

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA

de Petróleo y Petroquímica

**“IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS
DE CONTROL DE SÓLIDOS Y GAS
DURANTE LA PERFORACION DE
POZOS COSTA-AFUERA DEL
NOROESTE DEL PERU”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN
EN INGENIERIA DE PETRÓLEO**

BACILIO ANTONIO AMORRORTU TORRES

PROMOCION 1975 - 2

Lima - Perú - 1,976

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA DE PETROLEO Y DE
PETROQUIMICA

"IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE SOLIDOS Y
GAS DURANTE LA PERFORACION DE POZOS COSTA-AFUERA
DEL NOROESTE DEL PERU"

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLER EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN INGENIERIA DE PETROLEO

BACILIO ANTONIO AMORRORTU TORRES

PROMOCION 1975-2

LIMA - PERU

CON TODO CARIÑO A
MI QUERIDA
ESPOSA.

A MIS PADRES
ABUELITA Y
HERMANOS .

AL SR. JOHN DARWENT
GERENTE DE LA COMPA
ÑIA SOUTHERN MARINE
DRILLING, BAJO CUYA
AUTORIZACION SE REA
LIZO EL PRESENTE
TRABAJO.

AL SR. SUPERINTENDENTE
GORDON VILLANUEVA, SU-
PERSISORES Y TODO EL
PERSONAL DE LA COMPA -
ÑIA SOUTHERN MARINE DRI ,
LLING QUE HICIERON PO-
SIBLE LA EJECUCION DE
ESTE TRABAJO.

AL ING. MIGUEL MOLLINEDO
CUYA AYUDA FUE FUNDAMEN-
TAL A LA REALIZACION DE
ESTE TRABAJO

A MIS PROFESORES Y
AMIGOS EN
GENERAL

"IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE SOLIDOS Y
GAS DURANTE LA PERFORACION DE POZOS COSTA-AFUERA
DEL NOROESTE DEL PERU"

I N D I C E

CAPITULO I : INTRODUCCION

CAPITULO II DESCRIPCION DEL FLUIDO DE PERFORACION Y
FUNDAMENTO DEL CONTROL DE SOLIDOS Y GAS
EN LAS OPERACIONES COSTA AFUERA DEL NOR
OESTE DEL PERU.

CAPITULO III : DESCRIPCION Y ARMADO DE LOS EQUIPOS DE
CONTROL DE SOLIDOS Y GAS EN UN EQUIPO DE
PERFORACION COSTA AFUERA- DEL NOR- OESTE
DEL PERU.

CAPITULO IV : TRABAJO OPERATIVO DE LOS EQUIPOS DE CON
TROL DE SOLIDOS Y GAS Y RECOMENDACIONES
PARA REDUCIR PROBLEMAS EN LA PERFORACION
DE UN POZO COSTA-AFUERA DEL NOR-OESTE -
DEL PERU.

CAPITULO V : CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO IINTRODUCCION

La importancia que cumplen los Equipos de Control de Sólidos y Gas en la Perforación de un pozo petrolero en general y específicamente con los que cuentan los Equipos de Perforación de la Compañía Contratista en Perforación Southern Marine Drilling C° que operan en las costas afuera del Nor-Oeste del Perú es el tema que presento en este trabajo.

Cabe destacar que esta Compañía Contratista en Perforación trabaja en Contrato para la Compañía Operadora Belco Petroleum Corporation Of Peru y sus Equipos de Perforación trabajan montados sobre Plataformas fijadas al Fondo Marino en el área correspondiente a la Compañía Operadora anteriormente mencionada hoy en día según Contrato Modelo-Perú con Petróleos del Perú.

La presentación de este trabajo ha sido posible gracias a la ayuda e información que me ha brindado la Compañía Contratista Southern Marine Drilling C°.

Siendo de suma importancia en el éxito de la perforación de un pozo petrolífero el de mantener propiedades óptimas del fluido de perforación para satisfacer sus propósitos. La Industria del Petróleo a nivel mundial continúa perfeccionando los elementos que constituyen un

Equipo de Perforación en general capaz de satisfacer los requerimientos del fluido de perforación para determinadas condiciones del pozo.

Es así como el control de sólidos y presencia de gas en el fluido de perforación se lleva a cabo eficientemente con la operación de los equipos de quienes me ocupó en este trabajo.

Presento primero una descripción del fluido de perforación utilizado en las operaciones costa afuera del Nor-Ceste del Perú con el fin de destacar en su inyección el control de Sólidos y presencia de gas que pudiese hacerse en el fluido según las características que éste y el pozo presenten.

Luego hago incapié a la descripción propiamente dicha de los Equipos de control de Sólidos y Gas y su armado.

Como elementos de un Equipo de Perforación de la Compañía Contratista en Perforación Southern Marine Drilling Co que opera montado sobre una plataforma fijada al fondo marino.

Y por último enfoco en la perforación de un pozo petrolífero el trabajo operativo de estos Equipos para aliviar o conjurar problemas de perforación que pudiesen presentarse y que en algunos casos constituyen problemas que imposibilitan la continuación de la perforación del pozo.

Espero que el trabajo que presento a continuación sea lo suficiente capaz como para ilustrar uno de los temas que he considerado de mucha importancia dentro del desarrollo de una de las Etapas decisivas de la Industria Petrolera como lo es la Perforación que se está desarrollando hoy en día en nuestro Zocalo Continental Norte con el fin de satisfacer el creciente déficit energético que nos aqueja en lo que concierne al Petróleo como materia prima.

CAPITULO II

Antes de describir el fundamento del control de sólidos y gas en las Operaciones Costa-Afuera del Nor-Ceste del Perú he creído conveniente para una mejor captación del tema que trato de ilustrar, hacer una descripción del fluido de perforación utilizado en esa área de trabajo, con el fin de entender mejor el por qué se lleva a cabo un estricto control de sólidos y gas en el fluido de perforación específicamente cuando éste retorna del pozo llevando consigo los cortes de la perforación.

El control de sólidos y gas en un fluido de perforación no sólo se lleva a cabo en esta área de Operación, es hoy en día un control indispensable que se hace a toda clase de fluidos de perforación de pozos de petróleo y de gas en todas las áreas del globo terrestre donde se está perforando y especialmente en los campos de exploración y todo esto con el fin de mantener al fluido de perforación en óptimas condiciones para ser circulado.

El fluido de perforación utilizado en las operaciones Costa-Afuera del Nor-Oeste del Perú, es un lodo inhibidor de base agua de mar y dentro de esta variedad de lodo un sistema lignosulfonato de base agua de mar. Las características del fluido de perforación las describo seguidamente para mas adelante analizar propiamente el fundamento de control de sólidos y gas.

LCDOS INHIBIDORES

Un lodo inhibidor es aquel que no altera apreciablemente una formación después que ésta ha sido perforada por la broca, esto quiere decir que resiste la desintegración e hidratación de los sólidos de perforación, hidratación de arcillas comerciales y estabiliza el hueco.

Cuando las arcillas o lutitas se hidratan o toman agua existe menos agua disponible en el sistema para la inclusión de sólidos adicionales de cualquier tipo. Con esto en mente se ve claro que el lodo de base agua fresca y de bajo PH, está limitado a pesos por debajo de 12 libras por galón. El control de viscosidad y de esfuerzo Gel a densidades mayores será mas dificultoso y costoso, por la misma razón el medio ambiente químico de los lodos de agua fresca de bajo PH no protege las formaciones perforadas, el filtrado que se va perdiendo en la formaciones no inhibidor y permite la hidratación de las arcillas y lutitas en el hueco y facilita el agrandamiento del hueco. Para vencer este efecto se hacen adiciones químicas con el objeto de producir un medio ambiente inhibidor antes de perforar esas lutitas.

Un lodo de base agua inhibidor se forma por dos métodos:

- 1.- Por la adición de varios electrolitos, y
- 2.- Por la adición de ciertos adelgazadores en cantidades

suficientes para retardar la hidratación.

