3 puede calcularse de la manera siguiente:

Fracción de volúmen de lodo tratado.

▪ Capacidad de tratamiento del equipo manejado por el equipo.

Gasto que entra en el comportamiento de descargo

▪ $500/500 = 1.0$ (Todo el volumen de lodo en circulación esta pasando a través del equipo de control de sólidos.)

Ahora consideramos el caso en la fig. 4, en la que parte del lodo es desviado por el equipo, el que es bombeado por una pistola de lodo hasta el comportamiento de descarga. La fracción de volúmen tratada puede calcularse ahora de la manera siguiente:

Fracción de volumen
tratado.

- = $\frac{\text{(volumen tratado)}}{\text{(Volúmen tratado + volumen que entra en el comportamiento de descarga y - que no ha sido tratado)}}$
- = $\frac{(500)}{(500 + 150)}$
- = 0.77 del volumen de lodo en circulación que es tratado.
- 0.23 del volumen de lodo en circulación que es desviado del equipo de control de sólidos.

La ecuación anterior es la general para calcular la -- fracción de volumen tratado cuando se considera el flujo que entra en el compartimento de descarga. Esta ecuación también puede escribirse de la manera siguiente:

Fracción de volumen
tratado.

- = $\frac{\text{Capacidad de tratamiento del aasto -
manejado por el equipo.}}{\text{Régimen de tratamiento de equipo
+ gasto del lodo que entra en el --
comportamiento de descarga .}}$

Por lo tanto, sólo el gasto que ha sido tratado y que entra en el compartimento de descarga deberá ser considerado, puesto que el lodo del compartimento de succión y vertido en el compartimento de descarga, tiene la misma cantidad de sólidos.

Método en el compartimento de succión. Este consiste en evaluar el gasto que entre y sale del compartimento de succión. Para la disposición generalizada de control de sólidos en la fig. 3, la fracción del volumen tratado

puede ser expresado como:

Fracción de volumen
tratado

- = $\frac{\text{(Volumen tratado)}}{\text{(Volumen que entra en el tanque de succión)}}$
- = $500 / (400 + 100)$
- = 1.0 (todo el régimen de circulación del equipo de perforación está pasando a través del equipo).

Para la disposición generalizada del control de sólidos con la pistola de lodo (Fig. 4) y usando para el cálculo el método de succión, la ecuación se convierte en:

Fracción de volumen
tratada

- = $\frac{\text{(Volumen tratado)}}{\text{(Volumen que entra en la presa de succión)}}$
- = $500 / (400 + 250)$
- = 0.77 del volumen de lodo en circulación que es tratado.
- 0.23 del volumen de lodo en circulación que se desvía del equipo de control de sólidos.

Con ambos métodos, se hacen las siguientes suposiciones:

Primero.- El lodo en los compartimientos estarán en continua agitación de tal forma que los sólidos estén suspendidos y serán tratados a un gasto constante en el equipo de sólidos.

Segundo.- Cuando el "lodo limpio" se mezcla con el "lodo sucio", el resultado es "lodo sucio". Este procedimiento, aún cuando no es el correcto, hace que -----

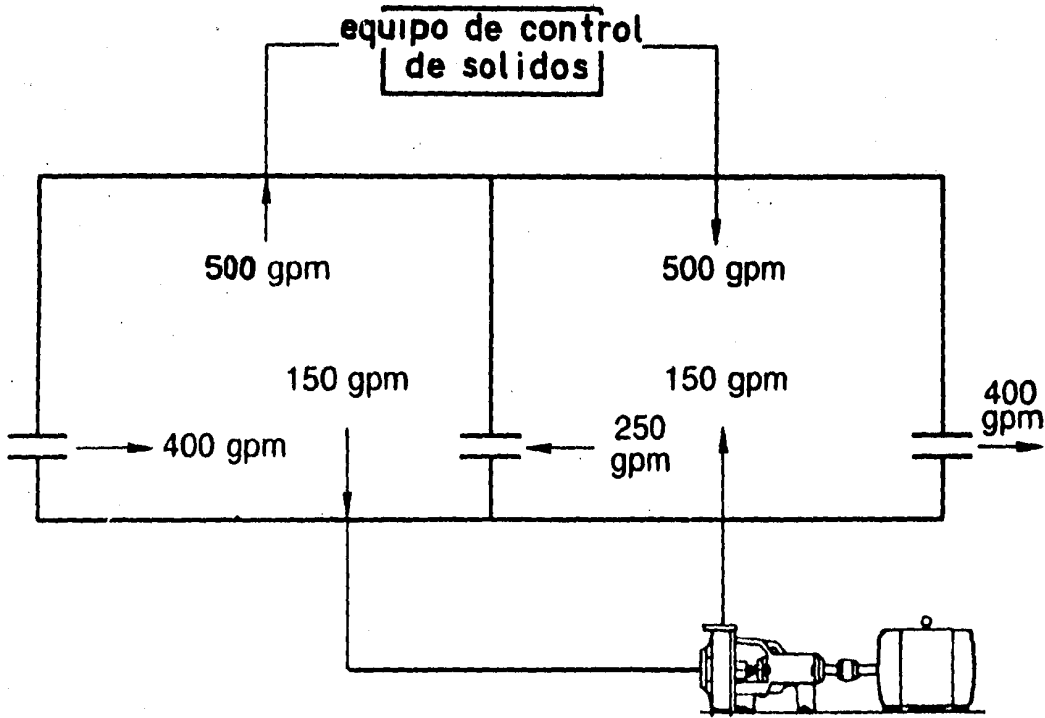


FIG. 3. En esta disposición generalizada de control de sólidos todo el lodo que entra y sale del comportamiento de des carga ha sido tratado lo que significa que se ha limpiado el flujo total.

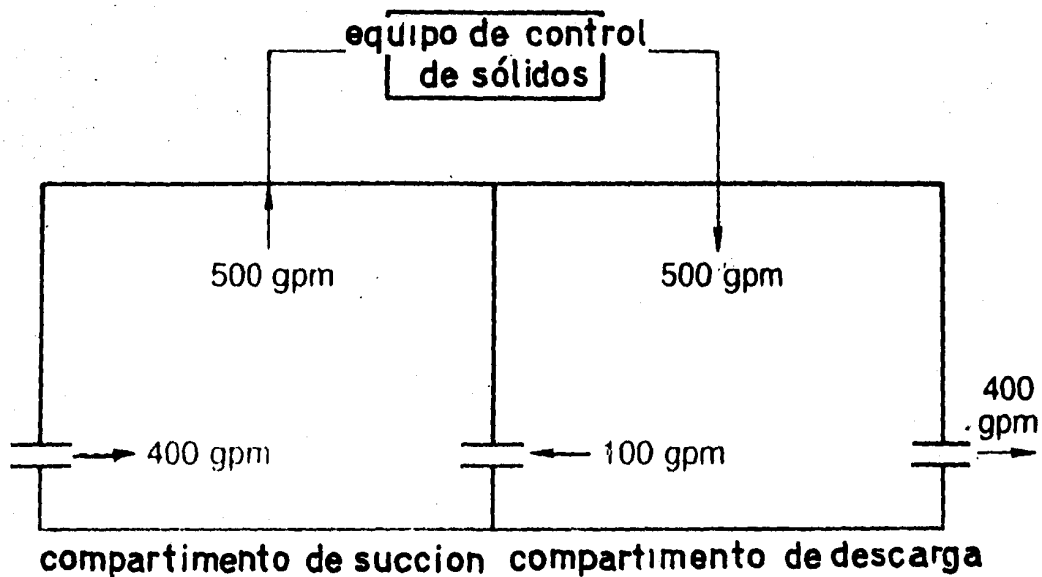


FIG. 4. En este caso, parte del lodo que se desvía del equipo de control puesto que es bombeado por medio de una pistola de lodo y cae al compartimento de descarga antes de ser tratado.

el cálculo de la fracción de volumen tratado sea más sencillo.

Si se comparan los dos métodos de cálculo, se observa que ambos proporcionan la misma respuesta. Para algunos sistemas de eliminación de sólidos, el análisis del gasto del lodo que cae en el compartimiento de descarga, puede no - - aportar la respuesta correcta, y de esta manera debe examinarse el gasto que entra en el compartimiento de succión de cada parte del equipo de remoción. El análisis de succión si se aplica correctamente deberá dar la respuesta correcta y el análisis del compartimiento de descarga se consideró - para la mayor parte de los casos el más sencillo, es el que recomienda el Manual del Equipo de Lodo IADC (IADC MUD - - EQUIPMENT MANUAL). El análisis del compartimiento de succión, se usará la mayor parte de las veces en los ejemplos.

DISPOSICION DEL VIBRADOR.

El equipo de control de sólidos consta también de un vibrador para recortes cuya función es la de tratar el lodo que regresa del pozo, este lodo está cargado con sólidos de la perforación y esta representado como círculos negros - - (Fig. 5), en la que cada uno de los círculos representa 100 galones por minuto. Cuando el lodo fluye a través de la criba o tamiz, los sólidos más gruesos quedan atrapados en el tamiz del cual son removidos y entonces este puede ser considerado como limpio. Esto es representado por los círculos blancos en la (Fig. 5), y cada uno de ellos representa 100 galones por minuto. Para esta condición, la fracción de volumen tratada puede expresarse como:

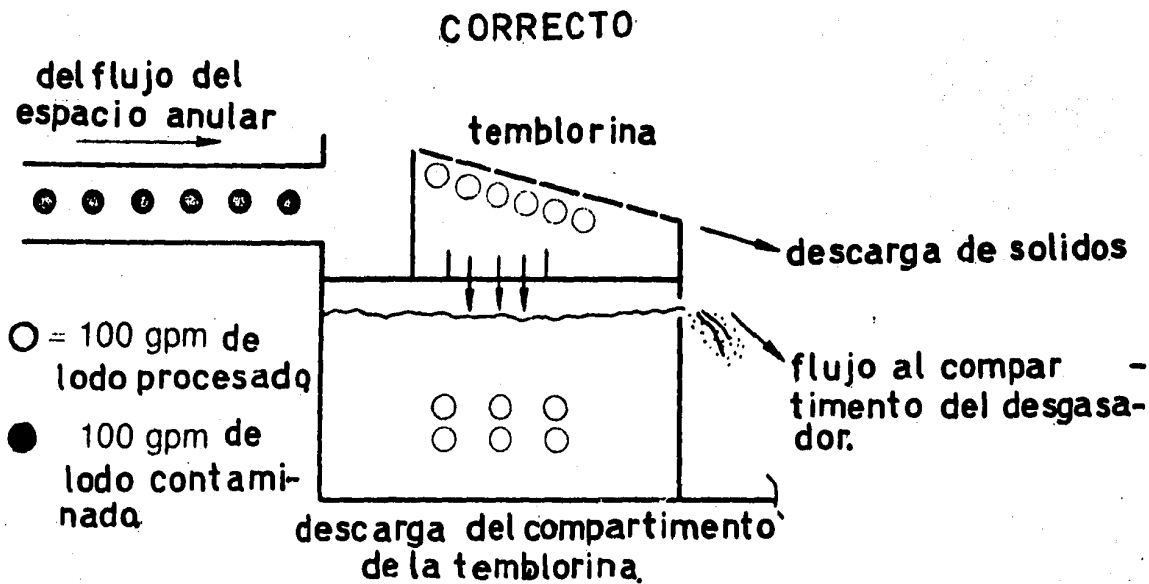
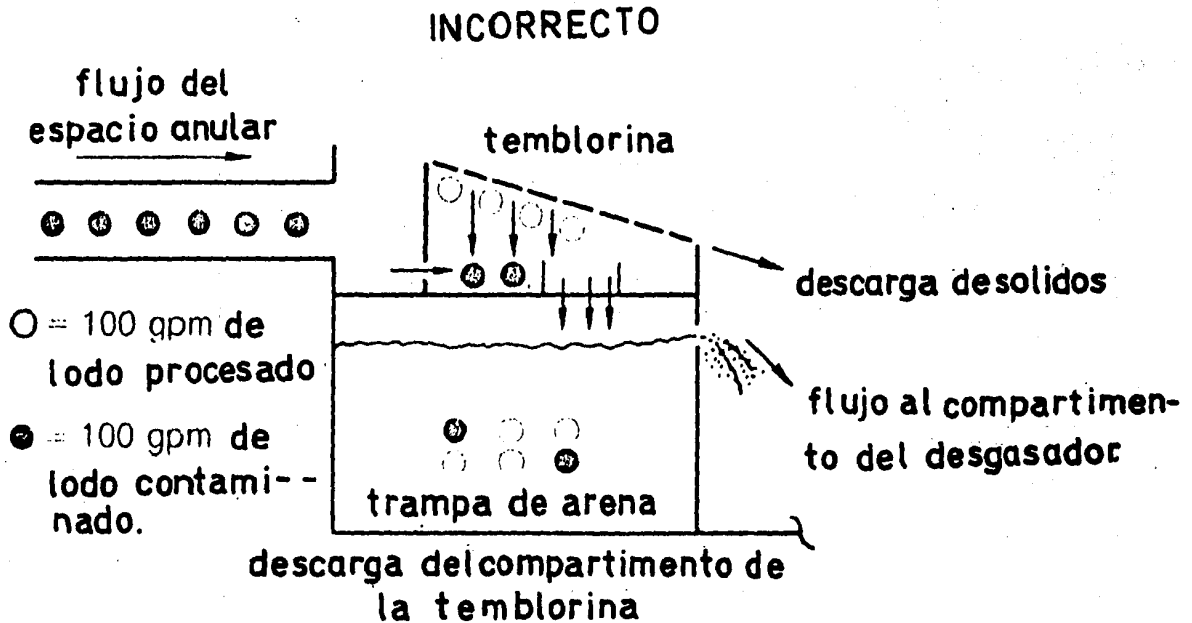


FIG. 5. Una aplicación correcta del vibrador es cuando todo el lodo que regresa del pozo pasa a través de él y puede ser considerado como limpio.



97

FIG. 6. En esta aplicación incorrecta del vibrador todo el lodo que llega al vibrador no pasará a través de las cribas. En vez de usar una criba mas gruesa que permita que se trate todo el lodo, el desviador se abrió ligeramente - permitiendo que cierta cantidad de lodo sin tratar, entre al siguiente compartimiento.

Fracción de volumen
tratada

- = $\frac{\text{Capacidad de tratamiento del gasto}}{\text{manejado del equipo.}}$
(Volumen total de succión).
- = $\frac{\text{Volumen a través de la malla}}{\text{Volumen que entra en vibrador}}$
- = 600/600
- = 1.0

Esto significa que la totalidad del flujo que entra al compartimiento de succión del vibrador ha sido procesado -- por el mismo.

Considerando ahora la condición en la cual la totalidad del lodo no pasa a través de la malla en el vibrador y se toma la decisión de abrir ligeramente la válvula de desviación. Si se permite que 200 galones por minuto se desvíen de la malla, entonces la fracción de volumen tratada puede expresarse por medio de la siguiente ecuación:

Fracción de volumen
tratada.

- = $\frac{\text{Volumen a través de la malla}}{\text{Volumen que entra en el vibrador}}$
- = 400/600
- = 2/3

Eso significa que las 2/3 partes (el 67%) del lodo pasó a través de la malla y que 1/3 (el 33%) se desvió y no pasó por la malla. Estos gastos pueden representarse como se muestra en la fig. 6 con círculos negros y blancos. Los círculos negros en la trampa de arena en la fig. 6 están esparcidos para indicar que una vez que el fluido cargado con sólidos se desvía de una parte del equipo, se mezcla uniformemente con el lodo que ya ha sido tratado. Todo el lodo debe ser -- ahora tratado nuevamente para eliminar estos sólidos. Por lo general, es mucho mejor utilizar un vibrador o temblori-

na con malla cuya densidad sea de la apertura menor posible, que procese el 100% del gasto que regresa del pozo.

Los sólidos que se desvían de una parte del equipo -- puede eliminarse con equipo subsecuente de control de sólidos (p.e., hidrociclones). Si estos sólidos no son removidos por equipos subsecuente, entonces se desintegrarán hasta hacerse sólidos más finos y posiblemente lleguen a ser de masiado finos como para poder ser removidos mecánicamente.

DISPOSICION DEL DESGASIFICADOR O DESGASADOR.

El análisis del gasto a través del vibrador es simple, dado que el único camino para que el lodo alcance la trampa de arena es a través de la malla o la desviación de flujo. - Para otro dispositivo de control de sólidos, tal como el desgasificador o hidrociclón, que toman el fluido desde un compartimiento, es necesario determinar todo el gasto de dicho compartimiento. La ecuación básica para encontrar la fracción de volumen tratado sigue siendo la misma.

Para el desgasificador es imperativo que la totalidad del flujo sea tratado. Si una porción de lodo se desvía del desgasificador, el gas que vaya acompañado a dicha porción se desprenderá en los tanques, resultando posiblemente un incendio. Además con los procedimientos de medición de características del lodo, peso, por ejemplo puede resultar que el peso real del lodo puede ser considerablemente mayor que el peso indicado del lodo. En resumen, para todo dispositivo removedor de los sólidos contenidos en el fluido de perforación ubicados más allá de la trampa de arena, es necesario que se le haga llegar al lodo por medio de bombeo. Pero debido a que las bombas centrífugas tienen dificultad para bombear gas, el desgasificador debe ser colocado en el primer compartimiento después de la trampa de arena. Un caso diferente al marcado anteriormente no se recomienda por motivos de seguridad, dado que el gas debe ser removido antes de que se esparza hacia la superficie del sistema.