Se ha notado que si el agua para el mezclado del lodo contiene una alta concentración de sal o calcio las arcillas no hidratan. Nosotros hacemos uso de este fenómeno para hacer un sistema de lodo inhibidor agregando a propósito sal de sodio o calcio al fluido de perforación. Los lodos de agua salada inhibidores usan cloruro de sodio para alcanzar esta inhibición. En lodos tratados con calcio se puede usar caliza o cal o cloruro de calcio para alcanzar inhibición, y son llamados lodos - Lime, lodos GYP que son lodos para controlar lutita. La inhibición puede ser obtenida por una alta concentración de adelgazadores llamándole a este tipo de lodo Sistema Lignosulfonato. El Sistema de Lodo inhibidor también imparte propiedades especiales al fluido de perforación y estas son: baja viscosidad, bajo gel, mayor tolerancia para sólidos y resistencia a la contaminación. Su principal aplicación es en la perforación de formaciones de lutita y arcilla con lodos pesados. La hidratación de estas lutitas y arcillas es recargado lo que resulta un hueco más estabilizado, los problemas de derrumbe y hueco ajustado son mejorados en adición de los lodos inhibidores permitiendo pesos de lodo máximo a la más baja viscosidad. Los lodos son también usados en área donde la contaminación es también un problema tal como sales, cemento y anhidrita, pueden ser perforados exitosamente con este tipo de lodo.

En la discusión de sistemas de lodos inhibidores es muy importante tener en cuenta un punto por la conversión del lodo a poca profundidad (no se recomienda convertir el lodo en inhibidor a poca profundidad es decir a la profundidad de forros de superficie).

El lodo sin tener en cuenta la profundidad necesita ser suficientemente bueno para realizar el trabajo requerido en una sola forma segura en la perforación del hueco superficial que normalmente se hace rápido; el único método práctico en la remoción de cortes es el dispersando éstos completamente en el lodo tan rápido como sea posible y la única manera de alcanzar esto es usando grandes cantidades de agua. Puede ser usado un dispersante para ayudar a dispersar los cortes pero no para reemplazar el agua, esto implica a hacer lodo a partir de la formación que se perfora y desde que las propiedades del lodo no son inicialmente importantes en esta parte del hueco, es completamente satisfactorio y económico para el manejo de los cortes.

Si por otra parte se decide correr un lodo inhibidor bajo estas condiciones en hueco de superficie existirán posibilidades grandes de broca empaquetada debido a la gran cantidad de cortes que están entrando al lodo por barril que se está circulando; los cortes siendo suaves tienen la tendencia a querer quebrarse, dividirse o dispersarse pero el medio ambiente inhibidor les preveniría hacer esto teniendo como resultado una masa viscosa plástica alrededor de la broca y botellas haciendo

que éstas se atasquen en el fondo del hueco.

Los efectos de viscosidad deseados en las características de inhibición son resultado del medio ambiente químico. El comportamiento de una arcilla bentonítica en presencia de calcio es de primera importancia.

Los lodos tratados de calcio tienen ciertas limitaciones siendo una de las principales la temperatura en exceso de 275°F, los lodos de calcio no sólo proveen la estabilidad necesaria del hueco, aún a bajas temperaturas. Para vencer esta limitación de temperatura de los lodos de calcio se desarrollaron los lodos surfactantes los cuales solucionaron el problema de la temperatura, pero crearon otros adicionales como costo excesivo, que implica químicas adicionales para el control de filtrado; con todas estas limitaciones se comenzó a necesitar un lodo más económico y versátil, todo esto es importante en caso de perforaciones profundas como las que se llevan a cabo actualmente.

Los sistemas lignosulfonatos vencían muchas de las propiedades de los lodos tratados con calcio y los lodos surfactantes y desarrollaron otras propiedades que no podían ser alcanzadas por estos lodos como inhibición química simple, estabilidad del hueco con la temperatura, excelente control del filtrado, resistencia a la contaminación y versatilidad. En la actualidad el sistema lignosulfonato es el lodo inhibidor de base agua

mayormente usado. Los lodos lignosulfonatos no se convertirán en lodos inhibidores al menos que contengan en su composición una concentración suficiente de lignosulfonatos para obtener inhibición.

La versatilidad de estos adelgazadores hace que el lodo sea práctico para usarlo desde la iniciación de la perforación hasta el final. La concentración de química puede ser variada para estabilizar el lodo bajo cualquier condición de perforación. Cuando cualquier condición de perforación es crítica se necesita mayor estabilidad de lodo lo que implica mayor estabilidad del hueco, simplemente se cuenta la concentración química para alcanzar el comportamiento deseado, esto elimina la conversión a otro tipo de lodo.

Los lodos lignosulfonatos pueden ser usados a cualquier densidad y a temperaturas altas han sido usados para la perforación de formaciones con problemas de lutita y de contaminación.

EFFECTOS DE LOS LIGNOSULFONATOS EN LAS PROPIEDADES REOLOGICAS DEL LODO.-

Cuando los bordes del asiento de las partículas de arcilla son neutralizados por absorción de un dispersante como un lignosulfonato, las partículas se convierten en menos reactivas y pierden mucho su habilidad a juntarse o reunirse; como consecuencia la viscosidad y el esfuerzo Gel decrecerá. El alto esfuerzo Gel y viscosidad permanecerá inalterable y un tratamiento químico nunca será usado para intentar reducir la viscosidad.

Tratamientos químicos con lignosulfonatos son aplicados especialmente en el control de viscosidad y esfuerzo de Gel a altas temperaturas. El aumento de la temperatura causa un aumento a la tendencia de la floculación y como consecuencia una alteración de las propiedades del fluido. Con lignosulfonatos son absorbidos los bordes de las arcillas empaquetadas en una solución suprimiendo la tendencia a la floculación por el cambio de cationes; la normal tendencia de las arcillas es flocular a elevadas temperaturas y esto es reducido. Es decir el lignosulfonato elimina el efecto de floculación a elevadas temperaturas.

LODOS DE BASE AGUA DE MAR.-

Debido a factores económicos y de logística se usa el agua de mar como agua para mezcla de lodo o agua de tratamiento. Distintos tipos de lodo han sido empleados con agua salada, en la actualidad los lodos de lignosulfonatos se usan con agua de mar ya que ofrecen ciertas ventajas y es éste el tipo de lodo utilizado en las perforaciones Costa-Afuera del Nor-Oeste del Perú de quien hago mención en este tema.

LODOS DE MAR.-

Los lodos de mar son sistemas que vencen la mayoría de los problemas cuando el lodo se contamina de sal a pesar que el nombre del sistema implica de base agua de mar, no está limitado ésta. Los productos y tecnología tienen aplicación en cualquier lodo salado sin im -

portar la concentración de sal, ellos también se usan después que se ha perforado sal o cuando se tiene un flujo de agua salada al perforarse con un lodo de agua fresca o dulce.

La mayoría de los problemas asociados con los lodos de base agua salada son causados por cantidades normales de magnesio y calcio disueltas en el lodo. Estos iones pueden ser controlados y removidos formando precipitados y solubles lo cual se lleva a cabo más fácilmente formando el hidróxido de magnesio y el hidróxido de calcio por una aplicación de alcalis o soda cáustica o hidróxido de bario. La soda Ash o bicarbonato de sodio son de poco valor y uso si se trata de disminuir la dureza del agua de mar. La mayoría de la dureza del agua de mar es debida al magnesio, el carbonato de magnesio es relativamente soluble pero el calcio sin embargo será removido como carbonato de calcio insoluble. Es por esta razón que alcalis son usados en vez de soda Ash o bicarbonato de sodio.

PREPARACION Y MANTENIMIENTO.-

Durante la perforación del hueco de superficie la viscosidad es obtenida de los mismos sólidos de perforación o arcillas comerciales; el lodo es tratado en la manera normal usando tratamientos ligeros de lignosulfonatos, soda cáustica y bentonita, o el detergente así como la cantidad adecuada de agua agregada al sistema y tratamiento de bentonita asegura buenas propieda

des de filtrado y buen control de solidos. A la profun-
didad que comienza a tratarse el lodo se recomienda a-
gregar cada dos circulaciones 3.5 libras de alcalis, 2
libras de soda caustica, 1.5 de carbonato de calcio y
4 libras de bentonita por barril para mantener la visco-
sidad y estabilizar el filtrado. Cuando se usa aceite,
se agrega un producto salino para emulsificar el acei-
te apropiadamente. En la mayoria de los agentes emulsi-
ficantes pierden su eficiencia a altas concentraciones
de sal pero ese producto salino esta especialmente di-
senado para ser agregado a lodos salados. Ha sido efec-
tivo para estabilizar propiedades de flujo y para ba-
jar el filtrado. En adiccion el producto salino actua
frecuentemente minimizando la desintegracion de los -
cortes y liberándolos , resultando en un menor aumento
de solidos y un mejor consumo de baritina. El manteni-
miento quimico requerido dependera del volumen de lodo
total, formaciones que se estan perforando, rata, y
las propiedades del lodo deseadas.

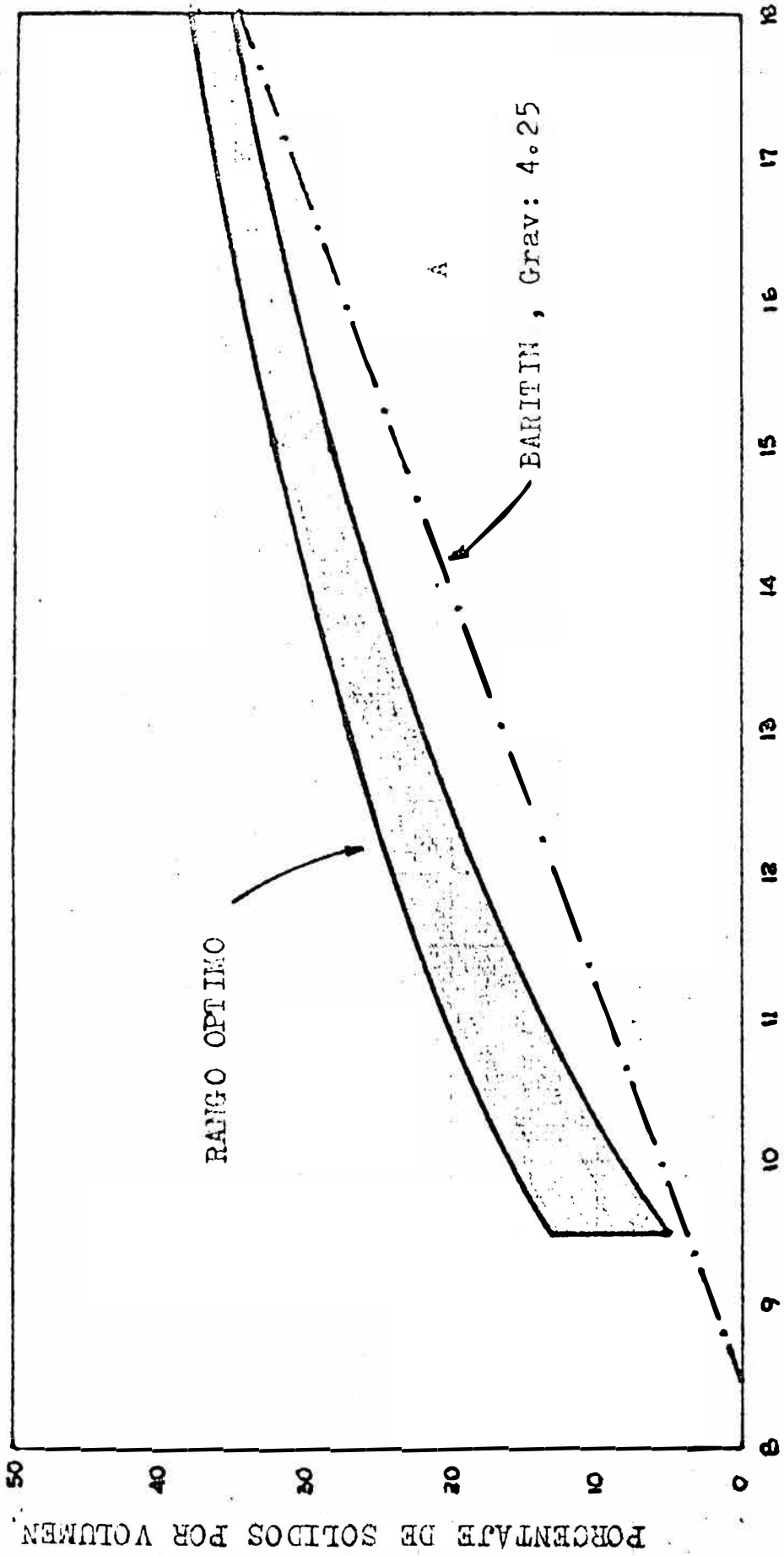
Como en la mayoria de los lodos el control de
la concentracion en el valor correcto para un peso de
lodo particular tambien sera requerido para un peso de
lodo e implica un porcentaje tal de sólido.

La figura 1 muestra el mejor rango de operacion
que es requerido cuando se opera con lodos de base a -
gua de mar. Dice la adiccion de agua para controlar los
solidos debe estar en relacion con la rata de perfora-
cion y esta agua sera agregada antes del cedazo o des-

GRAFICO QUE ILUSTR A EL RANGO OPTIMO DE PORCENTAJE DE SOLIDOS POR VOLUMEN PARA UN LODO INHIBIDOR DE

AGUA DE MAR

INFLUENCIA DE LA BARITINA EN EL % DE SOLIDOS



PESC DEL LODO EN LIBRAS POR GALON

Figura 1

pues del cedazo pero no a través de él.

Lo más importante es el control de la alcalinidad del filtrado, ésta debe estar entre 1.3 y 1.5 cc. y la alcalinidad al lodo entre 3.0 y 3.3 cc. con la respectiva adición de alcalis. Ocasionalmente se requerirá alcalinidades del filtrado y lodo algo mayores cuando se está perforando una arcilla muy pegajosa como la del tipo "GUMBO".

Habiéndose descrito el lodo inhibidor como sistema lignosulfonato de base agua de mar; que es el lodo utilizado en las operaciones que se hace referencia, se ilustra a continuación los fundamentos del Control de Sólidos y Gas que es el propósito de este tema.

CONTROL DE SOLIDOS

La mayoría de los fluidos de perforación son clasificados como lodos de base agua (el fluido descrito anteriormente será lodo de base agua de mar); ya que contienen una fase líquida continua de agua y material arcilloso en suspensión es por esta razón que antes de ilustrar el fundamento del control de sólidos y gas, quiero hacer un enfoque de las fases y/o componentes de un fluido de perforación específicamente del fluido al que está relacionado este tema. Las fases o componentes básicos del fluido tratado son:

- 1 - Fase líquida. - Constituida por el agua de mar y un porcentaje mínimo de aceite.
- 2.- Fase de sólidos reactivos. - Arcillas comerciales y

los sólidos cortados por la broca conforman esta fase.

- 3.- Fase de sólidos inertes.- La baritina es el principal sólido no reactivo del tipo comercial. También cabe destacar sólidos no reactivos cortados por la broca como son: arena, dolomita, etc.
- 4.- Fase de gas.- El lodo cuando se inyecta no cuenta con esta fase, pero al circular por las formaciones que va atravesando la broca como sucede en las operaciones que se hace referencia, surgen presiones anormales en el pozo con presencia de gas el cual retorna a la superficie involucrado en el lodo alterando las propiedades de este y es por esta razón que se hace un control de gas al fluido de perforación como veremos más adelante.

El volumen y tipo de sólidos presentes en un lodo de perforación ejerce una influencia apreciable sobre la densidad, viscosidad y esfuerzo gel (como muestra la figura 2); los cuales a su vez ejercen influencia considerable sobre los costos del lodo y por ende del pozo, rata de perforación y la posibilidad de reventones y de pérdida de circulación.