El gas debe removerse lo antes posible. La fracción de volumen tratada debe ser uno (100%). Esto se evalúa determinando todo el gasto que entra en el compartimiento de succión y aplicando la ecuación de fracción de volumen tratado.

Los desgasificadores atmosféricos o de tipo de vacío deben succionar el lodo cargado con gas del compartimiento pos-

terior a la trampa de arena y descargar en el siguiente compartimiento (fig. 7). El compartimiento de succión del desgasador, si es posible, debe agitarse con un dispositivo mecánico. La entrada de la succión del lodo cargado de gas debe estar en la parte inferior del compartimiento. Si se usa una pistola de lodo para agitar el compartimiento de succión del desgasador, el flujo del desgasificador debe aumentarse (por arriba del gasto circulando en el equipo), por el flujo de las pistolas del lodo. Por esta razón se recomienda de manera enfática un agitador o revolvedor mecánico en el compartimiento de succión del desgasificador.

Los desgasificadores de tipo de vacío requieren que el lodo desgasificado sea eliminado a través de un eductor ubicado en el compartimiento en el que se desgasifica el lodo. El lodo para proporcionar potencia al eductor debe tomarse del compartimiento de descarga del desgasificador. El tomar el lodo para dar potencia al eductor de cualquier otro de los compartimientos ubicados después del desgasificador a menudo da por resultado en que parte del flujo se desvíe de los hidrociclones o del limpiador de lodo.

Si el lodo para proporcionar potencia al eductor se toma del compartimiento de succión del desgasificador esta acción con frecuencia produce candado de vapor de la bomba.

El flujo igualador entre los compartimientos de la succión del desgasador y su descarga deben colocarse en alto - cerca del nivel superior de las presas. Si el igualador se coloca a un nivel bajo el lodo más pesado desgasado, fluirá de regreso y cubrirá la succión del desgasador, como se muestra en la parte superior de la fig. 7. Debido a la diferencia de densidades, el lodo más ligero permanecerá por encima del lodo pesado y puede resultar que el lodo gasificado este derramándose de la presa. Localizando este igualador en alto dará por resultado que el lodo pesado desgasificado se tenga

que mover a través del lodo ligero gaseoso antes de alcanzar la succión del desgasador. Como resultado de esto el lodo se agitará de manera mas uniforme. En resumen es recomendable - mantener la succión del desgasador baja y el igualador en la parte superior, similar a un vertedero como se muestra en la fig. 7 en la parte inferior.

Para la mayor parte de los desgasificadores de tipo de vaclo, el lodo desgasificado que regresa al sistema debe -- ser descargado justamente por debajo de la superficie del -- lodo. Puesto que algunos desgasificadores de vaclo pueden -- producir grandes burbujas en su descarga, el regreso del lodo se deslizará al compartimiento si se tiene un ángulo mínimo de inclinación que permita que salgan las burbujas. Aún -- cuando el lodo reintegrado al proceso debe tener cantidades limitadas de aire o de gas atrapado, se recomienda que el -- acceso al retornar al sistema se coloque a una buena distancia de la succión de la bomba. Para que el desgasificador -- funcione adecuadamente, la bomba que suministra lodo a la -- succión del compartimiento de descarga del desgasificador no debe succionar aire. Para los desgasificadores "atmosféri -- cos", el regreso del lodo desgasificado debe deslizarse al -- interior del sistema con una inclinación ligera para permitir que se revienten las burbujas y evitar el acarreo de aire. El lodo que se reintegre al sistema después de haber circulado por los desgasificadores atmosféricos en su acceso a este debe estar bien separado de las bombas de succión.

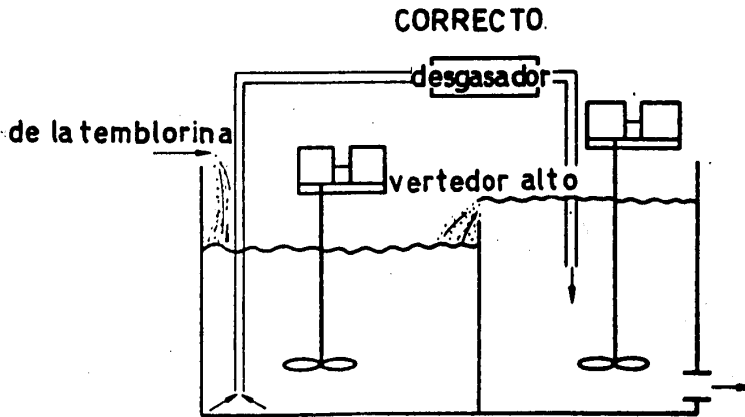
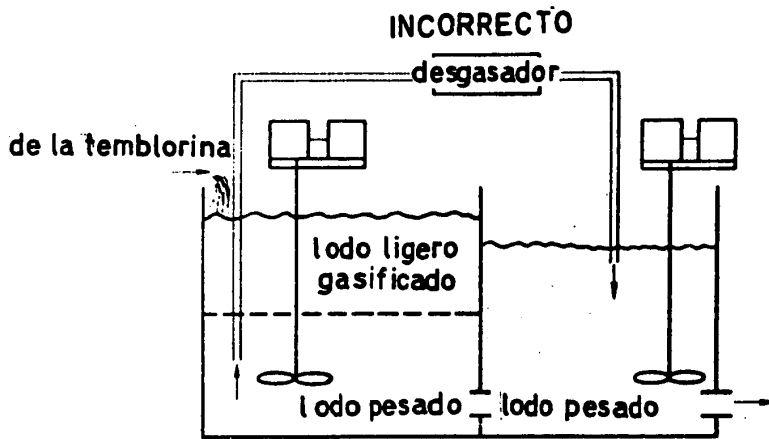


FIG. 7. En la disposición incorrecta del desgasificador el igualador bajo permite que el lodo pesado permanezca en el compartimiento de la succión evitando que el lodo ligero cargado con gas sea tratado, el desgasificador debidamente instalado, toma su succión del inferior del compartimiento bien agitado y el igualador en la parte superior evita que el lodo ligero cargado de gas se separe en la parte superior. 52

CAPITULO III

C A P I T U L O I I I
DISPOSICION DE LOS HIDROCICLONES

EJEMPLOS DEL ANALISIS DEL TRATAMIENTO DE LODO EN LA SUCCION.

El método de succión consiste en evaluar los gastos que entran y salen del compartimiento de succión. Este procedimiento puede explicarse más fácilmente con un ejemplo. Un -- desarenador succiona del compartimiento A, procesa 500 gal/min de lodo y lo descarga al interior del compartimiento B (fig. 8). Si el gasto circulando en el equipo de perforación -- (o gasto del lodo a través del vibrador) es de 400 gal/min, -- el desarenador procesará 100 gal/min más de lodo que el que circula en el pozo. Estos 100 gal/min deben fluir de regreso desde el compartimiento B al compartimiento A, o el compartimiento B se vaciaría. El contraflujo asegura que la totalidad del lodo que entra en el compartimiento B ha sido -- tratado, por lo tanto, todo el lodo ha sido desarenado. Para hacer el cálculo, la ecuación para el compartimiento de succión sería:

Fracción del volumen
del lodo desarenado = $\frac{\text{Volumen tratado}}{\text{Volumen que entra en el tanque de succión}}.$

En este caso, 500 gal/min son desarenados y 400 gal/min entran al compartimiento "A" desde el vibrador y 100 gal/min entran al compartimiento "A" a través del vertedero. La ecuación se convierte entonces en lo siguiente:

Fracción del volumen = $500/(400 + 100)$
del lodo desarenado = 1.0 o sea
100% de lodo que viene del pozo es
desarenado.

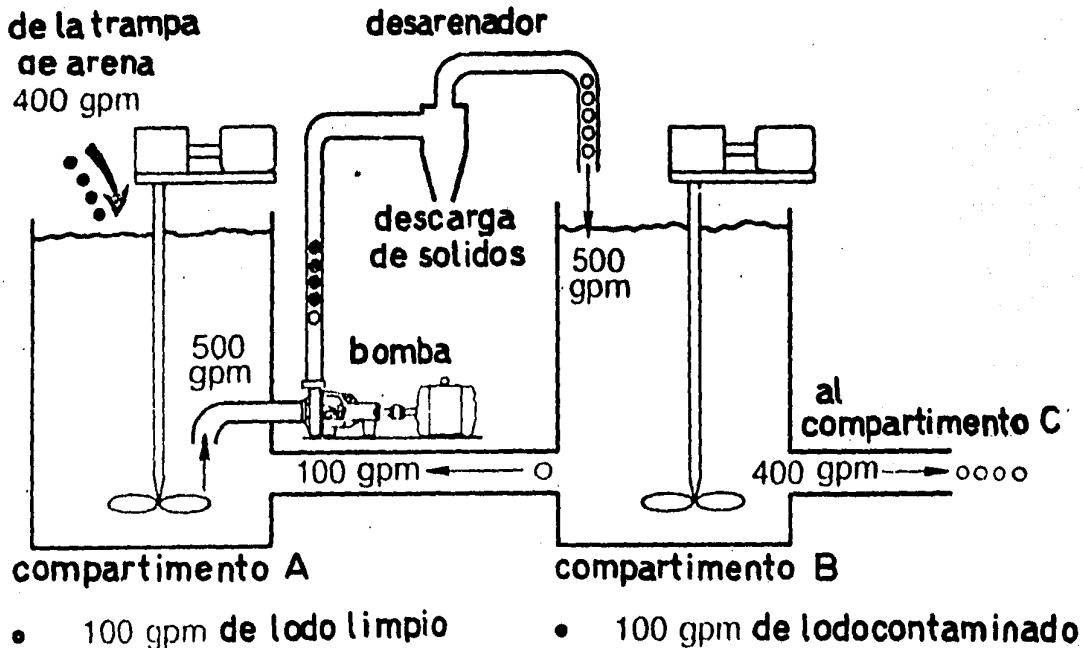


FIG. 8. En esta operación de desarenador diseñada correctamente el 100% de los fluidos de perforación ha sido tratado. Ya que el desarenador está operando a 100 gpm. sobre el flujo del equipo, 100 gpm. de lodo limpio deben regresar a través del equalizador al compartimento de succión.

Esto puede ser ilustrado de otra manera usando el concepto de círculos negros presentado en el párrafo anterior. Cada círculo negro representa 100 gal/min de lodo sucio. Si el desarenador está procesando o limpiando 500 gal/min. de lodo sucio, la corriente de derrame muestra 5 círculos blancos. Uno de estos círculos blancos fluye de regreso al compartimiento "A" a través del igualador, y los otros 4 van al compartimiento "C" o a cualquier otra parte del sistema del lodo. Todo el lodo (círculos blancos) está limpio, indicando que se ha desarenado el 100% del lodo.

Si la bomba del desarenador sólo procesa 300 gal/min -- del flujo de 400 gal/min del equipo de perforación (fig. 9), -- sólo las 3/4 partes o sea el 75% del lodo quedará desarenado. Esto se ilustra nuevamente con el concepto de los círculos negros en la fig. 9. Puesto que el desarenador sólo procesa 300 gal/min (o sea 3 círculos negros), hay 100 gal/min (o sea 1 círculo negro) que fluye desde el compartimiento "A" al compartimiento "B". El compartimiento "B" contiene entonces un círculo negro por cada 3 círculos blancos. Esto es un total de 3 círculos blancos por cada 4 círculos negros (o sea 300 gal/min de lodo limpio por cada 400 gal/min es decir un 75% desarenado. El cálculo basado en los regímenes de flujo del tanque de succión debe también dar esto:

$$\begin{aligned} \text{Fracción de volumen} \\ \text{del lodo desarenado} &= \frac{(\text{Volumen tratado})}{(\text{Volumen que entra al tanque de} \\ &\quad \text{succión)}. \end{aligned}$$

En este caso (fig. 9), al compartimiento "A" entran 400 gal/min y se procesan 300 gal/min.

Los 100 gal/min salen del compartimiento "A" sin ser tratados, de tal manera que no se usan para este cálculo.

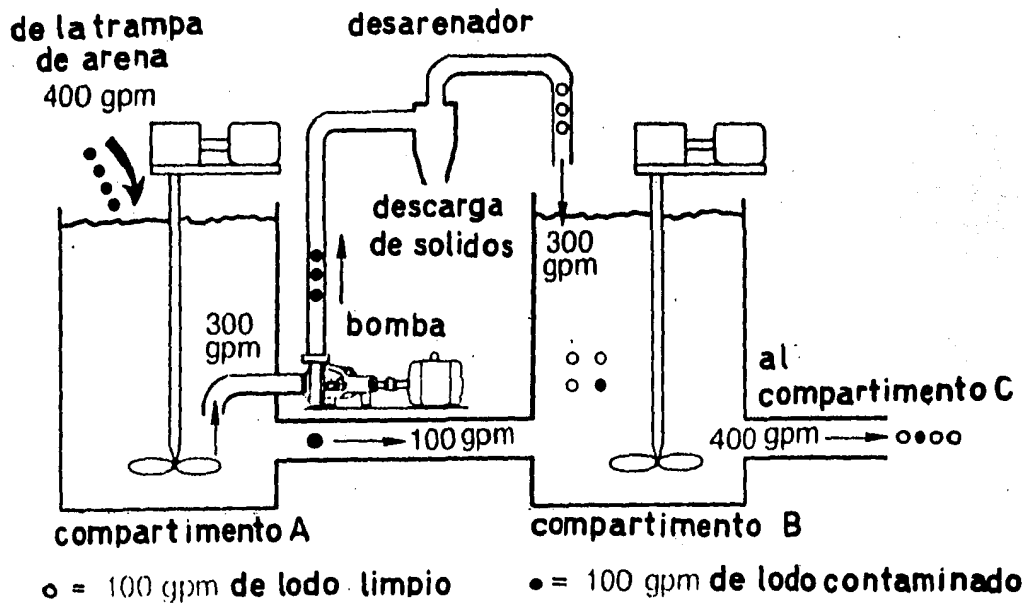


FIG. 9.

Esta operación de desarenar es incorrecta ya que el gasto de tratamiento del desarenador es 100 gpm. -- abajo del gasto del equipo. Para obtener los 400 -- gpm. de gasto de circulación, 100 gpm. de lodo no -- tratado deben fluir del tanque de succión al de des -- carga a través de la línea ecualizadora. En este ca -- so 75% de lodo está siendo tratado.

Fracción de volumen
de lodo desarenado

= 300/400

= 0.75 o sea

75% del régimen de flujo del -
equipo de perforación es desa
renado.

Todos los cálculos suponen que el lodo en cada uno de los compartimientos está bien agitado y que el volumen de entrada es exactamente igual que el volumen de salida. Esto es deseable en todo sistema diseñado para el control de lodo.

Algunos sistemas están dispuestos incorrectamente de -- tal manera que el desarenador descarga al interior de un compartimiento que se encuentra antes de la succión del mismo. Por lo que el desarenador de esta manera trata al lodo dos veces, y por lo tanto aunque esto es efectivo da por resultado el trabajo doble del desarenador. El error en esta disposición también puede ser demostrado fácilmente usando el -- concepto del círculo.

Si el gasto en el equipo de perforación es de 400 galones por minuto, entonces 4 círculos negros entran en el compartimiento "A" (fig. 10). El desarenador en este caso está -- procesando una cantidad exactamente igual a ese gasto del -- equipo, de tal manera que 4 círculos blancos son regresados al compartimiento "A". Todo el flujo que entra en el compartimiento "B" debe pasar a través de la línea igualadora (4 círculos blancos y 4 círculos negros). Puesto que el lodo en el compartimiento "B" está bien mezclado, 2 círculos negros y 2 círculos blancos entran a la bomba del desarenador y luego 2 círculos blancos y 2 círculos negros se mueven hasta el compartimiento "C". Por lo tanto, con respecto al gasto de -- circulación (el flujo desde el agitador) sólo 2 de los 4 -- círculos negros son los que se limpian, aún cuando el desarenador esté procesando una cantidad suficiente de lodo. Esto -- significa que en vez de que el desarenador trate el lodo dos veces, sólo tiene oportunidad de desarenar la mitad del flujo que viene del pozo.

El procedimiento de cálculo para gasto tratado en el tanque de succión también debe indicar la misma limpieza de 50% (fig. 10). En este caso, el compartimiento "B" es el tanque de

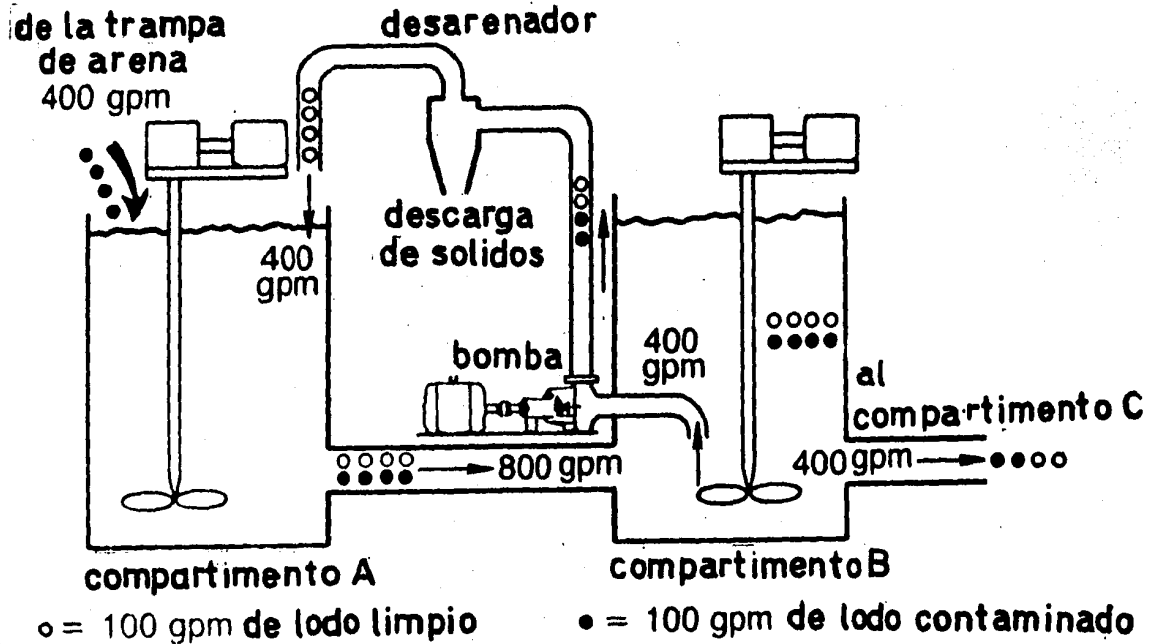


FIG. 10. En esta disposición pobremente diseñada, solo el 50% de los fluidos de perforación que regresan del pozo están siendo desarenados. Esta situación puede corregirse simplemente invirtiendo la succión de desarenador y la tubería de descarga.

succión y está recibiendo 800 gal/min a través del canal. -
El desarenador está procesando 400 gal/min.

Fracción de volumen
del lodo desarenado

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{(Volumen tratado)}}{\text{(Volumen que entra al tanque de succión)}} \\ &= 400/800 \\ &= 0.5 \text{ o sea} \\ &50\% \text{ de desarenado} \end{aligned}$$

Este ejemplo, adn cuando aparentemente trivial, ilustra la importancia de la disposición correcta del equipo. Cambiando simplemente la succión a la bomba del desarenador - - (fig. 8), el porcentaje de volumen del lodo desarenado aumenta de 50% a 100%, el cambio de 2 tubos no es una inversión gran de en un equipo de perforación para asegurar una buena capacidad de limpieza.

Puede inferirse otra implicación más útil. El personal en el equipo de perforación que tiene una instalación como - la de la fig. 10, encontrará que el contenido de arena del - lodo continuará aumentando, a menos que continuamente se aña da una cantidad considerable de agua al lodo (la dilución es un método de control de sólidos muy caro). La conclusión normal a que se llega es que el desarenador o cualquier pieza - de equipo de control de sólidos de residuos de perforación -- que esté dispuesto de esta manera no es funcional.

También cabe hacer notar que en las figs. 8, 9 y 10 el - flujo entre los compartimientos en la sección de remoción debe ser siempre en la dirección inversa (o sea corriente arriba). Fallas en el flujo regresivo significa lodo sucio des- - viándose del equipo de control de sólidos (fig. 9).

Algunos sistemas están dispuestos incorrectamente de tal

manera que el desarenador o el decantador descarga a su propio compartimiento de succión. Esto ocurre a menudo debido a la falta de divisiones dentro de los tanques. El error de esta disposición puede demostrarse fácilmente usando el concepto de los círculos. Si el régimen de flujo del equipo de perforación es de 400 gal/min, entonces debe haber 4 círculos -negros que entren en el compartimiento (fig. 11). El desarenador en este caso está procesando exactamente el mismo régimen de flujo, de tal manera que 4 círculos blancos son regresados al compartimiento. Puesto que el lodo en el compartimiento está bien mezclado, 2 círculos negros y 2 círculos blancos fluyen al siguiente compartimiento. La fracción de volumen tratada puede ser calculada en la siguiente forma:

Fracción de volumen
tratado.

$$= \frac{(\text{Volumen tratado})}{(\text{Volumen que entra en el tanque de succión})}$$

$$= 400 / (400 + 400)$$

$$= 0.5, \text{ o sea}$$

$$50\% \text{ es desarenado}$$

Cuando el tanque no está bien agitado y el lodo es canalizado a través del equipo de control de los sólidos el desarenador formará su propio circuito cerrado de flujo, la cantidad de lodo tratado puede ser casi de cero.

FLUJO INTERNO.

Cuando el lodo se agita en un compartimiento, no hay razón para incluir el flujo de los agitadores en la ecuación para calcular la fracción del lodo desarenado. Esto obviamente sería ilógico aún cuando 1000 gal/min o más de lodo se estuvieran moviendo dentro del tanque. Este flujo es considerado como flujo interno. De manera similar, si el lodo se saca de un tanque y se regresa al mismo tanque sin procesamiento

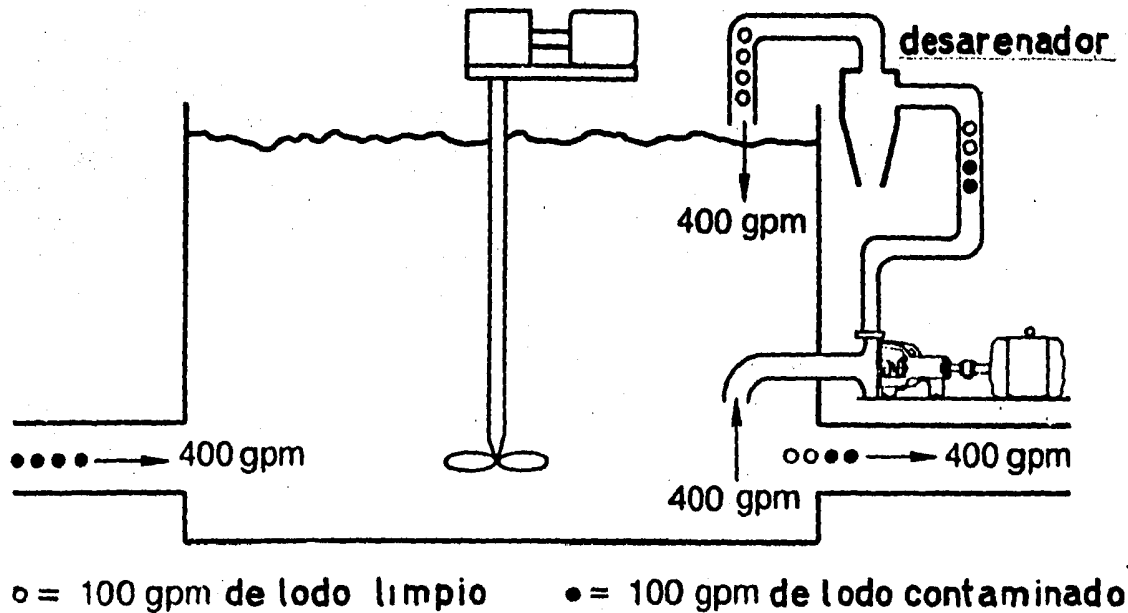


FIG. 11. Aunque el desarenador es capaz de tratar el total de la circulación, esta práctica inadecuada de colocar la succión y la descarga en el mismo compartimento permite que sólo el 50% de lodo que regresa del pozo sea tratado.

to, puede ser considerado como flujo interno.

Una disposición de desarenado correcta (fig. 8) se modifica añadiendo una bomba para recircular 1000 gal/min en el compartimiento "A" como se muestra en la fig. 12.

Usando el concepto de los círculos, es fácil ver que la bomba sacará 8 círculos negros y 2 círculos blancos y los regresará al tanque.

Este concepto también puede ser aplicado si la bomba -- del desarenador se usa para las pistolas de lodo en el compartimiento "A", como aparece mostrado en la fig. 13. En este caso, la bomba del desarenador saca 1000 gal/min del compartimiento "A" (8 círculos negros y 2 círculos blancos). El flujo se divide de tal manera que el desarenador procesa -- 500 gal/min y la pistola del lodo regresa 500 gal/min al compartimiento "A". Este hecho no afecta a la fracción del volumen tratado para este proceso. Hay aún disponibles 4 círculos blancos para el siguiente compartimiento y un círculo blanco regresa al compartimiento "A". De esta forma, la porción del flujo que se regresa al compartimiento de succión o cualquier otro compartimiento antes de este, no debe usarse para calcular la fracción del volumen del lodo desarenado. Esto nos conduce a una ecuación más completa que parece ser efectiva en sistemas de lodo más complejos.

Fracción de volumen

tratada

$$= \frac{\text{(Volumen a través del equipo)}}{\text{(Volumen que entra en el tanque de succión)}}.$$

Ahora se analizará el sistema presentado en la fig. 14 - el cual es incorrecto, porque en éste el decantador está procesando el régimen de flujo del equipo de perforación de 400 gal/min y el desarenador está procesando 600 gal/min. Aparen

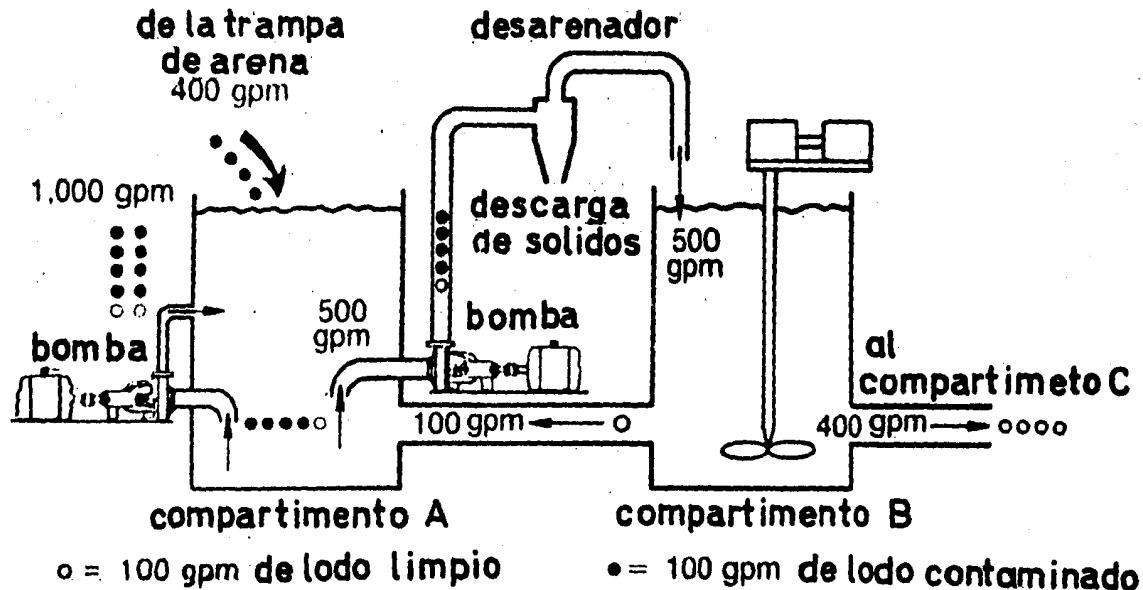


FIG. 12.

Esta operación de desarenar ilustra el hecho de que el flujo interno puede ignorarse cuando se usa el método de succión para evaluar la eficiencia de la remoción de sólidos.

81

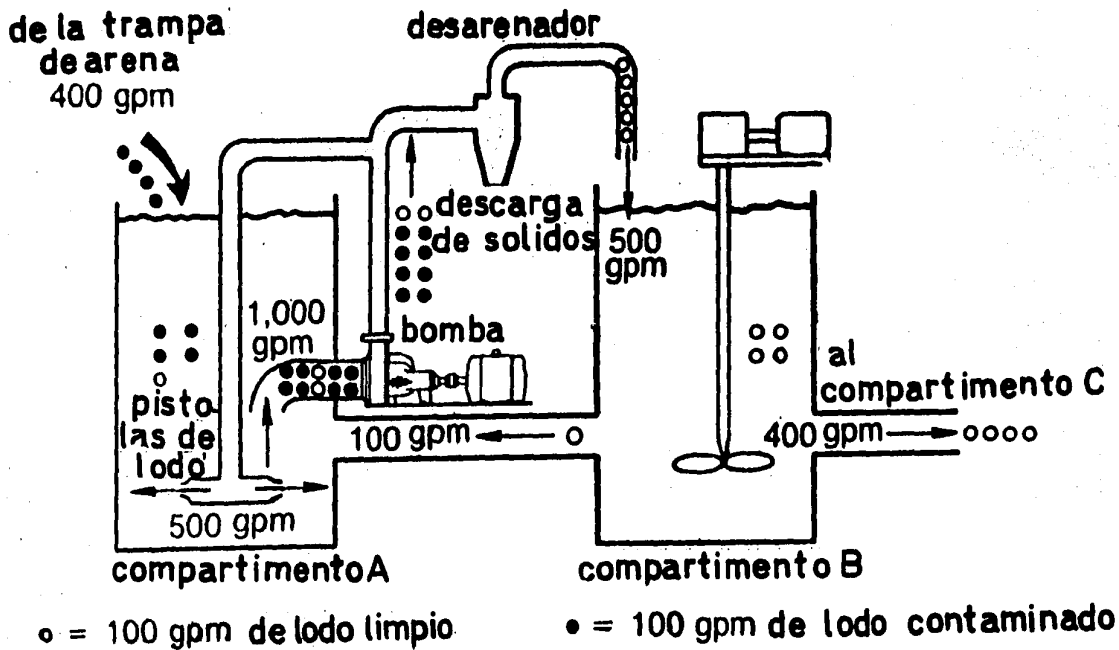


FIG. 13. Otro ejemplo de flujo interno es proporcionado por esta instalación, en la cual la bomba se usa para circular fluido adicional para la agitación de lodo.

temente, Esto debería ser adecuado, aún cuando el banco de -
 decantadores tal vez deba tener uno o más conos para permiti-
 tir procesar aproximadamente 450 gal/min. Pero los cálculos
 efectuados según la fracción de volumen tratada demostrarán
 que esta es una pésima disposición.

Primero se procede a determinar el gasto en el iguala-
 dor. Ya que 400 gal/min pasan a través de la temblorina y --
 600 gal/min. que entran al tanque "A" a través del desarena-
 dor. Lo que aporta un flujo de 1000 gal/min del tanque "A" -
 al tanque "B". La bomba del decantador remueve 400 gal/min -
 para que fluyan a través del igualador entre los tanques B y
 C.

Teniendo los regímenes del flujo del igualador y la di-
 rección del flujo calculado, puede ahora determinarse la ---
 fracción del lodo tratada. Para el desarenador, el volumen -
 tratado es de 600 gal/min. El volumen que entra al tanque -
 de succión (Tanque C) desde todos los puntos antes de la des-
 carga del desarenador, es de 400 gal/min desde la temblorina
 y 600 gal/min de la descarga del desarenador, o sean 1000 --
 gal/min.

Fracción de volumen
 de lodo desarenado

$$= \frac{\text{(Volumen tratado)}}{\text{(Volumen que entra en el tanque de succión)}}$$

$$= \frac{600}{1000}$$

$$= 0.6 \text{ o sea}$$

60% del régimen de flujo del equi-
 po de perforación se está desare-
 nando.

Para el deslimizador, el volumen tratado es de 400 gal/
 min. El volumen que entra en el tanque de succión (tanque -
 B) desde todos los puntos antes de la descarga del desarena-

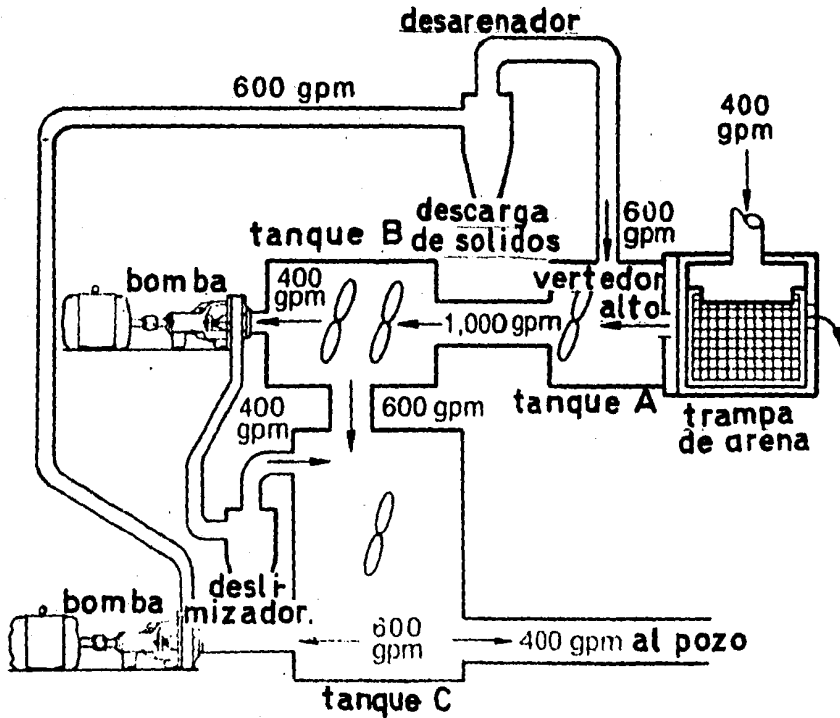


FIG. 14.