Es por esta razón que el control de los sólidos en el lodo se convierte en la fase más importante en lo que se refiere a control de lodos y es un hecho que en la actualidad se emplea mucho más dinero para este propósito y es un problema constante todos los días en todos los pozos. Si estos no deseables sólidos de perforación

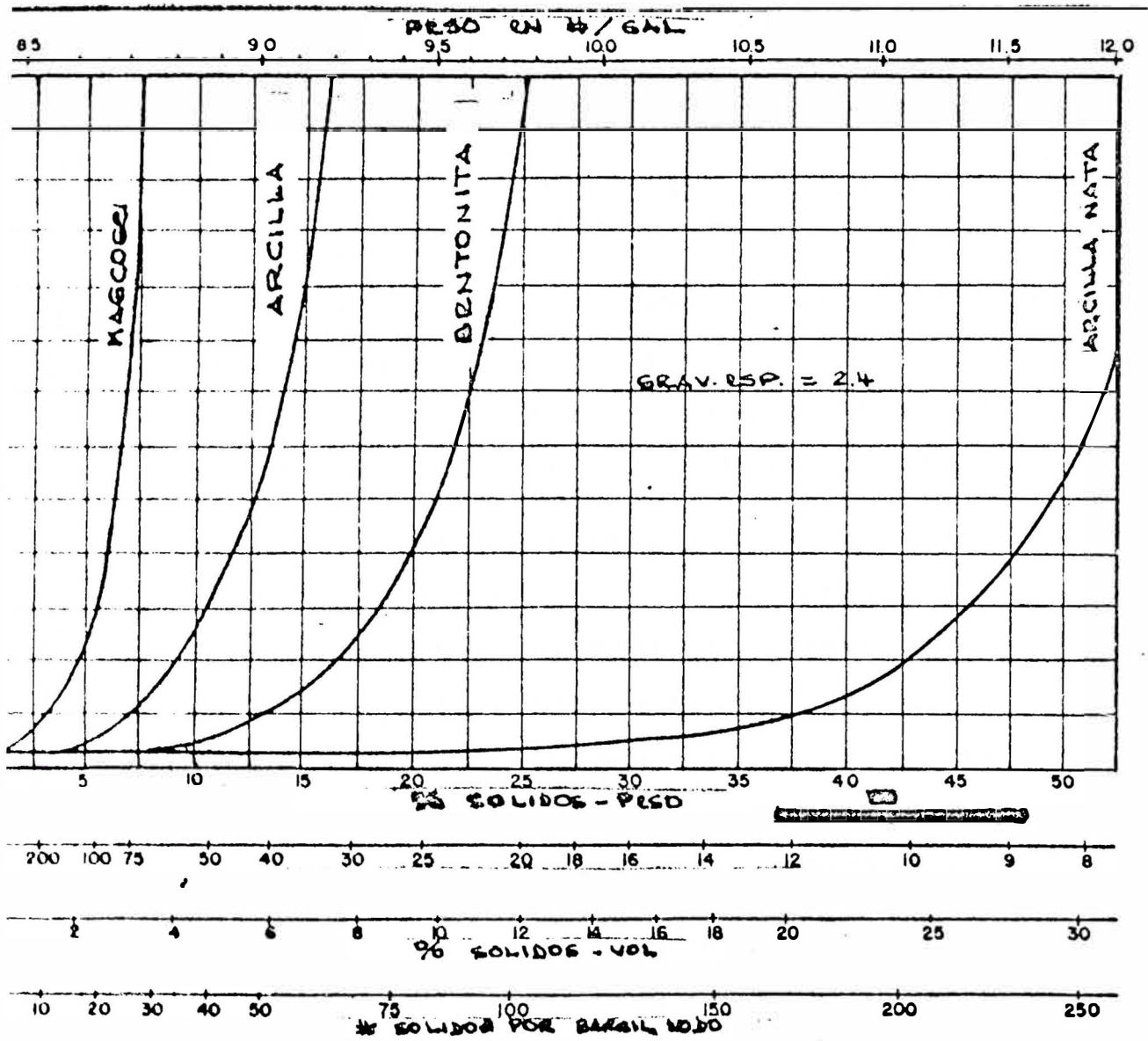


Figura 2

EFFECTOS QUE PRODUCEN DISTINTOS PORCENTAJES DE SOLIDOS POR VOLUMEN SOBRE LA VISCOSIDAD DE UN LODO CON DISTINTAS ARCILLAS

pueden ser separados mecánicamente resulta mas barato que tratar de separarlos químicamente o con agua despues que ellos se convierten en una parte intrínscica del lodo.

Para propósitos prácticos los sólidos de los lodos pueden ser separados en dos grandes grupos:

- 1.- Sólidos de baja gravedad, cuya gravedad específica varía entre 2.5 y 3 ; y
- 2.- Sólidos de alta gravedad cuya gravedad específica está por encima de 4.2 como la baritina.

Los lodos que se hacen de sólidos de baja gravedad pesan entre 8.5 y 12 libras por galon; los lodos de diferentes pesos tendran distintas fracciones diferentes de sólidos de alta y baja gravedad como lo ha mostrado la figura 1, y es ésta la razon por la cual es conveniente hacer primero una descripción del fluido de perforación utilizado en las operaciones Costa-Afuera del Nor-Oeste.

Los lodos mas pesados deberan contener generalmente menor cantidad de sólidos de baja gravedad que los lodos mas livianos. En perforación de pozos profundos o pozos donde las gradientes de presión son por lo comun anormales como sucede con el caso del area de operaciones que se trata en este tema, se requiere de lodos mas pesados y por lo tanto el control de solidos y el control del gas como veremos mas adelante se convierte en una fase de mucha importancia. Esto tambien es verdad en lodos livianos y se desea una alta rata de perforación.

MÉTODOS DE SEPARACION DE SÓLIDOS.-

El control de sólidos puede ser afectado a través del uso de los siguientes métodos básicos de separación de sólidos:

- 1.- Decantación con una cantina de asentamiento.
- 2.- Cernido con un cedazo vibratorio.
- 3.- Hidrociclones y
- 4.- Centrífugas.

Todos estos métodos a excepción del cernido son una forma de decantación y por lo tanto están gobernados por leyes físicas de los fluidos. Si el lodo se encuentra en movimiento de tal manera que los esfuerzos de gel son rotos tenemos que el asentamiento por decantación de partículas es gobernada por la Ley de Stokes:

$$V_s = \frac{2 G D_c^2 (P_s - P_m)}{92.6 u}$$

Donde:

- V_s Velocidad de asentamiento en pies/segundo.
 G Aceleración de la gravedad en pies/segundo².
 D_c Diámetro cortado de mayor dimensión en pies.
 P_m Densidad del lodo en libras por pies cúbicos.
 P_s Densidad del lodo descargado en libras por pie cúbico
 u Viscosidad del lodo (0.000673 x V_s) (cps).

Se nota que esta ecuación es una expresión matemática que relaciona eventos comunmente observados , es de -

cuando mas densa es la partícula mas rapido se asienta o cuanto mas grande lo es mas rapido se asienta o cuanto menor es la viscosidad del lodo mayor es la velocidad de asentamiento, tambien si el valor de la gravedad puede ser aumentado mecanicamente la rata de asentamiento aumenta proporcionalmente.

Observaciones de campo demuestran tambien que ratas bajas de flujo y baja viscosidad del lodo facilitarán el asentamiento de las partículas mas grandes y mas pesadas. Por lo tanto la remoción de arena y cortes de perforación por este metodo es práctico y util pero si el lodo contiene baritina esta tambien puede asentarse al mismo tiempo. Partículas de diferentes densidades y de diferentes tamaños podrían tener la misma rata de asentamiento. Una partícula de arena o lutita que sea de 1.5 veces mas grande que una partícula de baritina puede asentarse a la misma velocidad ya sea en una cantina o en un ciclone o una centrifuga. Por lo tanto se hace imposible separar las particulas deseables y las particulas indeseables si estas tienen la misma masa.

Desde un punto de vista de separación de sólidos sería imposible separar una lutita de 60 micrones de una partícula de baritina de 40 micrones usando la técnica de decantación, la única manera por la cual todos los sólidos podrían ser separados de la baritina sería si los sólidos de perforación fueran de un solo tamaño y que toda la baritina fuera del tamaño diferente lo cual en un sistema de lodo de perforación es imposible y no práctico.

Uno puede comenzar a preguntar por qué se usa delimitadores o centrifugadoras si ellos no van a ejecutar un trabajo como nos gustaría a nosotros. La respuesta es obvia, las ventajas sobrepasan las limitaciones para cualquier lodo de perforación siguiendo esta línea de razonamiento se demuestra que los métodos de asentamiento o de decantación pueden ser usados en gran ventaja para separar partículas de diferentes tamaños pero materiales de diferentes tamaños no pueden ser separados en base a densidad eficientemente.