INCORRECTO

A medida que el sistema de remoción de sólidos se hace más complicado, tanto que pueda ser también incorrecto, en este caso el desarenador trata 600 gal/min. de fluido, 200 gal/min arriba del valor de circulación. Sin embargo, sólo 60% del lodo de retorno a el pozo ha sido desarenado.

don (tanque C) es de 1000 gal/min (los 600 gal/min del flujo igualador de B a C sale, no entra).

Fracción de volumen

de lodo decantado = $\frac{\text{(Volumen tratado)}}{\text{(Volumen que entra en el tanque de succión)}}$

- = 400/1000
- = 0.4 o sea
40% del flujo del equipo de perforación se está decantando.

En este caso (fig. 14) si los desarenadores dejaron de trabajar, los decantadores procesarían correctamente el 100% del régimen de flujo del equipo de perforación. Por lo que el personal del equipo de perforación podría inferir que cuando el desarenador deja de trabajar, es más fácil mantener bajo control los sólidos incorporados de perforación.

Esto puede corregirse si la bomba succiona lodo desde el tanque "A", lo procesa a través del desarenador y lo descarga al interior del tanque "B". El flujo a través del igualador - desde el tanque "B" al tanque "A" sería de 200 gal/min. Este contra flujo aseguraría que el lodo no llegaría al tanque "B" sin haber pasado primero a través del desarenador. Si esto es cierto, el 100% del flujo del equipo de perforación habría sido desarenado.

Por lo general la mala práctica que aparece demostrada - en la fig. 14 se usa en el campo debido a que el desarenador está conectado a la línea de la pistola de lodo, como se muestra en la fig. 15. Si se usan las pistolas para agitar el lodo en las presas, estas pistolas mueven una considerable cantidad de lodo, como puede mostrarse por medio de la fig. 16. Para ejemplificar supongamos que cada pistola de lodo tiene - una pulgada de diámetro y que la bomba centrífuga produce una

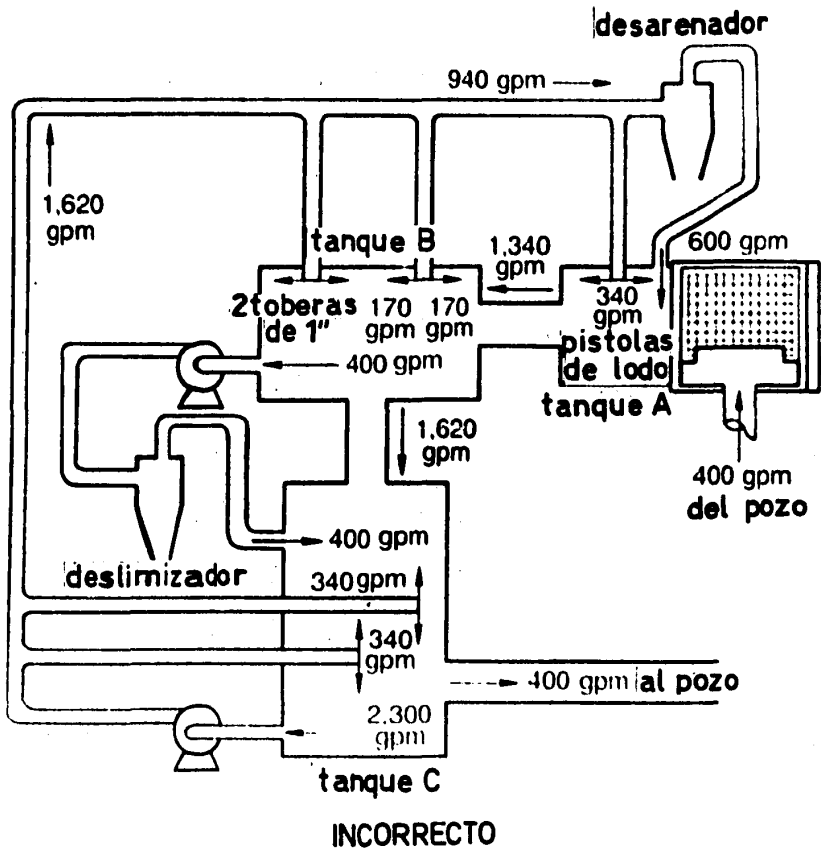


FIG. 15.

Práctica deficiente de campo, se ilustra en este sistema en el cual únicamente 60% del lodo ha sido desarenado y únicamente 20% se ha deslimizado

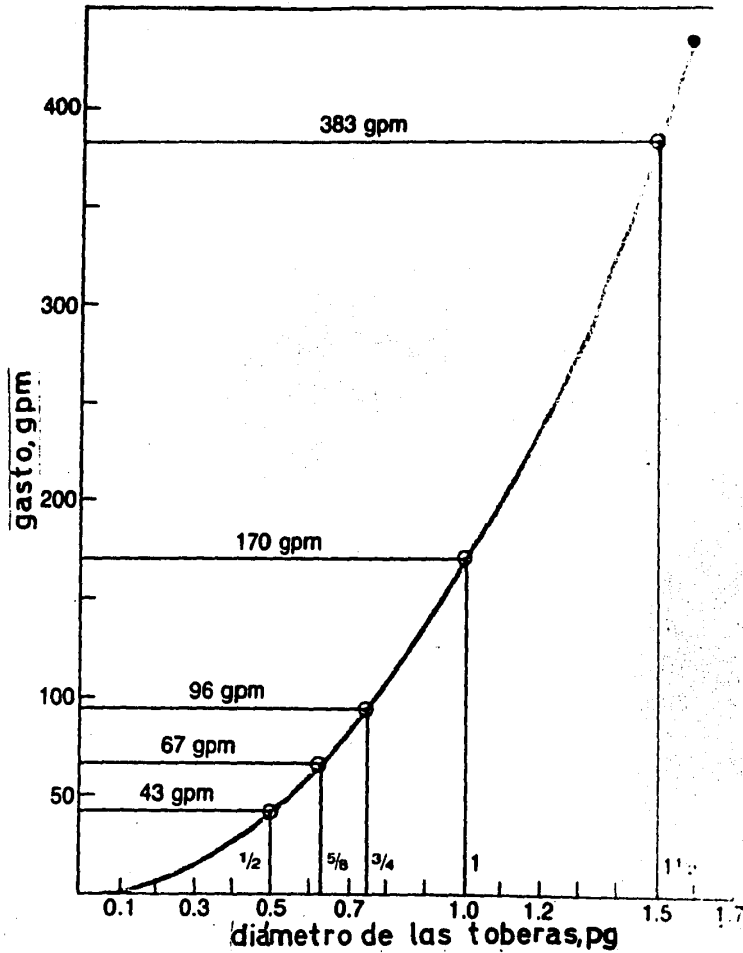


FIG.16 Gastos obtenibles en las pistolas de lodo con varios tamaños de toberas de una bomba centrífuga con 75 -- pies de carga.

presión hidrostática de 75 pies en cada boquilla. Con un -- coeficiente de boquilla de 1, el régimen de flujo de cada - boquilla sería de 170 gal/min.

En la fig. 15 se muestra como se determina la fracción de volumen de lodo desarenada o decantada en el caso de una práctica deficiente en el campo. El flujo igualador y la di-rección de este flujo deben de determinarse nuevamente. Del tanque "A", el lodo entra a 400 gal/min, proveniente del po-zo, 600 gal/min sin del desarenador y a 340 gal/min de lodo se mueven por medio de las pistolas de lodo. El unico lodo que sale es a través de la línea igualadora de "A" hacia -- "B" y es igual a $(400 + 600 + 340 \text{ gal/min})$ o sea 1340 gal/ /min.

El tanque "B" esta mantjando 1340 gal/min por medio del igualador entre "A" y "B" y 4 veces 170 gal/min (o sea 680 - gal/min) por las pistolas de lodo, para hacer un total de -- 2020 gal/min. Del tanque "B" salen 400 gal/min del lodo los que pasan a través del decantador y del igualador de "B" ha-cia "C". Entonces realmente se manejarlan 2020 gal/min menos los 400 gal/min enunciados o sea que en realidad desde el -- tanque "B" al tanque "C" se mueven 1620 gal/min. Para deter-minar la fracción del lodo desarenado , la ecuación se con--viente en:

Fracción de volumen
del lodo desarenado

$$\begin{aligned} &= \frac{(\text{Volumen tratado})}{(\text{Volumen que entra en el tanque -} \\ &\quad \text{C desde todos los puntos antes -} \\ &\quad \text{de la descarga del tanque A).} \\ &= \frac{600}{(400+600)} \\ &= \frac{600}{1000} \\ &= 0.6 \text{ o sea} \\ &60\% \text{ de lodo desarenado} \end{aligned}$$

Obsérvese que las pistolas de lodo en los tanques A, -- B y C toman la succión del tanque C y por lo tanto no están incluidas en el cálculo pues formaron parte de un flujo interno.

Para determinar la fracción del lodo decantado la ecuación se convierte en la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Fracción de volumen} \\ \text{de lodo decantado} &= \frac{\text{(Volumen tratado)}}{\text{(Volumen que entra en el tanque -} \\ &\quad \text{B desde todos los puntos antes de} \\ &\quad \text{la descarga del decantador, del -} \\ &\quad \text{tanque C).}} \\ &= \frac{400 \text{ gal/min}}{1340 \text{ gal/min} + 170 \text{ gal/min} + 170 \text{ gal/min} + 170 \text{ gal/min}} \\ &= 400 / (1340 + 4 (170)) \\ &= 400 / 2020 \\ &= 0.198 \text{ o sea} \\ &\quad 20\% \text{ del lodo del pozo está siendo decantado.} \end{aligned}$$

Para los procedimientos de cálculo obsérvese que los -- 1620 gal/min están saliendo, no entrando al tanque B, de tal forma que no están incluidos.

Para corregir esta práctica que resulta deficiente (fig. 5) de tal manera que el desarenador, no decantador y las pistolas de lodo funcionen correctamente, se requerirá de una bomba adicional. Podría aplicarse otro tipo de solución para remediar esto si el desarenador no se usara. El IADC Handbook 6: Hidrociclones - Manual 6 del IADC: Hidrociclones, - indica que el desarenador con frecuencia no es necesario. El cambio más barato posible es el que aparece mostrado en la fig. 17. Este supone que la bomba del decantador tiene un tamaño suficiente como para proporcionar 1420 gal/min de presión hidros

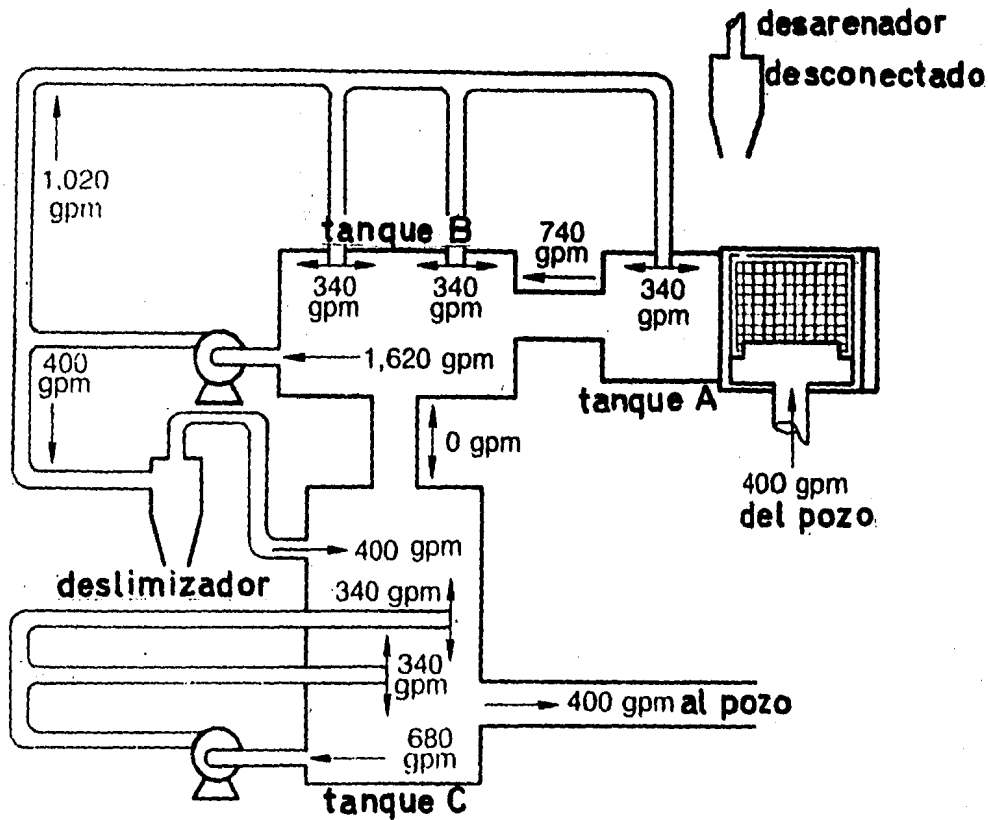


FIG. 17. un método para corregir la práctica deficiente mostrada en la fig. 15 podría ser, desconectar el desarenador, ya que frecuentemente no es necesario, y usar el deslimizador cargando la bomba para circular fluido a las pistolas de lodo en los tanques A y B.

tática requerida (los 400 gal/min para el decantador y los - 170 gal/min para cada una de las 6 pistolas de lodo). En este caso, el flujo igualador desde el tanque "A" al tanque -- "B" es de 140 gal/min y no hay flujo desde el tanque "C" al tanque "B". El cálculo de la fracción de lodo decantado es:

Fracción de Volumen
de lodo decantado

$$= \frac{\text{(Volumen tratado)}}{\text{(Volumen que entra en el tanque - B antes del tanque C-flujo interno)}}$$

$$= \frac{400 \text{ gal/min}}{0 \text{ gal/min} + 140 \text{ gal/min} + 340 \text{ gal/min} + 340 \text{ gal/min} - 1020 \text{ gal/min}}$$

$$= 400 / (0 + 140 + 340 + 340 - 1020)$$

$$= 400 / 400$$

$$= 1.0, \text{ o sea}$$

100% del lodo es decantado

En la figura 17, cabe hacer notar que es muy difícil lograr un flujo de cero desde el tanque "C" al tanque "B", que en este ejemplo es el primer término del denominador. Los 1020 gpm representan el flujo hacia las pistolas de lodo en los tanques "A" y "B". Este flujo proviene de la bomba del decantador, y es succionado por 6 pistolas de lodo que aportan 170 gpm por cada una de ellas, lo que totaliza 1020 gpm, mismos que podrían haber sido eliminados; quedando sólo los 400 gpm que es el gasto de --- flujo del equipo de perforación.

Estos términos sólo se han incluido en el denominador de la ecuación para tener más claridad en el ejemplo.

Si la bomba del decantador no fuera suficientemente - grande para manejar 1420 gpm lo que es requisito, podría hacerse otra corrección. Es decir, se requiere la reubicación - de la succión de la bomba del decantador, de la descarga del

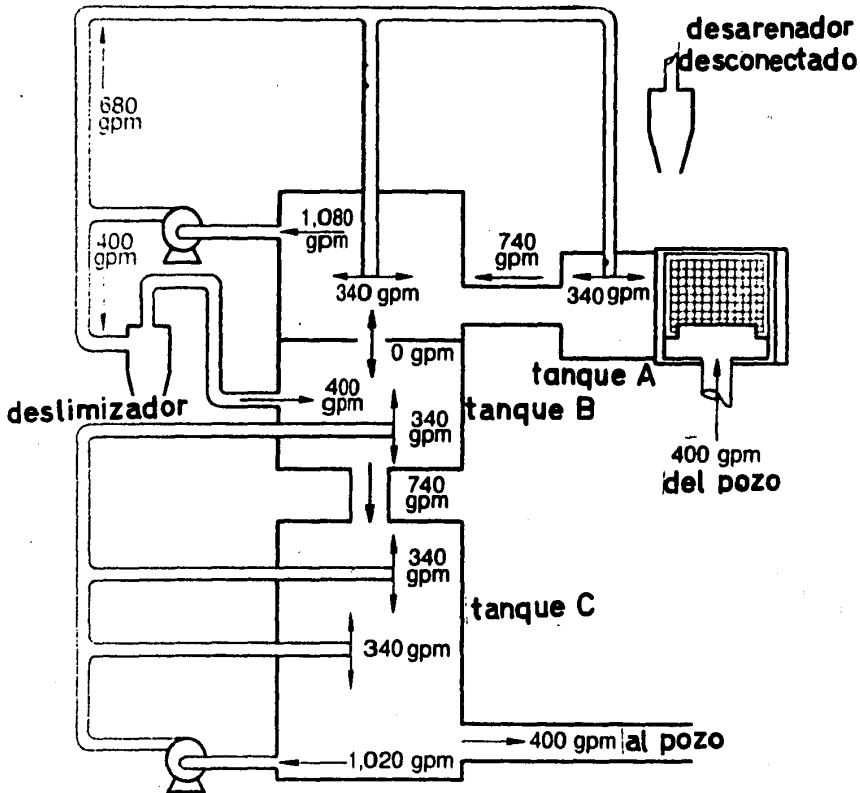


FIG. 18. Otro método de corregir la práctica deficiente mostrada en la fig. 15 puede ser, relocalizar la succión de la bomba del deslimizador y su descarga y agregar una porción en el tanque B. De nuevo se ha desconectado el desarenador.

decantador y una división en el tanque B, como aparece mostrado en la fig. 18. La succión del decantador pudiera ser movida al tanque "A" si, para esto nunca se llegase a usar el desgasador. Para el ejemplo que se está enunciando, se supone que debe dejarse espacio para el uso del desgasador (y los decantadores para lograr un lodo más limpio) en un lodo pesado. El cálculo para el lodo que se va a limpiar viene a ser el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Fracción de volumen} \\ \text{de lodo decantado} &= \frac{\text{(Volumen tratado)}}{\text{(Volumen que entra en la primera} \\ &\quad \text{mitad del tanque "B" desde todos} \\ &\quad \text{los puntos antes de la segunda} \\ &\quad \text{mitad del tanque "B").}} \end{aligned}$$

Puesto que los 340 gpm que entra a la primera mitad del tanque "B" forman parte del flujo interno de 680 gpm y ya -- que no hay flujo entre cada una de las mitades del tanque, -- el flujo que entra es de 400 gpm.

Entonces se tendrá:

$$\begin{aligned} \text{Fracción de volumen de lodo decantado:} &= 400/400 \\ &= 1.0 \text{ o sea} \\ &= 100\% \text{ del lodo} \\ &\quad \text{decantado.} \end{aligned}$$

Existen muchas combinaciones que permitirán el 100% del tratamiento del lodo que viene del pozo. Los agitadores pueden simplificar estas disposiciones y disminuir apreciablemente el tamaño de la bomba.

Las divisiones del tanque en la parte inferior de éste deben de tener un igualador de flujo, como medida temporal, es posible que con unas tablas se construya una cerca o cer

cado a través del tanque, esto sería mejor a que no hubiera división. La finalidad de la división es la de evitar que la agitación del lodo en un compartimiento transfiera el lodo al siguiente compartimiento.

Siendo el concepto de agitación muy importante es necesario dejarlo claro, así que se deberá entender que todos -- los compartimientos, con excepción de la trampa de arena, de ben estar en continua agitación. La práctica de agitar un -- tanque un día y no agitarlo al día siguiente, es incorrecta. Los sólidos y recortes de la perforación asentados que se -- vuelven a mezclar repentinamente en la corriente del lodo, -- probablemente sobrecargarán el equipo de remoción, creando -- una mala eficiencia de remoción y un lodo sucio.

En resumen, deben aplicarse los siguientes principios -- cuando se usan hidrociclones:

Los hidrociclones por lo general tratan la totalidad -- del flujo que entra en el compartimiento de succión. Si el -- total del flujo no es tratado, entonces una porción de lodo y los sólidos de desperdicio se están desviando de los hidro ciclones, lo cual sería una acción análoga a la apertura del desviador de la temblorina haciendo -- la operación -- uía ineficiente.

Si las pistolas de lodo se van a usar para agitar la -- porción de sólidos obtenidos de la remoción en el sistema, -- entonces deben ser instaladas para este caso como aparece -- mostrado en la fig. 19. Cada bomba debe tener un tamaño, co- -- mo para agitar su propio compartimiento de succión. Cual- -- quier otra disposición, puede llevar a que el fluido se des- -- vÍe del equipo, o bien a un aumento sustancial en el volumen del fluido tratado, lo que requeriría gasto adicional al -- usar más equipo de remoción de sólidos..

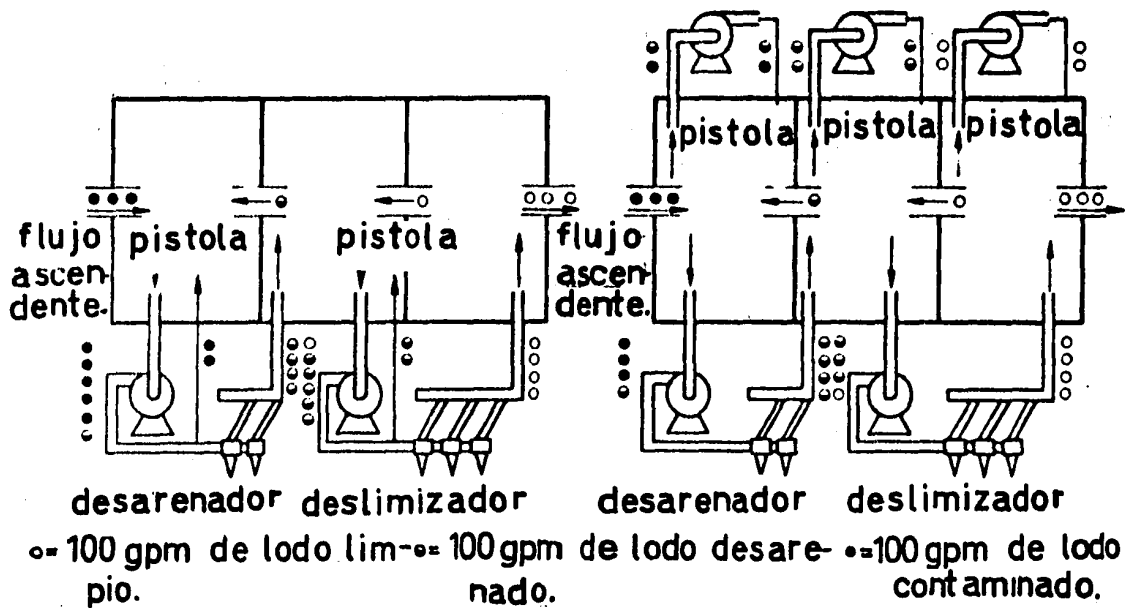


FIG. 19

Se muestran dos métodos para el uso de pistolas de lodo, para agitar los fluidos en la sección de remoción. Una práctica recomendada es usar bombas para agitar el fluido en su propio compartimiento (izquierdo). Otro pero más caro es colocar bombas separadas para agitar en cada compartimiento (derecha).

En el resto del sistema de lodo (en las presas de adición y de succión), las pistolas del lodo deben usarse para asegurar una mezcla homogénea. El lodo en ambas secciones se beneficiará con la agitación producida por las bombas debido a que esta acción ayuda a dispersar los aditivos en el lodo.

CAPITULO IV

C A P I T U L O I V
 DIMENSIONES DE LOS HIDROCIKLONES

En este capítulo uno de los objetivos será determinar el número de hidrociclones necesarios con base en el diámetro del pozo, la velocidad de penetración y el régimen de circulación. También se explican la colocación de los hidrociclones.

El método de succión descrito, consiste en la evaluación de los flujos que entran y salen del compartimiento de succión por los componentes del equipo de control de sólidos. Para una disposición como la de la fig. 20, la fracción de volumen tratada puede ser expresada como:

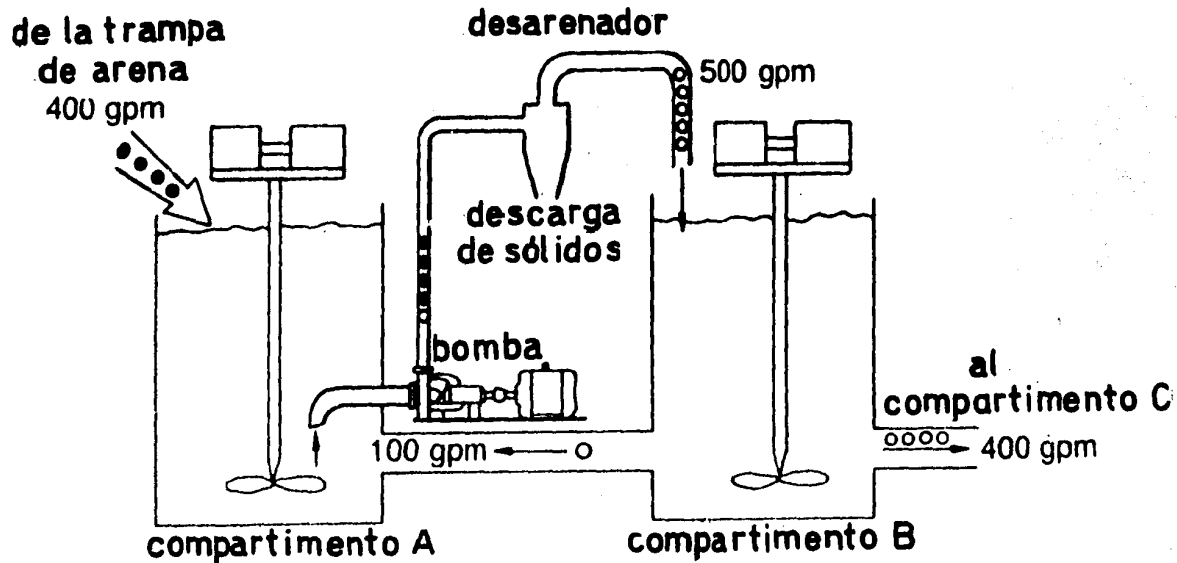
Fracción de volumen
 tratada

$$= \frac{\text{(Volumen tratado)}}{\text{(Volumen en el tanque de succión)}} \\
 = \frac{500}{(400 + 100)} \\
 = 1.0$$

Obsérvese en la fig. 20, que los 100 gpm del contra flujo son reprocesados. Cuando la fracción de volumen tratada es el 100%, entonces puede calcularse la fracción de volumen que es reprocesada. Esta puede expresarse para el ejemplo como:

Fracción de volumen
 reprocesada

$$= \frac{\text{Régimen del flujo igualador}}{\text{Volumen que entra en el tanque de succión.}} \\
 = \frac{\text{Régimen de contraflujo del igualador.}}{\text{Régimen de tratamiento}}$$



- 100 gpm de lodo procesado
- 100 gpm de lodo contaminado

FIG. 20.

Diseño correcto de operación de desarenar, la fracción de volumen de lodo tratado es igual a 100%. En resumen, la fracción de volumen reprocessado es 20%.

- 100/500
- 0.20 o sea 20%

Es necesario reservar una cierta cantidad de lodo de re procesamiento para prevenir inesperados incrementos de flujo que circule desde el pozo en perforación y para corregir - - cualquier descompensación por desgaste de la bomba. También puede requerirse una cantidad significativa de reprocesamiento cuando la carga de los sólidos de la perforación es alta. Algunos pozos de poca profundidad, en los que el diámetro -- del pozo es grande y la velocidad de penetración es alta, -- suele necesitarse un equipo de control de sólidos significativamente mayor.

Todo el equipo de control de sólidos desechan parte del lodo con los sólidos. Debido a esto, y a menos que la carga de sólidos sea extremadamente alta, la capacidad del equipo por lo general no debe exceder a la cantidad de flujo a través de los compartimientos, por más de entre el 10 y el 20%. Esto es suficiente para asegurar que haya presente un contra flujo que pueda detectarse. Los hidrociclones deben quitarse temporalmente o deben cerrarse las válvulas de los mismos, - para permitir menores gastos de circulación en el equipo de perforación.

CALCULO DEL TAMANO DE LOS HIDROCICLONES

Para tratar adecuadamente el lodo en los hidrociclones, el número de conos puede estar basado únicamente en el gasto aportado por el equipo de perforación. A medida que aumenta el diámetro de la barrena, aumenta el gasto de circulación - manejado lo que da por resultado el requerimiento de un mayor número de conos, de lo que se puede inferir que el número de conos que se requiere para permitir un cierto gasto -- de circulación en el equipo de perforación siempre es mayor cuantitativamente a la este, para asegurar que los conos no -

se sobrecarguen con sólidos. Esto puede ilustrarse por medio de la siguiente ecuación, en la que, por experiencia, el flujo mínimo requerido para limpiar la barrena es:

$$\text{Régimen de flujo o gasto (gal/min)} = 10 (\text{diam. de la barrena, pg})^{1.5}$$

Esto se presenta para diferentes diámetros de barrena - en la Tabla 1, según Robinson las condiciones más adecuadas para el régimen de flujo mínimo necesario para transportar - a la superficie los sólidos de perforación a través del espacio anular, se presentan en la Tabla 1. Obsérvese, que para los tamaños menores de barrena la similitud de la correlación para ambos mínimos es muy cercano. También se muestra, basado en el gasto mínimo requerido para limpiar la barrena, el número mínimo de conos de 4 pulgadas de decantador (con capacidad de 50 gpm) que se requieren para manejar el gasto. La velocidad máxima de penetración necesaria para que los sólidos acarreados no sobrecarguen los conos, se calcula como sigue:

$$\text{Velocidad de penetración, (pie/Hr)} = \frac{1,696 (\text{número de conos})}{(\text{diámetro de la barrena, pg})^2}$$

Lo cual se basa en el estudio con dos diferentes conos de 4 pg. de un decantador y con un gasto registrado en la tobera 5/8 pg. de diámetro que ha sido experimentalmente determinado para descargar un máximo de 25 libras por minuto de sólidos de recortes secos. Cuando las salidas del cono se modifican para reducir la calidad de descarga del líquido, se restringe el régimen máximo de los sólidos descargados a su salida. Debido a esto, particularmente en los pozos de poca profundidad, los fondos de los conos deben trabajar tan húmedo como sea posible. La ecuación precedente está basada en un pozo que no esté deslavado. Para formaciones suaves en las que el diámetro del pozo tiende a agrandarse o deslavarse, el número de conos requerido deberá aumentarse. La velocidad

T A B L A 1: Requisitos del Cono de los Hidrocarburos

Diámetro de la barrena, pg.	Gasto mínimo para limpiar la barrena, gal/mín.	Gasto mínimo para trans- portar los sólidos gal/mín.	Número mínimo requerido de conos de 4 pg	Velocidad máxi- ma de penetra- ción permisi- ble con el mí- nimo de conos, pie/hr.	Gasto máxi- mo para la limpieza - adecuada de los dientes a peso máxi- mo en la ba- rrena, gal/mín.	Número máximo requerido de conos de 4 pg	Velocidad máxima de penetración permisible con el número máximo de conos, pies/hr.
7 7/8	220	220	5	137	290	6	164
8 3/4	260	276	6	133	350	7	155
9 7/8	310	363	7	121	430	9	156
10 5/8	350	394	8	121	500	11	165
12 1/4	430	439	9	102	662	14	158
15	560	653	12-13	92	975	20	151
17 1/2	730	918	15-19	83	1,312	27	150
22	1,031	1,500	21-30	73	2,046	42	147

cidad de penetración basada en el régimen mínimo de flujo - con 25 libras por minuto de descarga de sólidos secos para un pozo que no este deslavado, es la que se muestra en la - Tabla 1.

Anderson y Estes, presentan la siguiente ecuación para el régimen de circulación requerida para la limpieza adecuada de los dientes de la barrena con un peso máximo sobre la barrena:

$$\begin{aligned} &\text{Régimen de flujo, gpm} \\ &= 4 (\text{diámetro de la barrena, pg})^2 + \\ &\quad 5 (\text{diámetro de la barrena, pg}). \end{aligned}$$

En la Tabla 1 se presenta este flujo máximo para varios diámetros de barrena. Cuando el pozo no se deslava y la velocidad de penetración esperada es menor que la que aparece mostrada en la Tabla 1, el número de hidrociclones en funcionamiento disponibles en el equipo, debe basarse en el régimen de flujo máximo para la barrena más grande con la que se espera trabajar.

COLOCACION DE LOS HIDROCIKLONES.

Los hidrociclones deben ser montados de tal manera que el distribuidor o múltiple de alimentación quede por arriba del nivel máximo de lodo en las presas. Esto evita que el lodo proveniente de las presas fluya a través del distribuidor de los conos y llegue hasta la presa de desperdicio cuando se pare la bomba de alimentación del hidrociclón. Si el distribuidor de los hidrociclones se monta por debajo del nivel máximo del lodo, debe cerrarse la válvula cada vez que dejan de trabajar los hidrociclones. Con sólo una vez que no se cierre esta válvula se experimentará una pérdida excesiva de lodo. El montar el distribuidor los hidrociclones a un nivel más alto, puede hacer más fácil el recolectar los flujos de

descarga en un pequeño tanque de almacenamiento para procesamiento adicional o para desechar los sólidos a la presa - de desperdicio, pero deberá tenerse en cuenta que cada pie de elevación aumenta la presión hidrostática que se requiere en la operación de la bomba.