Por lo tanto todos los separadores mecánicos son diseñados para operar con cierto rango de tamaño de partículas para un material dado. Antes de entrar a discutir los métodos y equipos de control de sólidos utilizados en las operaciones Costa-Afuera del Nor-Oeste es necesario tener la idea del tamaño de partículas en un lodo de perforación el cual puede variar en el rango desde una muy pequeña o coloidal a cortes de varias pulgadas.

Debido al tamaño muy pequeño de las partículas se hace difícil hablar en términos de pulgadas por eso se habla en el orden de los micrones. Por lo tanto los sólidos de un lodo pueden ser clasificados fácilmente como lo muestra la figura 3.

Figura 3

MEDIDAS APROXIMADAS EQUIVALENTES			
PULGADAS (DIA.)	MICRONES (DIA.)	NUMERO MESH (EQUIV.)	MATERIALES
.00004	1		Arcilla, coloides
.0002	5		Bentonita, Talco, Limo Fino, Baritina, Cocoa Cemento Fino
.0004	10	1470	
.0018	44	325	
.002	53	270	Polen, Limo, Cuarzo
.003	74	200	
.004	105	140	
.006	149	100	Arena.
.012	297	50	
.020	500	35	Arena Cuarza.
.040	1000	18	

NUMERO MESH. - Es el número de orificios por lado que posee una malla de cernido en un cedaño por cada pulgada - cuadrada de superficie.

CONTROL DE GAS

Antes de comenzar a diseñar un Desgasificador, es decir diseñar un equipo para manipular en superficie gas en el lodo, los requerimientos deben ser escritos primero.

Como el trabajo progresa algunos cambios han de hacerse con el tiempo, una vista muy clara del problema se desarrollará y el desgasificador es visto como una unidad dentro de todo el sistema de lodo. No hay una sola respuesta por la cual este equipo pueda demostrar porqué las necesidades de estos controles en el lodo cambian de pozo a pozo.

En todo caso hay cosas que un Desgasificador puede hacer y otras que no se espera que lo haga. Uno debe mirar más allá del equipo para ver profundamente el problema, el cual tiene dos partes: Siendo la primera, la forma en que el gas llega dentro del lodo a la superficie cuando éste retorna del pozo y, segundo, la naturaleza o la forma del gas es decir sus características dentro del lodo. Entendiendo la primera cómo puede llevarse a cabo perforaciones con la reducción del máximo flujo después de un viaje y entendiendo por la segunda cómo se puede hacer una adecuada selección de las propiedades del gas y cómo hacer un uso adecuado del control de gas y de la limpieza del equipo de perforación.

SERIEDAD DEL GAS EN EL LODO.-

El gas presente en el lodo de perforación puede traer consigo un serio problema. Muchos pozos producen gas más del tiempo mientras se está perforando y la cantidad de él depende de muchas cosas. Es peligroso pensar que el gas que viene hoy en día con el lodo va a ser como el de la semana pasada o como el de la semana siguiente. Hoy el pozo puede tratar de descargar, so brellenar las cantinas de lodo y llegar incluso dentro de la bomba principal con el lodo espumoso, teniendo en cuenta esto, pueden desarrollarse serias complicaciones. Los Supervisores de Perforación quienes se encuentran aptos para manipular un inesperado problema de gas y recuperar el verdadero control del pozo son hoy en día héroes olvidados.

DONDE Y POR QUE EL GAS VIENE DENTRO DEL LODO.-

Normalmente los flujos de gas menos serios y fácilmente controlados vienen de zonas con alta presión, pero se presentan en bajo volumen. Estas formaciones son densas o espesas y tienen una baja porosidad, si se escaparan a la atmósfera muy rápido se vaciarían. Si la presión del gas es menor que la presión que ejerce la columna del lodo no habrá flujo dentro del lodo. Cuando el gas aparece es porque la presión del gas es más alta que la presión de la columna de lodo.

Aumentando el suficiente peso de lodo se controla este flujo, pero esto no se hace a menudo porque el cos

to del lodo, se eleva y la perforación se hace lenta. La baja presión de formación en otra sección del hueco se prevendrá perforando siempre en una condición sobre-balanceada. ;El gas viene! ¿Como va a ser manejado cuando llegue a la superficie? (Lo descrito anteriormente es la simple explicación del origen del gas. Esto ocurre en muchos otros casos con serios problemas y serios resultados).

Conocer tanto cómo puede venir el gas dentro del lodo y saber qué es lo que está sucediendo dentro del hueco todo el mayor tiempo que sea posible, es el pensamiento de un buen Supervisor de perforación.

MIDIENDO GAS EN EL LODO.-

La característica del lodo con respecto al gas es determinada por peso de comparación de muestras del lodo sacadas del hueco con gas cortado en lodo y del hueco donde el lodo está libre de gas. Supongamos que una muestra de lodo es inyectada al pozo con un peso de 12.6 lpg. y la misma muestra es recibida en superficie cuando retorna del pozo con un peso de 10.1 lpg. uno puede decir que el peso del lodo es cortado en 2.5 lpg.

La cantidad de gas puede ser estimada teniendo en cuenta que el volumen de gas es proporcional a la reducción del peso del lodo entre el peso del lodo cuando está libre de gas. Esto significa que si asumimos un volumen de 500 gpm de gas cortado en lodo que retorna del pozo tendremos:

$$\text{Vol. de gas} = \frac{2.51 \text{pg}}{12.61 \text{pg}} \times 500 \text{gpm} = 99.2063 \text{gpm} \approx 13.3 \text{pcm}$$

Vól. de gas es 13.3 pies cúbicos por minuto.

Es así como de una manera sencilla se puede determinar la cantidad de gas que viene dentro del lodo cuando este retorna del pozo, habiendo pasado ya por el cedazo vibratorio.

VIENEN PROBLEMAS CON PEQUEÑOS AVISOS.-

La cantidad de gas presente en el lodo trae grandes complicaciones y está ligada a dos cosas: la profundidad del pozo y la proporción del flujo de lodo. El gas que entra al hueco de un profundo pozo va a circular hacia arriba con el lodo apareciendo en unos 30 minutos o mas.

Un problema en el fondo del pozo con presencia de gas se hace serio antes de que algo aparesca a la superficie. El indicador de nivel en la cantinà de lodo puede anunciar el problema antes de que el gas llegue a la superficie. La cantidad de corte de lodo con gas depende de la cantidad o flujo de gas que pasa de la formación. La normal proporción de flujo generalmente diluye o espase el gas fuera, por lo tanto el corte puede ser medido por la escala de los pesos de lodo.

Parando la circulación del fluido de perfora -

ción por alguna razón como cuando se hacen viajes seguidos, el gas se concentra en el hueco y va luego a producir una gran reducción en el peso del lodo cuando éste circula a la superficie. Después cuando regrese el flujo normal de circulación permitido, el lodo se acercará al peso normal. Este periodo de lodo cortado por gas se llama "GAS DE VIAJE". Largos viajes y otras operaciones, pueden aumentar la cantidad o gravedad del corte o, cortado de lodo donde los huecos se llenan y el desgasificador llega al punto de sobrecargarse. Cuando la arena con gran cantidad de gas y alta porosidad es encontrada durante la perforación, la primera manifestación en la superficie puede ser como un gas de viaje.

PEQUENAS BURBUJAS VIENEN MUY DESPACIO.-

Pequeñas cantidades de gas en el lodo manifestadas con un corte de 1.0 a 2.0 lpg generalmente aparecen como muy pequeñas burbujas distribuidas uniformemente por todo el lodo. Largos cortes de 4.0 a 6.0 lpg pueden ser todavía mayormente finas burbujas. Si las burbujas son demasiado grandes, desgasificadores no serán necesarios ya que las burbujas grandes flotan y rompen fácilmente. Estas pueden parecer que dan problemas en superficie pero no es así escapan rápido y el lodo va de frente a la succión de la bomba de lodo.

Desgasificadores son necesarios para las burbujas finas. Cuando grandes cantidades de gas aparecen en la línea de flujo o línea de retorno de lodo como gas

libre; es decir que si se llega al extremo de parar la bomba de lodo o circulación del fluido de perforación y continuase el flujo (surgencia); la presencia de una arena gasífera en el fondo del pozo con una presión anormal y sumamente permeable podría ser la causa de este flujo y es requerido el control de anulación de flujos. Para este tipo de problemas el desgasificador no puede remover estas grandes cantidades de gas ni se espera que lo haga; otros equipos especiales son utilizados para controlar y dar solución a este tipo de problemas, más adelante en este tema se hace un enfoque de ellos.