Cuando los hidrociclones se montan varios pies por -- arriba de la superficie de lodo, la línea de derrame vertical que regresa el lodo a los tanques se llenará, lo que -- producirá un vacío en el derrame del cono. Esto normalmente hace que los conos desechen menos sólidos, puesto que son -- succionados regresando ascendentemente al cono. En la fig. 21 aparece un rompe vacíos, que consiste de un agujero en -- el múltiple de derrame con un tubo vertical de entre 12 y 18 pulgadas, para resolver este problema.

El derrame de los hidrociclones nunca debe descargarse a una artesa. Si se hace esto, invariablemente será dirigida al compartimiento incorrecto y con frecuencia la artesa se llenará de sólidos. El derrame del hidrociclón debe -- entrar en el compartimiento a través de la superficie como aparece mostrado en la fig. 22. Esto permitirá que parte -- del aire, que es succionado al interior del hidrociclón durante la operación normal, salga a la superficie. El lodo -- que entra en un compartimiento debe estar separado de las -- succiones de cualquier bomba.

MÚLTIPLE O DISTRIBUIDOR.

Los múltiples o distribuidores de succión nunca deben usarse en ninguna sección de remoción. El personal del -- equipo de perforación debe ser capaz de hacer funcionar -- una pieza de equipo de una sola forma posible. Cuando hay -- opciones, a menudo se toman las equivocadas.

Por ejemplo, considérese la disposición del distribui

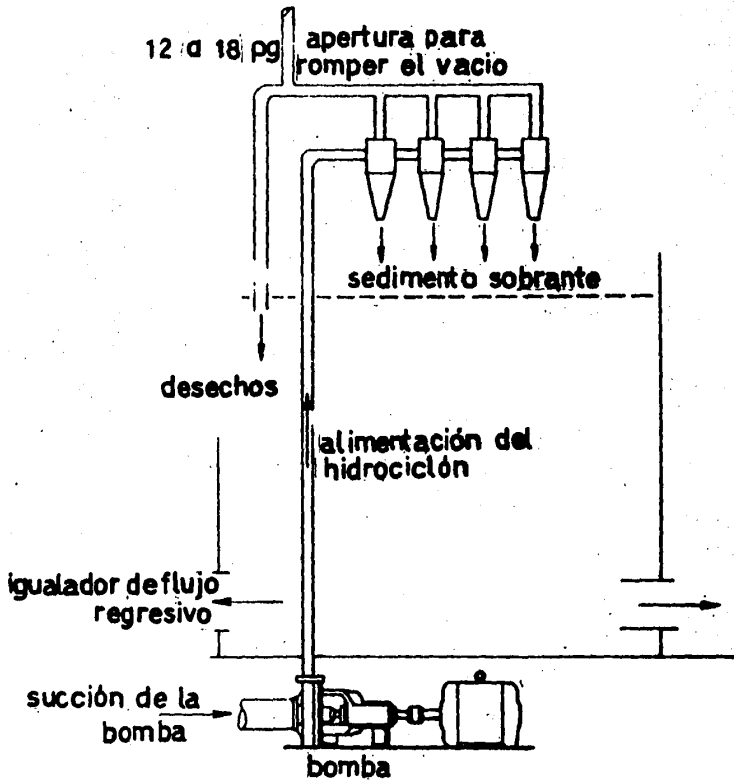


FIG. 21.

Cuando los hidrociclones se montan sobre la superficie del lodo, se debe colocar un rompe vacíos en el flujo superior del múltiple para prevenir rompimientos al ser succionados de regreso a los conos por un vacío creado en la línea superior de flujo.

dor o multiple en un equipo (nuevo) de perforación marina. El equipo de control de sólidos se hizo funcionar como aparece mostrado en la fig. 23, con una bomba alimentando tanto al decantador como al desarenador. La fracción de volumen tratada por el desarenador fue de 0.68 (o sea 68%). - Esto significa que el 32% del lodo se desvió del desarenador. Puesto que la totalidad del lodo que entró en el último compartimiento pasó a través del decantador, la fracción de volumen tratada fue de 100%. La bomba que era una bomba marca "Mission Magnum I" de 8 pulgadas (en la succión) x 6 pulgadas (en la descarga) x 14 pulgadas (de impulsor), accionada por un motor eléctrico de 60 caballos a una velocidad de 1150 rpm. El motor eléctrico que impulsa la bomba, si funciona como aparece mostrado en la fig. 23, se sobrecargaría al manejar lodos cuyas densidades son mayores de 9.5 lb/gal.

El desarenador y el decantador debieron haber funcionado como aparece mostrado en la fig. 24. El decantador y el desarenador deben instalarse de tal manera que haya un botón para poner en marcha el motor eléctrico, y la válvula de descarga se abra lentamente para comenzar la operación de las unidades. Esto requiere un conjunto de motor y bomba dedicado a cada una de las piezas del equipo.

La unidad de motor eléctrico y bomba se hecha a andar cerrando la válvula de descarga. Si la bomba se pone en marcha estando abierta la válvula de descarga y vacías las líneas de descarga (normalmente estarán vacías puesto que por lo general estas se conectan por arriba de la superficie del lodo), el fluido del lodo entrará rápidamente descendiendo por las líneas hasta que llega a los conos. Este golpe de fluido provocará grandes cargas de choque sobre los conos -- que pueden resultar dañados. Cuando una bomba es impulsada directamente con un motor diesel o accionado por un embargue se debe tener cuidado de accionarlo lentamente, de tal manera que la línea tenga oportunidad de llenarse adecuadamente

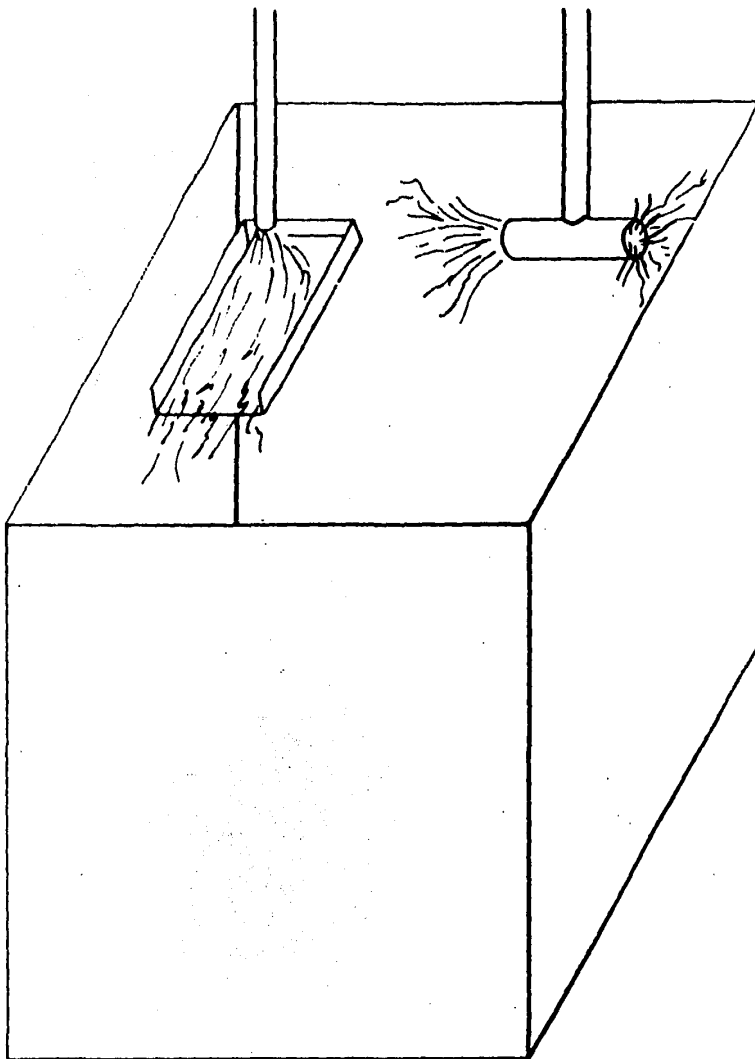
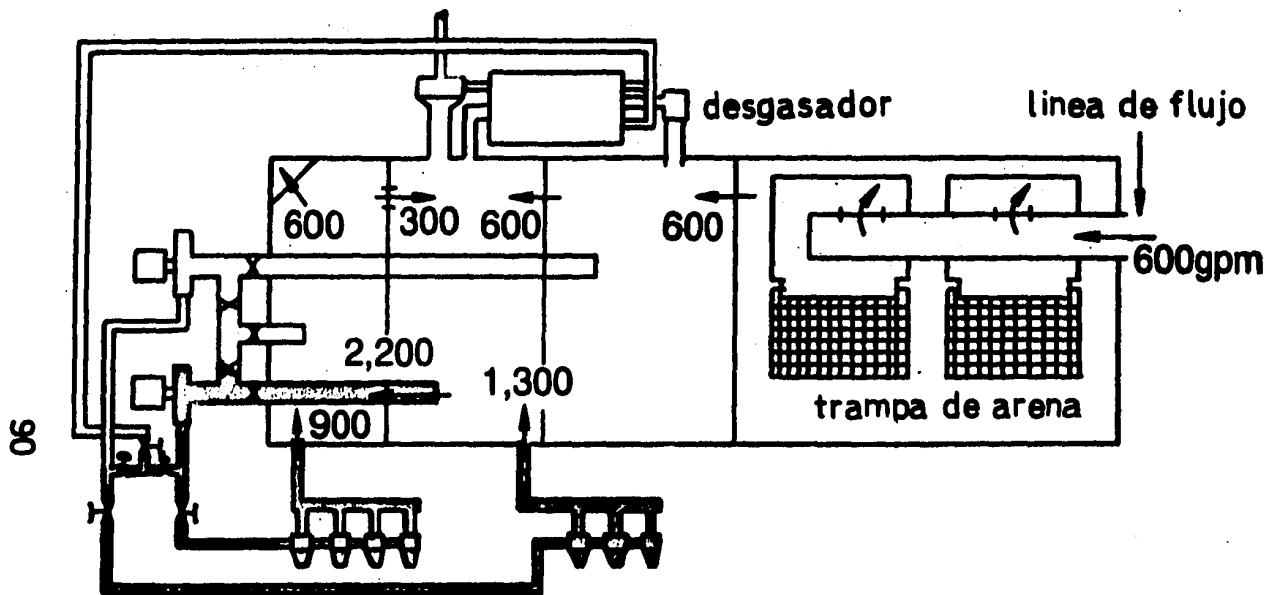


FIG. 22. El aire que ha entrado en el lodo al ser tratado por los hidrociclones puede eliminarse usando cualquiera de estos dos métodos. A la izquierda, el flujo entra al compartimento y se desvía en una mampara. En la derecha el lodo se dispersa por medio de una conexión T.



20 conos desarcilladores 3- conos desarenadores

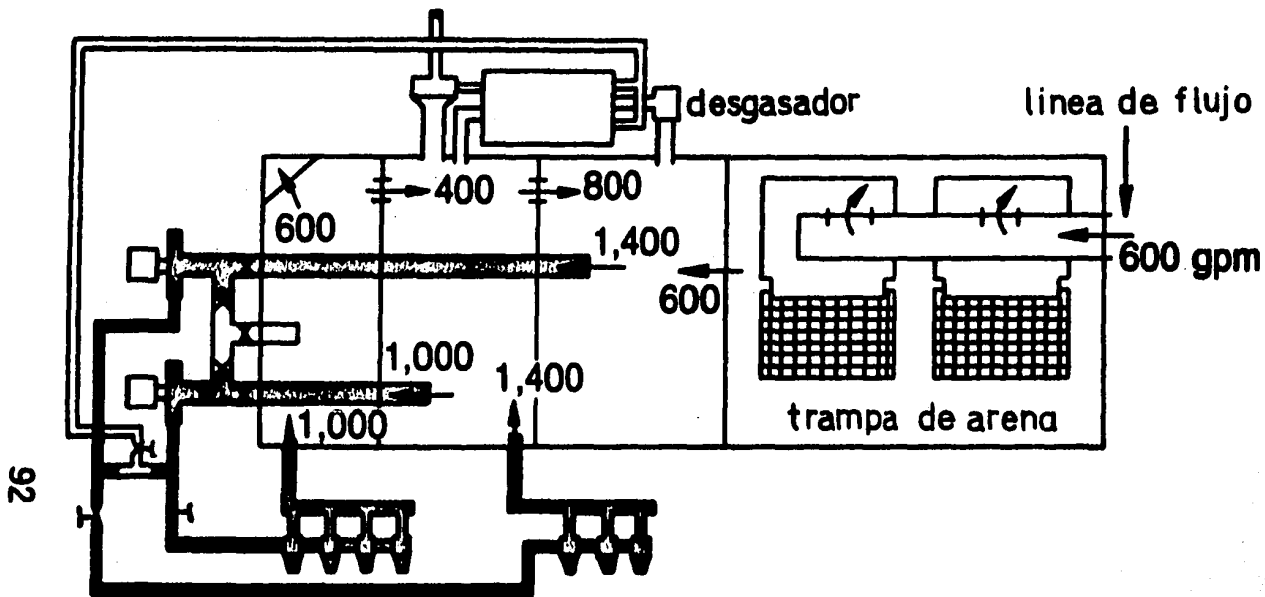
FIG. 23.

En este arreglo de control de sólidos, únicamente 68% -- del lodo es tratado por el desarenador. El deslimizador maneja correctamente el 100%.

puede no ser necesaria una válvula de descarga.

Posteriormente y regresando nuestro concepto al equipo de perforación, el lodo empezó a mostrar cierto gas de fondo y fue necesario usar el desgasificador. Este fue operado inicialmente como aparece mostrado en la fig. 25. La bomba del desgasificador que estaba funcionando a impulsos por el vacío provocado llega a ser bloqueada por un candado de gas. El lodo que proporcionaba la potencia al desgasificador debió haber sido suministrado por el lodo que estaba circulando abajo del desgasificador, pero los operarios del equipo de perforación responsables del equipo de control de sólidos no sabían de cual de los compartimientos entre las tres opciones, desarcillador, desarenador y desgasificador de succión debían sacar el lodo. Las líneas están (y deben estar) en el interior de las presas y por supuesto ocultas bajo el nivel del lodo y no son observables a causa de las cubiertas laterales. Esto es un problema típico de la mayor parte de las succiones de las diferentes bombas que operan el equipo de control de sólidos. Si se proporcionan operaciones en las succiones debe mostrarse un diagrama del fluido permanente (de preferencia marcado sobre metal) en la cubierta lateral de las presas. Se debe marcar con color las líneas de cada una de las operaciones (desgasificador, desarenador y desarcillador o combinaciones de esas), aún cuando estas medidas ayudarán a la cuadrilla del equipo de perforación a entender el sistema, la única forma cierta para asegurar la operación adecuada, es la de proporcionar sólo una forma de funcionamiento de la unidad bomba/motor dedicados a cada operación enunciada.

Disponiendo las válvulas del distribuidor o del múltiple como se muestra en la fig. 26, es posible desgasificar y desarcillar el lodo al mismo tiempo, aún cuando la fracción de volumen tratada por el decantador sólo es de 77%. - No hay una mejor configuración para hacer trabajar el desga



20 conos desarcilladores 3-cono desarenadores

FIG. 24.

El arreglo de control de sólidos de la Fig. 23 se modificó en esta forma con lo que se puede eliminar 100% de arena y el limo.

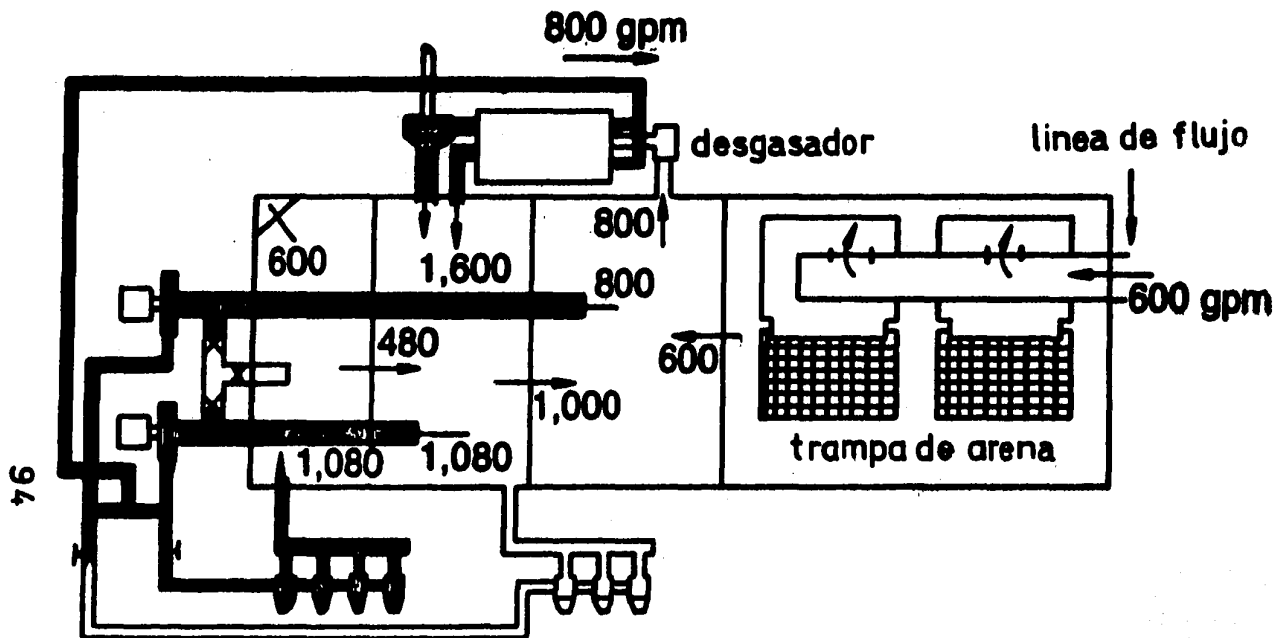
sificador y el equipo de control de sólidos con esta disposición de distribución.

A veces es deseable hacer funcionar el desgasificador, el desarenador y el decantador simultáneamente. Para lograr esto, debe suministrarse una unidad de bomba/motor para cada pieza de equipo. Cada unidad de bomba/motor debe tener el tamaño adecuado para el sistema y puesto que sólo hay una forma de hacer funcionar cada pieza de este, las bombas y los motores no deben sobrecargarse con objeto de reducir el mantenimiento.

El hecho de tener varias succiones, puede provocar cavitación en la bomba, debido a los sólidos asentados en las líneas de succión de ella. Considérese el caso (fig. 27) en el que el gasto de circulación del equipo de perforación ha caído hasta 300 gal/min y 14 de los conos de decantador han quedado obturados de forma tal que solo 6 de ellos trabajan. Ahora si la succión se toma incorrectamente de dos compartimientos a través de los tubos de succión de 8 pg, el gasto de succión será aproximadamente de 0.96 pies/seg. Para gastos por debajo de 5 pies/seg, los sólidos se asientan y se compactan sobre el fondo del tubo, y de esta manera el área de flujo efectivo para cada uno de los tubos se reduce de 50 pg² a 9.6 pg².

$$\begin{aligned} A &= Q/V \\ &= \frac{(150 \text{ gal/min}) (231 \text{ pg}^3/\text{gal}) (1 \text{ min}/60 \text{ seg})}{(5 \text{ pies/seg}) (12 \text{ pg/pies})} \\ &= 9.6 \text{ pg}^2 \end{aligned}$$

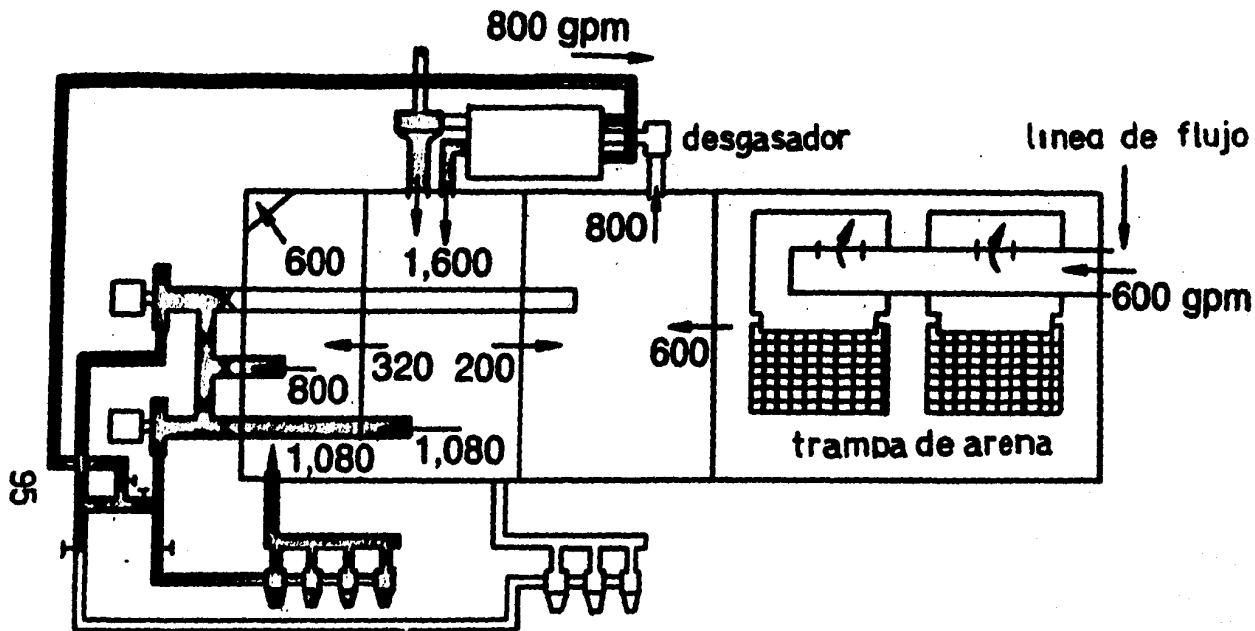
Una vez que estos sólidos se asientan, es extremadamente difícil quitarlos únicamente con el flujo. Si en una fecha posterior, la válvula de succión central se cierra y la unidad funciona como un decantador de 20 conos (fig. 24), la bomba agotará el flujo y ocurrirá la cavitación de la bomba. Cuando la bomba trabaja con cavitación suena como si un pedazo de grava de diámetro de 0.5 pg estuviera golpeando a través de la bomba y puede destruir el impulsor en unas cuantas horas.



20 conos deslimizadores 3-conos desarenadores

FIG. 25.

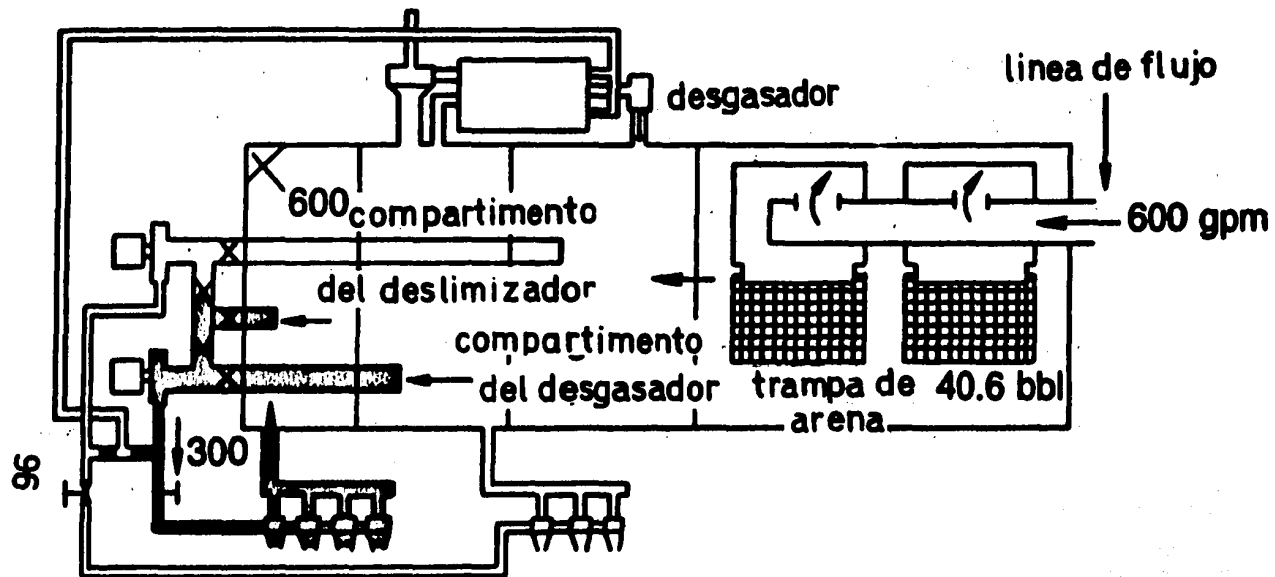
Aquí un ejemplo que ilustra como la flexibilidad del sistema de remoción puede dar como resultado una ruta inadecuada del fluido, el lodo que va a pasar al desgasificador es tomado del comportamiento incorrecto.



20 conos desarecilladores 3-conos desarenadores

FIG. 26.

otra disposición incorrecta que es el resultado de que se ha permitido demasiada flexibilidad en los distribuidores lo que solo deja que el decantador trate el..... 77% del lodo.



6 conos deslimizadores 3-conos desarenadores

FIG. 27.

En esta instalación los múltiples de la succión de la bomba dieron por resultado cavitación en ella. La succión se tomó incorrectamente de los dos compartimientos.

CAPITULO V

C A P I T U L O V

DISPOSICION DE LA CENTRIFUGA

DISPOSICION DE LA CENTRIFUGA PARA LODOS DE BAJA DENSIDAD

En un sistema para lodos de baja densidad, el objetivo es el de remover la mayor cantidad de sólidos posible (con excepción de los polímeros y/o la bentonita). La centrifuga convencional procesa un gasto menor con respecto al gasto - total de circulación en el equipo de perforación. Esta centrifuga puede usarse para decantar el gasto que viene del fondo de los hidrociclones, o cuando los hidrociclones están dispuestos y funcionando tal como se describió previamente, también puede hacerse funcionar en el sistema activo una centrifuga de decantación. La centrifuga eliminará los sólidos finos que los hidrociclones no pueden remover. Los sólidos que vienen contenidos en el lodo de descarga deben ser desechados y el lodo limpio debe regresar al sistema activo. Al igual que con la disposición del hidrociclón, una centrifuga que funciona en un sistema activo debe tomar la succión desde un compartimiento corriente arriba del compartimiento de descarga.

Puesto que las centrifugas normalmente no tienen la capacidad de tratar el gasto total que viene circulando del equipo de perforación, parte del flujo es desviado de la -- unidad. Esto es mostrado en la Fig. 28 donde la fracción de volumen tratado se calcula de la manera siguiente:

Volumen de fracción
tratada

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Gasto de tratamiento del equipo}}{\text{Gasto de tratamiento del equipo} + \text{gasto de corriente arriba que entra al compartimiento de descarga}} \\ &= 10 / (10 + 390) \\ &= 0.025 \text{ o sea } 2.5\% \end{aligned}$$

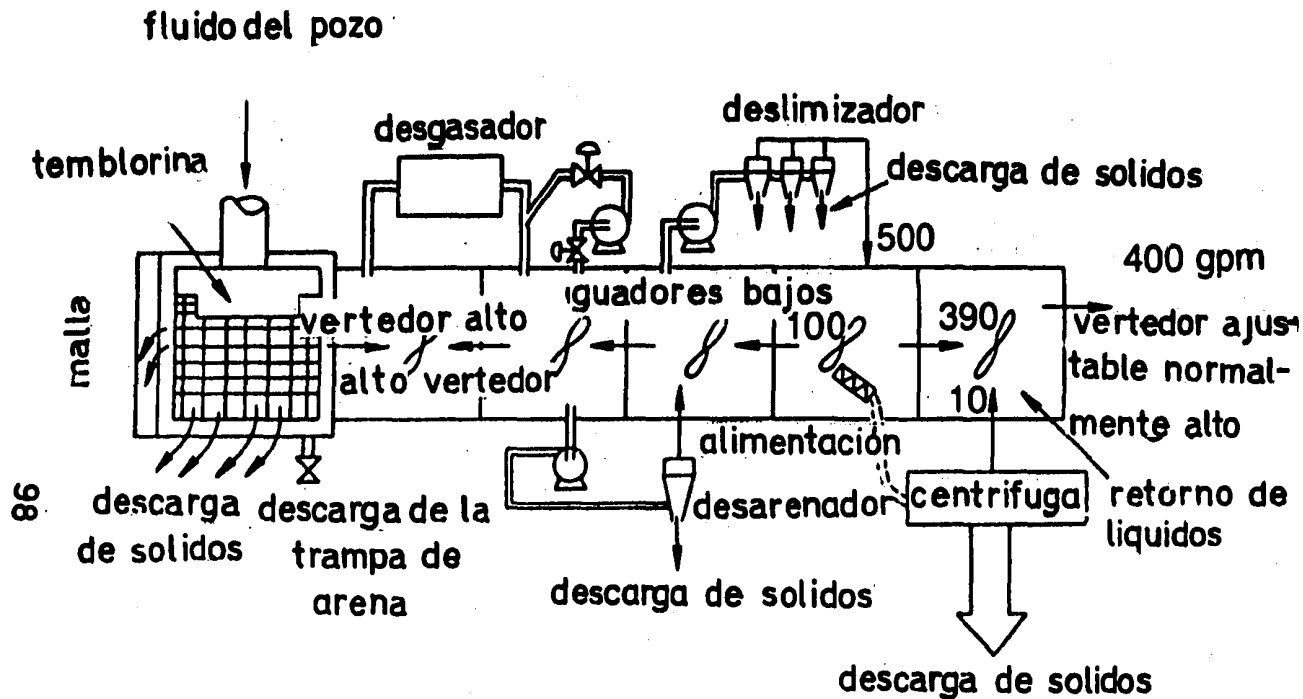


FIG. 28.

Se ha añadido la centrifuga para tratar la corriente activa de un lodo de baja densidad. La centrifuga debe tomar la succión del compartimiento de descarga del decantador y descargar al siguiente compartimiento corriente abajo. Los sólidos son descargados a 45° o a un ángulo mayor.

Si la centrífuga está funcionando en un sistema activo en el que no están trabajando los hidrociclones, debe procesar una porción mayor del gasto circulante en el equipo de perforación, de preferencia el 100%.

Puede utilizarse una centrífuga de decantación en un sistema de lodo de baja densidad para decantar el gasto reducido que podría establecerse en los hidrociclones fig. 29. Para esta aplicación los fondos de los conos deben operarse tan húmedos como sea posible haciendo que el fondo de los conos tenga la abertura mayor y la presión hidrostática (carga) adecuada, pero no deben exceder la capacidad de líquido de la centrífuga. Para una centrífuga que opere a volúmenes bajos esta sería una aplicación mucho mejor que la de apagar los hidrociclones y hacer funcionar la centrífuga en el sistema activo. Esto ocurre típicamente debido a que el gasto de remoción de sólidos de la perforación por medio de un con junto de hidrociclones que funciona adecuadamente es mayor que el gasto de remoción de sólidos por medio de una centrífuga de bajo volúmen que funcione en un sistema activo. Si los hidrociclones no están descargando suficiente cantidad de líquido/sólidos a una carga adecuada a la centrífuga, debe utilizarse una cantidad de lodo adicional del derrame, como aparece mostrado en la Fig. 29. Hacer funcionar la centrífuga con el gasto reducido del hidrociclón reduce el volúmen del líquido descargado y puede reducir el costo del lodo. El poner a trabajar una centrífuga de decantación en el gasto reducido del decantador no cambia la disposición de éste. Esta disposición es muy efectiva cuando la fase fluida es cara como en el caso de lodos con KCl, polímero y base aceite. Es también efectivo en lodos base agua ligeros cuando el volumen de agua usado debe ser minimizado. Nunca debe usarse en lodos a base de agua altamente pesados puesto que los sólidos descargados por la centrífuga serán principalmente barita.

fluido del pozo

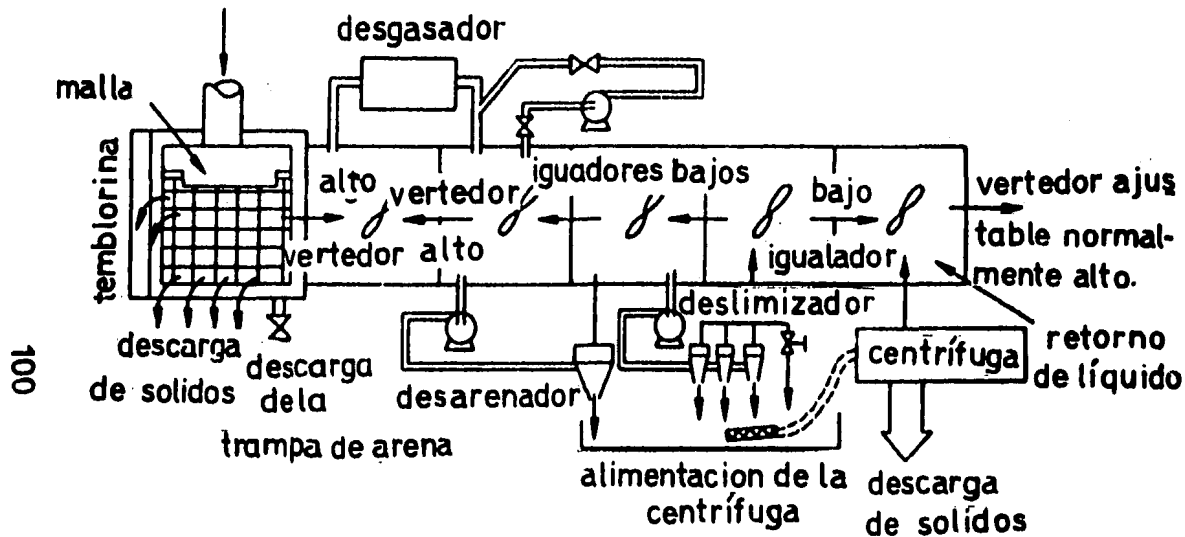


FIG. 29.