Es así como he descrito los fundamentos teóricos del control de Sólidos y Gas que se hace a un fluido de perforación y especialmente al fluido usado en las Operaciones Costa-Afuera del Nor-Oeste del Perú.

CAPITULO IIIDESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE SOLIDOS Y GAS EN UN EQUIPO DE PERFORACION COSTA-AFUERA DEL NOR-OESTE DEL PERU

Los equipos de perforación que operan montados sobre Plataformas fijas al fondo marino en las Costas-Afuera del Nor-Oeste del Peru específicamente. Los Equipos de Perforación de la Compañía Contratista Southern Marine Drilling C^o, cuentan con los mas modernos elementos para controlar los sólidos y gas en el fluido de perforación y son estos componentes de los Equipos los que describiré detalladamente a continuación:

CANTINA DE ASENTAMIENTO.-

La velocidad de asentamiento de los sólidos en una cantina de asentamiento depende primero del tamaño, forma y gravedad específica de las partículas; depende segundo de la densidad del fluido como sistema y tercero de la viscosidad del fluido como de las características del flujo.

Sólo cuando el flujo del fluido se encuentra en estado laminar la velocidad de asentamiento está gobernada por la Ley de Stokes. Por esta razón el Ingeniero de lodos puede ayudar en el asentamiento de los lodos-haciendo que el lodo posea una baja viscosidad y un bajo esfuerzo de gel.

El asentamiento de sólidos en condiciones de

flujo tapón o de flujo turbulento es prácticamente negligible y solamente las partículas de tamaños bastante grandes tendrán la tendencia de asentarse.

Muy a menudo la viscosidad del lodo es aumentada con el fin de alcanzar un mejor limpiado del hueco, tales prácticas son solamente temporáneas en efectividad y con tinuados incrementos subsecuentes son hechos. Bajo estas condiciones el control de sólidos es difícil e usualmente inefectivo, debido a la adición de arcilla comercial muy fina y bentonita utilizada para obtener el aumento de la viscosidad.

La cantina de asentamiento con que cuentan los equipos de perforación en las Costas-Afuera del Nor-Oeste se definen como cantinas de retorno, es decir cantinas - que reciben el lodo que retorna del pozo llevando consigo los cortes de perforación. Tienen una capacidad de 200 Barriles aproximadamente, en ella están armados los equipos de control de sólidos, destacando el primer control de sólidos que se le hace al lodo cuando retorna del pozo que es haciéndolo pasar por una Operación de cernido, a cargo de un cedazo vibratorio. Las características de la Cantina de Asentamiento se aprecian detalladamente cuando más adelante describa el armado del Equipo de Perforación sobre la Plataforma.

CEDAZO VIBRATORIO.-

El cernido se define como la separación de una mezcla de partículas de varios tamaños en dos o más par-

tes a través de una superficie de cernido. Cualquier material que aparece por encima de un cedazo es el material más grande que es votado y el material que pasa a través del cedazo es el material de menor tamaño.

Los cedazos que se usan son grandes de 10 a 14 mesh y remueven totalmente los derrumbes y cortes grandes. El tamaño de partículas mínimo que puede ser removido depende del tamaño del cedazo. Recordar que cuanto más grande es el número de mesh del cedazo más chicos serán los huecitos de éste. Los Cedazos son usualmente usados para mover los detritos o cortes grandes que son circulados por el lodo pero desafortunadamente un gran porcentaje de estos sólidos no conservan su tamaño suficiente grande para ser removidos por el cedazo sino mas bien se desintegran debido a la erosión e hidratación en partículas pequeñas que no pueden ser removidas y por lo tanto se hace la necesidad de cedazos finos como 80 mesh.

Se debe tener en cuenta que cuando se trabaja con cedazos finos se puede tener problemas adicionales. Los cedazos normales son hechos de alambre y tienen una área abierta del 50 a 55% mientras que un cedazo de 80 mesh.- que usa alambre más fino tiene una área abierta sólo del 30%, lo que significa que para manejar el mismo volumen de fluido o caudal el cedazo más fino tendría que ser más o menos 50% más grande en área superficial total por lo tanto se convierte no práctico tratar de cernir o el cernido del lodo con altos volúmenes de circulación normalmente encontrados en la perforación de huecos superficia-

les. Sin embargo el uso de cedazos finos se hace práctico y deseable en la perforación del hueco intermedio o hueco profundo debido a gran porcentajes de sólidos no deseables que pueden ser removidos a través del cedazo - haciendo que el lodo sea mantenido en buen estado y a niveles económicos.

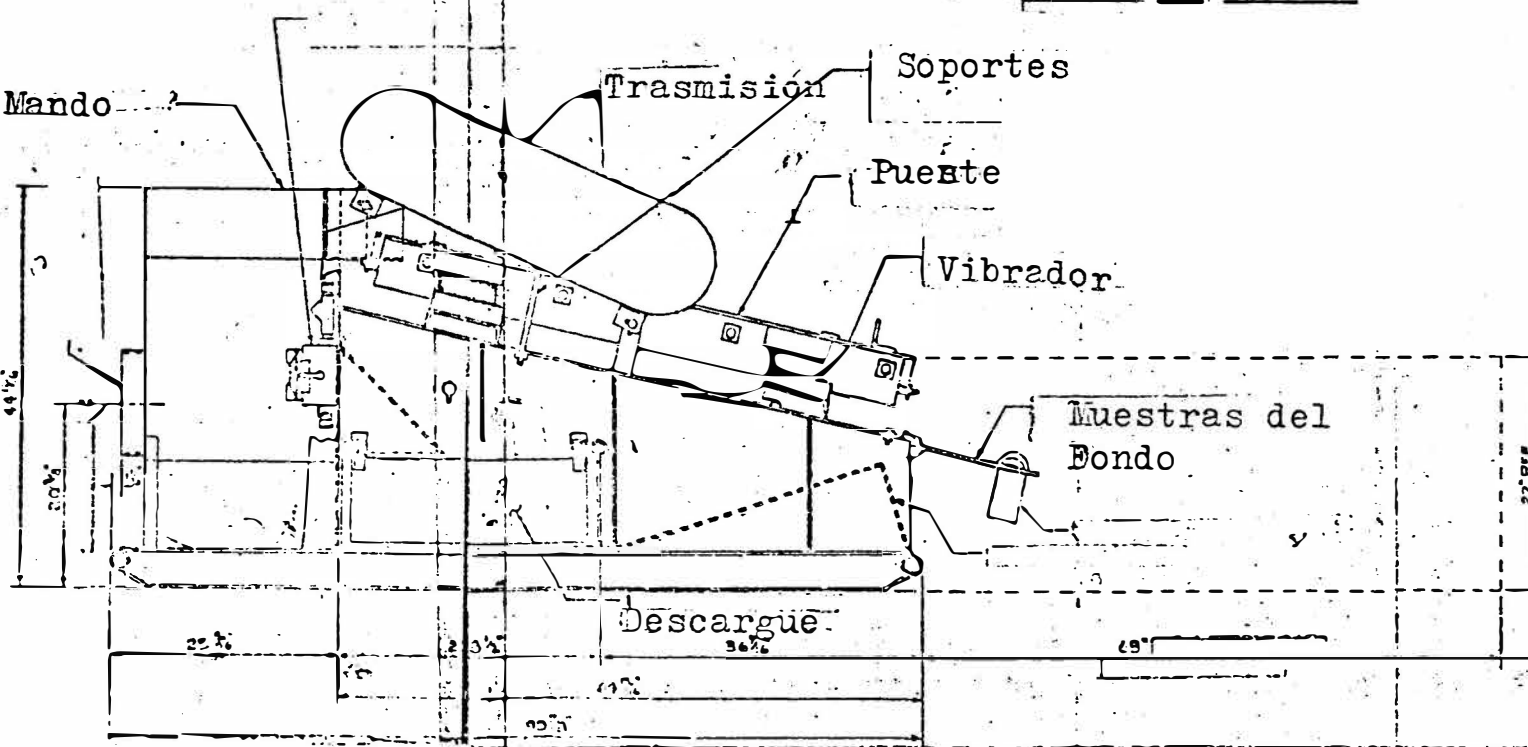
Los Cedazos Vibratorios con que cuentan los Equipos de Perforación en las Operaciones Costa-Afuera del Nor-Oeste del Perú como hice referencia anteriormente es tán armados en la parte superior de la Cantina de Retorno del lodo; es decir es aquí donde llega el lodo cuando retorna del pozo cargado con los cortes de perforación y se hace la primera separación de partículas. Las mallas de cernido son cambiables de acuerdo a los requerimientos del pozo. La instalación y características completas del cedazo se pueden apreciar en la figura 4 que acompaña que ilustrará por completo el equipo.