En esta figura la centrifuga está procesando el gasto reducido de los hidrociclones. El líquido regresa al compartimiento mostrado y los sólidos son desechados. Sin embargo, la centrifuga se puede dañar debido al contenido de arena del gasto reducido. Este proceso se usa para mantener al mínimo los volúmenes de la presa de reserva.

Los todos de los hidrociclones superior e inferior pueden mezclarse para incrementar la remoción de sólidos.

Una centrífuga de decantación también puede usarse para procesar el gasto reducido de un limpiador de lodo. Esto es el mismo proceso que aparece mostrado en la fig. 29, con excepción de que una malla fina reduce la carga de arena en la centrífuga.

DISPOSICION DE LA CENTRIFUGA PARA LODOS DE ALTA DENSIDAD.

La centrífuga a la vez que se usa en un sistema de alta densidad para mantener su peso, también reduce la viscosidad del lodo. Frecuentemente se justifica económicamente al comparar la cantidad de barita descargada a causa de la dilución al costo de operación de la unidad. La viscosidad del lodo es controlada descargando los sólidos coloidales en la corriente de líquido y añadiendo agua y bentonita al lodo. Se retienen la barita y otras partículas de tamaño de decantación.

Sería antieconómico e impráctico descargar una proporción muy grande del líquido y arcillas coloidales de cualquier circulación. Por esta razón, la mayor parte de las centrífugas que funcionan en un proceso de lodo pesado procesan sólo una pequeña porción (típicamente entre el 3 y el 15%) del sistema activo. Pero al igual que otras partes del equipo que toman la succión del sistema activo, la centrífuga debe tomar la succión de un compartimiento corriente arriba del compartimiento de descarga (fig. 30). Esto asegura que el lodo no sea reprocesado.

Hay varias características de las centrífugas de decantación que vale la pena hacer notar. La primera es que típicamente producen una descarga de sólidos pesados sin agua - muy similar a una pasta espesa. Estos sólidos no se deslizan en un plano inclinado que tenga menos de 45° con respecto a la horizontal. En un sistema de lodo de alta densidad, esta descarga regresa a un tanque y rápidamente se asentará en el fondo del compartimiento si no se agita bien. Una vez

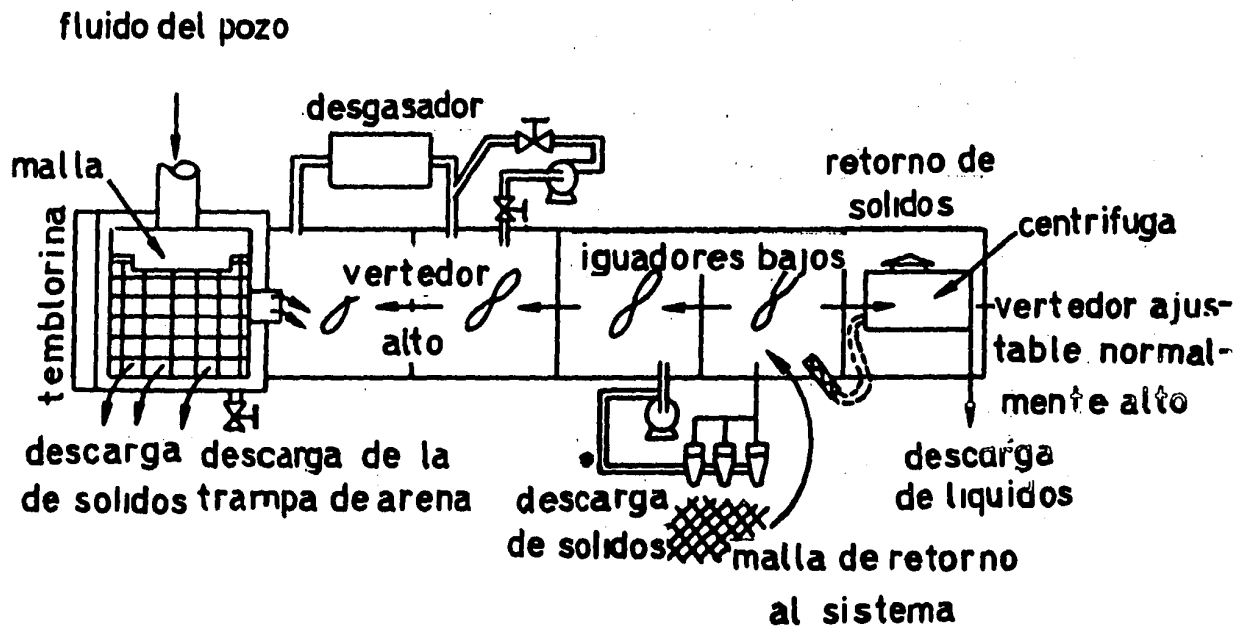


FIG. 30.

Instalación para procesar un sistema de lodo pesado base agua. Los sólidos de la centrifuga deben añadirse a una parte bien agitada del tanque a un ángulo de 45° o mayor. La centrifuga se usa para reducir la viscosidad del lodo desechando arcillas coloidales. El limpiador de lodo desecha sólidos del tamaño de arena para reducir una pegadura diferencial y el desgaste del equipo.

en el fondo, es muy difícil volver a suspender en el líquido el material pesado. Para reducir la inercia de los sólidos - que tienden a asentarse y para permitir un tiempo suficiente de agitación, la centrífuga debe descargar a un compartimento que tenga un nivel ligeramente mayor de lodo y a una distancia ligeramente corta para hacer que los sólidos caigan - a través del aire un tramo relativamente corto. De otra forma los sólidos que caen alcanzan una velocidad suficiente para ingresar a la corriente de lodo y llegan al fondo antes - de que sean agitados para formar la suspensión.

ANEXO

Listado

```

LIST
10 PRINT "PROGRAMA
    PARA CALCULAR
    EL CONTENIDO DE
    BENTONITA"
20 INPUT A,B,C,D,E
    F,G
30 PRINT "A ES MBT
    (LB/BL):"A
40 PRINT "B ES ABC
    (LB/100LB):"B
50 PRINT "C ES % A
    GUA:"C
60 PRINT "D ES % A
    ACEITE:"D
70 PRINT "E ES CEC
    (LB/BL):"E
80 PRINT "F ES PPM
    "F
90 PRINT "G ES MM(
    LS/6AL):"G
100 H=D*(1+((G.87*1
    07-7)*F))
110 I=100-D-C
120 J=1*(F*(1.06*10
    7-6))
130 K=((100*(G/8.34
    ))-(H*J)-(.94*0
    ))/1
140 L=((1*(4.25-K))/
    1.55
150 M=((K*(1/10))-C
    2.6*(1/10))/-1.
    7)*91.1638
160 O=I-L
    
```

Ejecución

```

RUN
PROGRAMA PARA CALCUL
AR EL CONTENIDO DE B
ENTONITA
?
12
?
13
?
82.2
?
0
?
8
?
6000
?
12.5
A ES MBT(LB/BL) 12
B ES MBC(LB/100LB) 1
J
C ES % AGUA 82.2
D ES % ACEITE 0
E ES CEC(LB/BL) 9
F ES PPM 6000
G ES MM(LB/6AL) 12.5
H ES 22.5388284VZSM
I ES 17.8VZSS
J ES 1.806366SSM
K ES 3.7537258756SSP
L ES 5.353745106VZBD
M ES 857.3030076CONT
BD(LB/BL)
O ES 12.44625469VZBA
P ES 185.4491979CONT
BA(LB/BL)
Q ES 2.977036756CONT
BE(LB/BL)
R ES 0.3387018618VZB
E
S ES 2.37670835VZSP
T ES 21.39837515CONT
SP(LB/BL)
    
```

ANEXO.

"Programa para calcular el contenido
de bentonita comercial"

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Ahora que se ha explicado la disposición de las diferentes piezas de equipo de control de sólidos, pueden presentarse varios principios que se requieren para un control satisfactorio de los sólidos por fluidos de perforación.

Tratamiento Secuencial.

El equipo de control de sólidos debe disponerse de tal manera que cada pieza remueva sucesivamente sólidos cada vez más finos. Aún cuando todo el equipo en la siguiente lista puede no ser necesario, las disposiciones más comunes son las siguientes:

Para Lodo Ligero

Agitador de recortes
Desarenador
Decantador
Centrífuga

Para Lodo Pesado

Agitador de recortes
Limpiador de lodo
Centrífuga

Compartimientos de Agitación.

Cada uno de los compartimientos, con excepción de la trampa de arena, deben estar bien agitados para proporcionar una carga de sólidos uniforme al equipo. Si se usan pistolas de lodo, deben disponerse de tal manera que el flujo no se devíe del equipo de control de sólidos.

Disposición.

Cada una de las piezas del equipo de control de sólidos debe disponerse de tal forma que la succión se tome de un compartimiento corriente arriba del compartimiento de --descarga del equipo. Es decir, debe haber una pared o divi-

sión (con una abertura igualadora) entre la succión y el compartimiento de descarga.

Contraflujo a través del igualador.

El flujo a través del igualador entre la succión y la descarga del equipo debe ser desde el compartimiento de descarga al compartimiento de succión. Si está en la otra dirección, entonces esta cantidad de flujo está siendo desviada del equipo. Si no ocurre contraflujo, entonces el régimen de flujo que entra en el compartimiento de succión (debido al régimen de circulación del equipo de perforación, de las pistolas de lodo o de la descarga de otra parte del equipo) es mayor que el régimen de flujo procesado por el equipo. En el campo, la dirección del flujo a través de los igualadores puede determinarse usando una veleta o una varilla con un indicador (véase Fig. 31) que gire dependiendo de la dirección del flujo.

Finalidad del trabajo de la bomba

El equipo de control de sólidos debe ser instalado de tal manera que sólo haya una forma posible de hacer funcionar el equipo. Para cada bomba sólo debe haber un botón que oprimir para un motor eléctrico o un motor diesel que poner en marcha. La válvula de descarga debe abrirse lentamente para comenzar la operación de la unidad de control de sólidos. La regulación de las líneas de succión o de descarga - muy raras veces dá como resultado un funcionamiento efectivo del equipo de control de sólidos (FIG. 32).

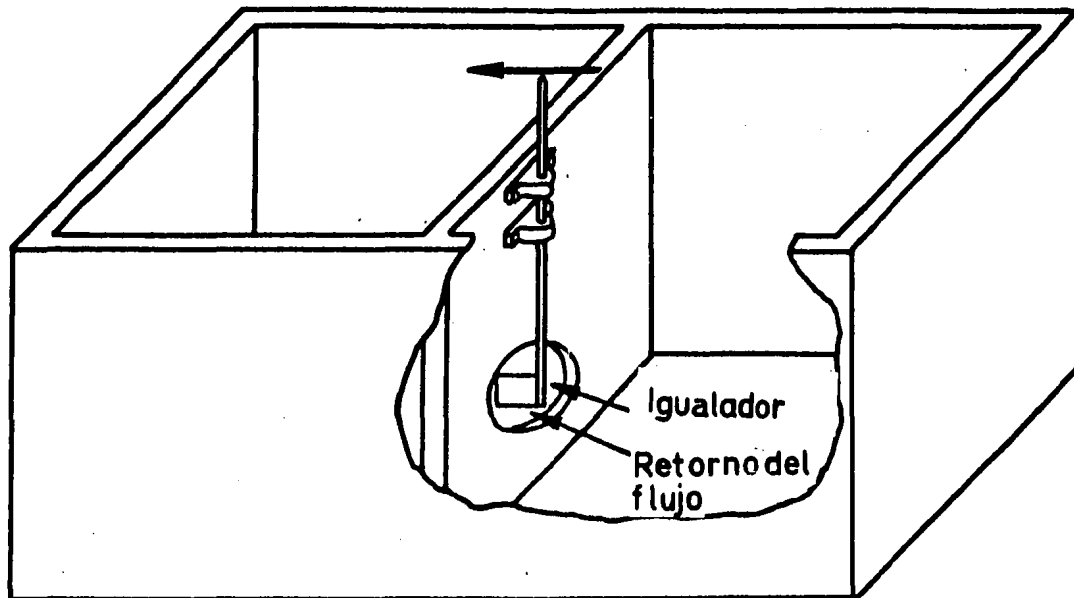
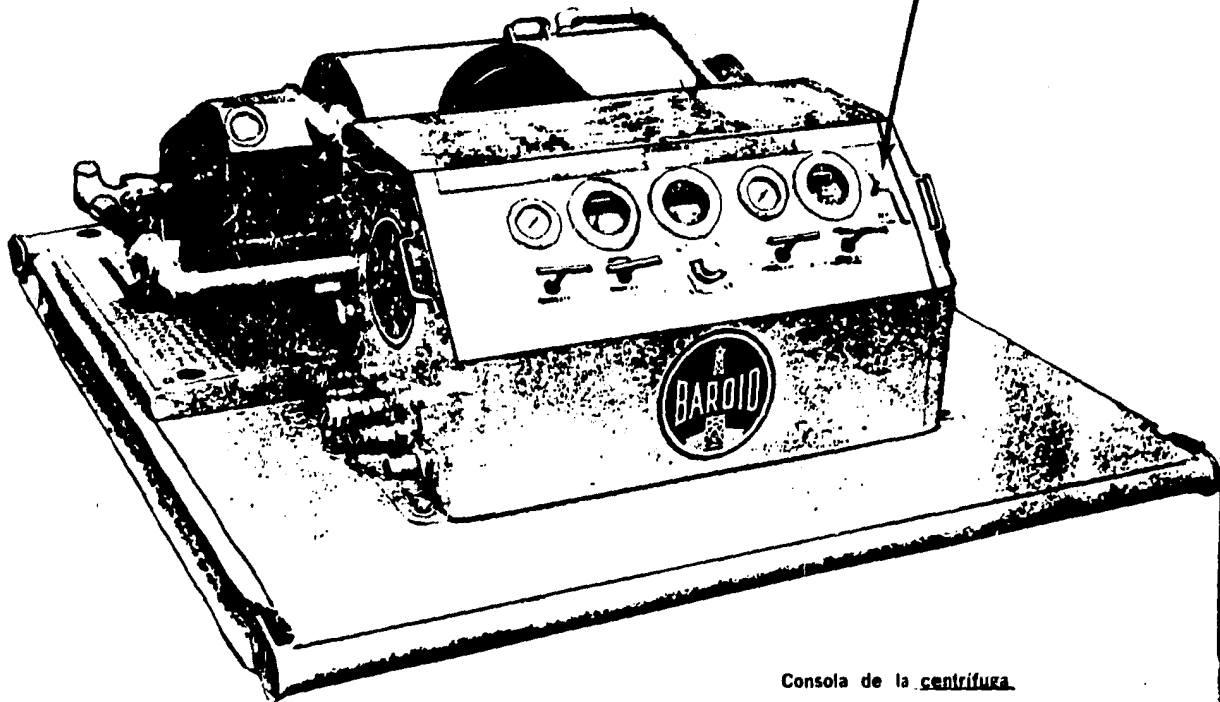


FIG. 31.

Un indicador de la dirección de flujo debe usarse en el flujo igualador entre los compartimientos para saber el sentido del flujo a través del equalizador sumergido.

Válvula selectora de la bomba del lodo



Consola de la centrifuga.

FIG. 32

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Anderson D. B. y Estes J. C.
"Review of low solids mud control gives
new insights"
World Oil
Abril 1981

2. Young A. Grant y Robinson H. Leon
"How to design a mud system for optimum
solids removal"
World Oil
Septiembre 1982

3. Young A. Grant y Robinson H. Leon
"How to design a mud system for optimum
solids removal"
World Oil
Octubre 1982

4. Young A. Grant y Robinson H. Leon
"How to design a mud system for optimum
solids removal"
World Oil
Noviembre 1982

5. *Apuntes de Fluidos de Perforación*
Ing. Miguel Angel Benítez Hernández
Facultad de Ingeniería, UNAM

6. Robinson H. Leon
"A method to evaluate solids equipment
performance"
World Oil
Febrero 1, 1985

7. Estes J. C. y Anderson D. B.
"New methods for low-solids mud control"
Petroleum Engineer International
Septiembre 1984

8. Estes J. C. y Anderson D. B.
"New methods for low-solids mud control"
Petroleum Engineer International
Octubre 1984

9. Siegel Ben

"Hand-held calculators augment optimized
drilling programs, part 1, Solids Analysis"

Petroleum Engineer International

Marzo 1982

E R R A T A S

PAG.	LINEA	PARRAFO	DICE	DEBE DECIR
2	3	2	barrera	barrena
2	2	3	inforpora	incorpora
15	12	1	celocidad	velocidad
39	1	2	comportamiento	compartimiento
39	3	2	comportamiento	compartimiento
39	10	2	comportamiento	compartimiento
40	3	1	comportamiento	compartimiento
42	2	1	comportamiento	compartimiento
50	8	4	este	esté
71	7	2	unico	único
88	7	3	llega	llegue
88	10	3	embargue	embrague
91	19	1	fluido	flujo.