LOS HIDROCICLONES.-

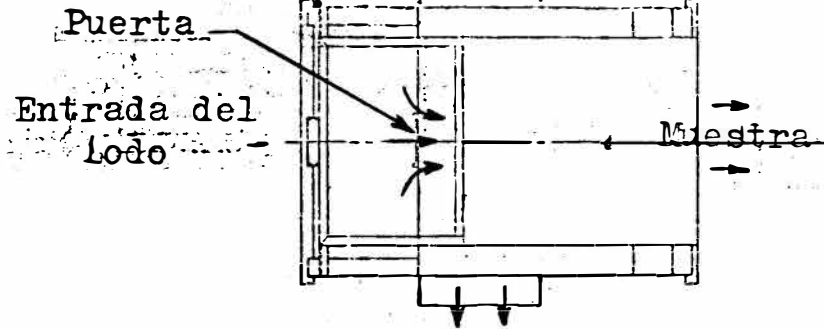
Llamados también ciclones es un aparato como lo muestra en su armado total la figura 5 que acompaña. No tiene partes móviles e imparte un movimiento rotacional al fluido alcanzando éste suficiente fuerza centrífuga - para así separar los diferentes tamaños de partículas. Si el Ciclone no está trabando eficientemente es decir si se necesita mayor eficiencia simplemente se deberá operar a mayores volúmenes.

CEDAZO VIBRATORIO
Marca: Hutchison-Hayes
Modelo: 4860-D4-Shaker

Vista Lateral



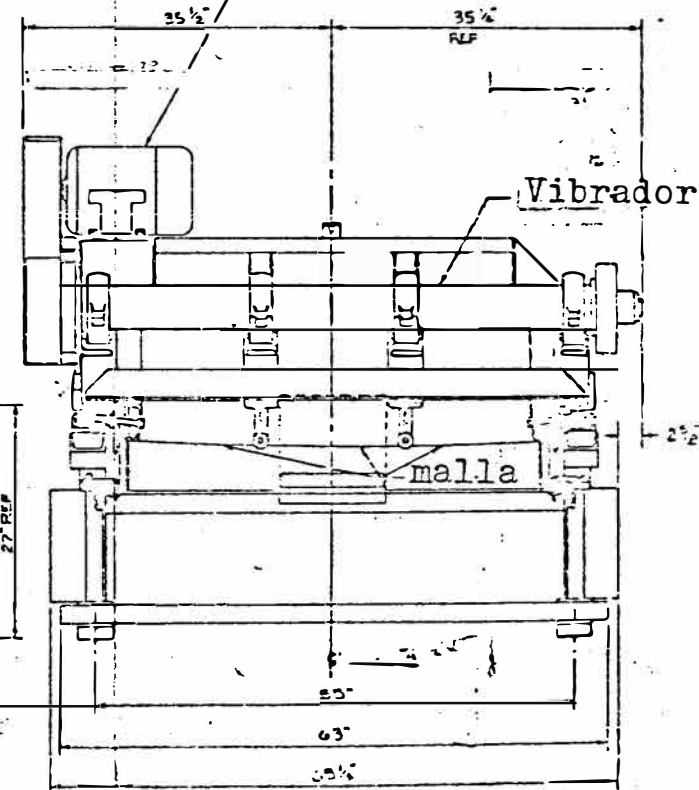
Descarga del Lodo



Vista de Planta

Figura 4

Motor Eléctrico
 3 H.P. 1750 rpm
 60 ciclos 220 v.
 Tipo: PM-213



Vista Frontal

DESCRIPCION DE LOS HYDROCICLONES

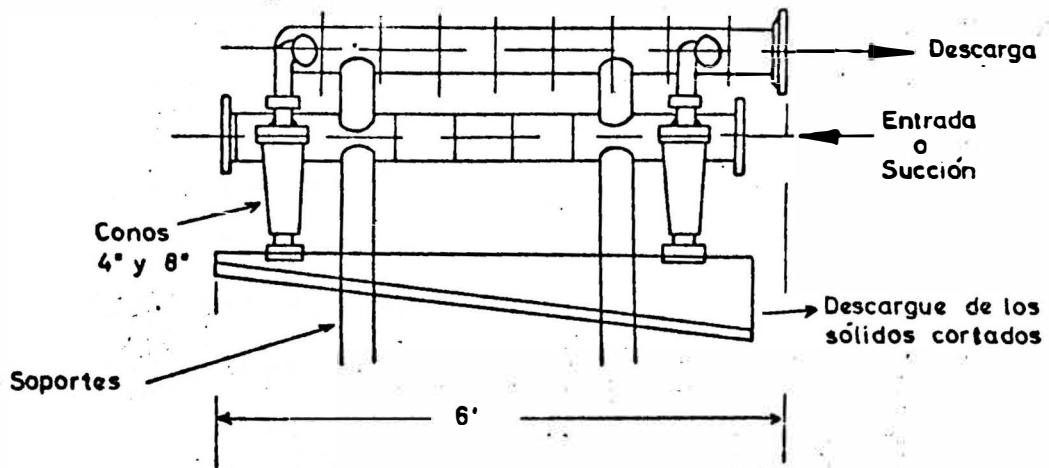
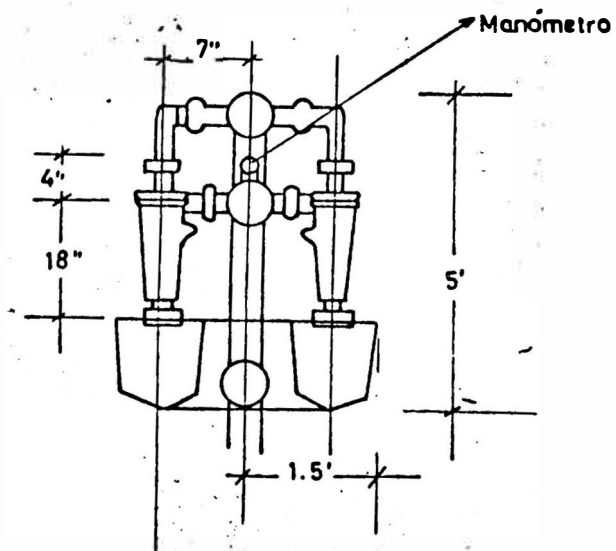


Figura 5



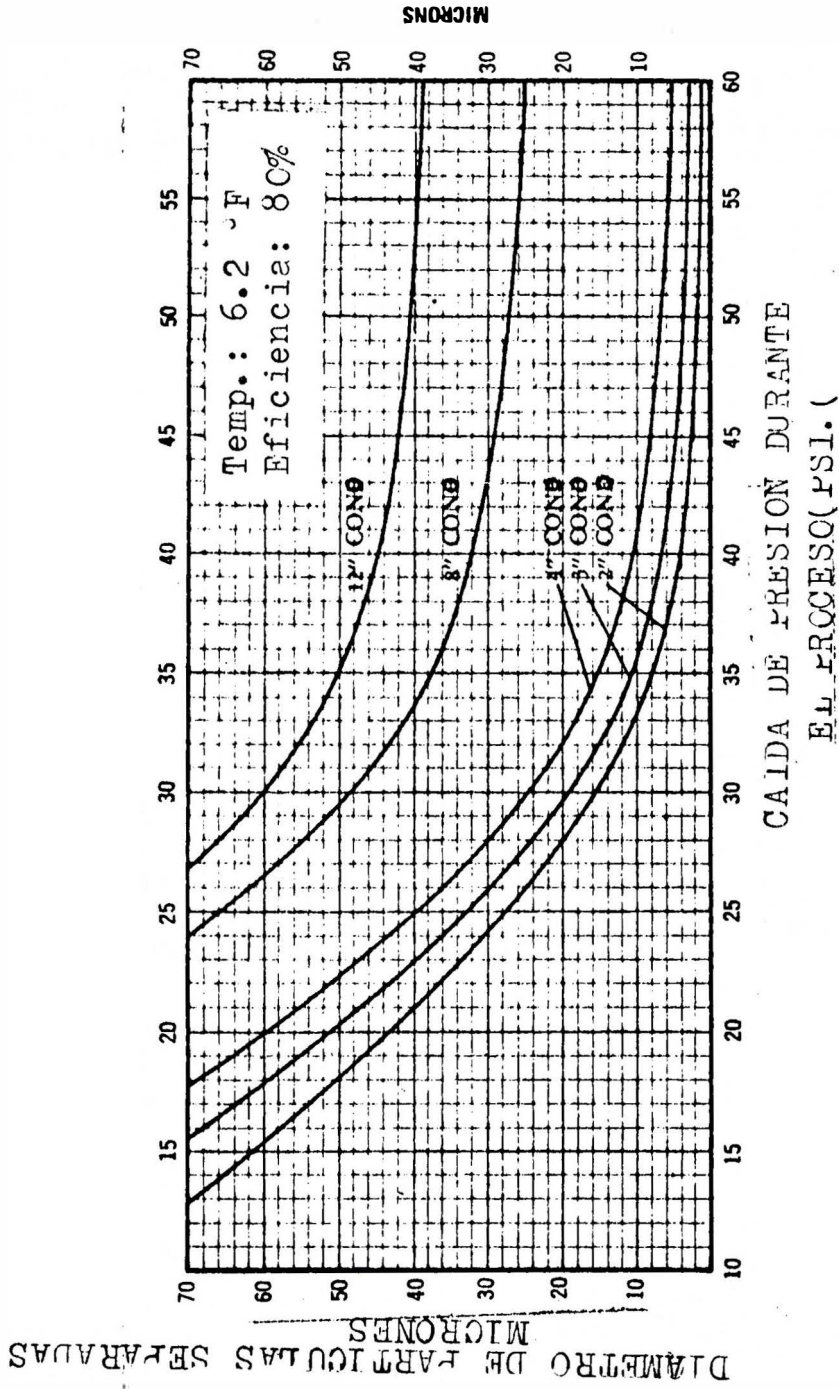
Una o dos bombas centrífugas alimentan de lodo los hidrociclones. El tamaño o número de ciclones requerido - variará dependiendo de su aplicación, la cual está en función directa del tamaño de partículas que queremos separar y la caída de presión que se produce. Para una ilustración de éste concepto acompaño la figura 6 ; pero por lo general los equipos son definidos como desarenadores - los que poseen usualmente conos de 6 pulgadas y 8 pulgadas, y delimonizadores los equipos que poseen 2 pulgadas y 4 pulgadas.

En los Equipos de Perforación que operan en las Costas-Afuera del Nor-Oeste se trabaja con los dos tipos de hidrociclones anteriormente mencionados, los cuales están armados en la parte superior de la Cantina de Asentamiento. Su descripción completa se apreciará mejor cuando describa el armado de estos Equipos más adelante.

Estos son:

1 Delimonizador con 8 conos de 4 pulgadas	<u>Marca:</u> DEMCO 4" STYLE "H" <u>Modelo:</u> 48-H <u>Dimensiones:</u> 6'x3'x5' <u>Peso:</u> 1,225 Libras <u>Capacidad:</u> 640-720 gpm
1 Desarenador con 4 conos de 8 pulgadas	<u>Marca:</u> DEMCO 8" <u>Modelo:</u> 84 <u>Dimensiones:</u> 6'x3'x5' <u>Peso:</u> 1,325 libras <u>Capacidad:</u> 540-700 gpm

Figura 6



NOTA: ESTE GRAFICO CUMPLE PARA LIQUIDOS DE GRAVEDAD ESPECI-
FICA: 1.0

EL DESGASIFICADOR.-

Es hoy en día un elemento de suma importancia en todo equipo de perforación moderno. Sus requerimientos de trabajo los hemos analizado detalladamente en el capítulo anterior, y su operación en sí la ilustraré mas adelante.

En la actualidad existen varios tipos de desgasificadores, en cada uno de los cuales varía incluso su principio físico de operación; pero el mas común encontrar es justamente el que utilizan los equipos de perforación que operan en las Costas-Afuera del Nor-Oeste del Perú; y es el llamado: "Drilco Atmospheric Degasser".

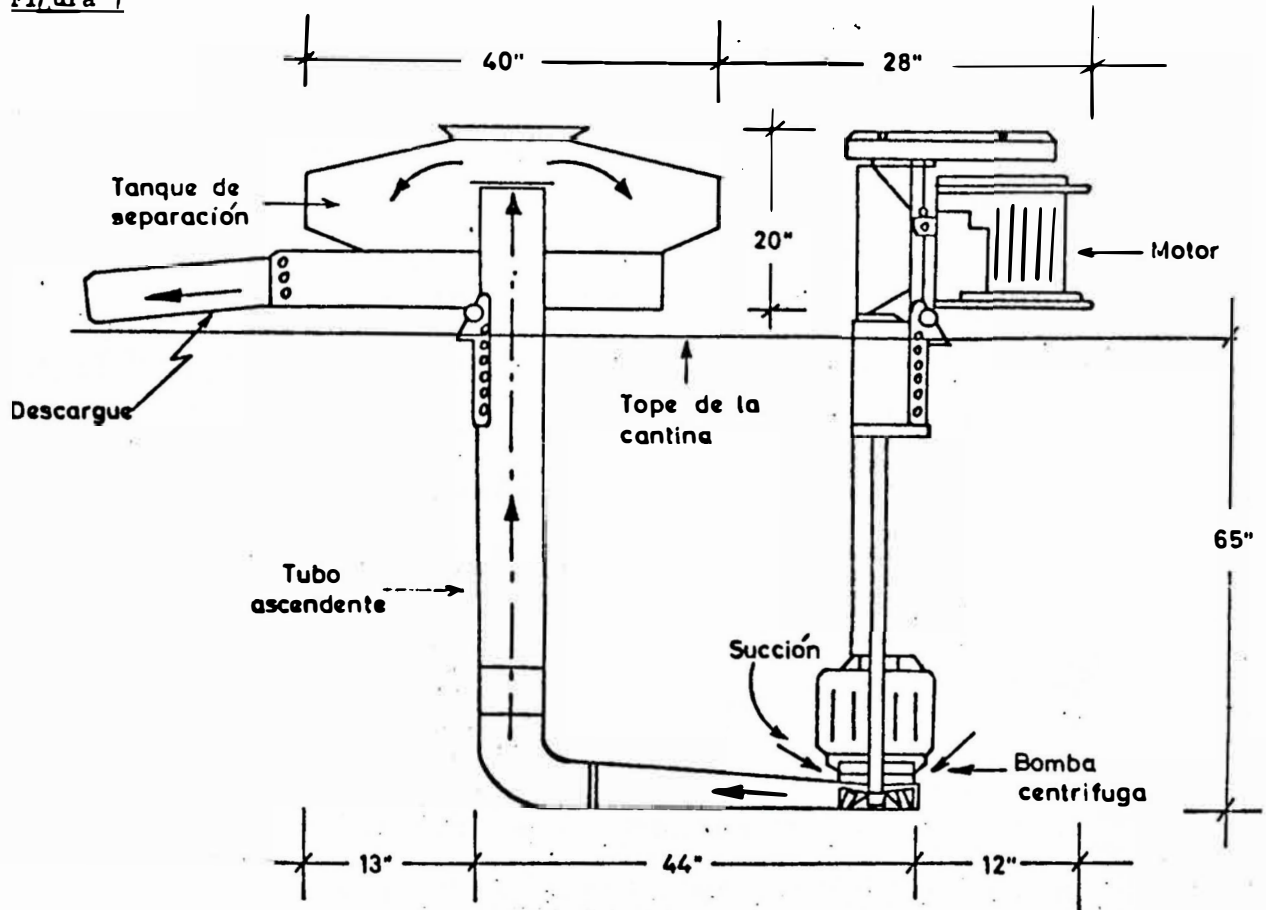
Este equipo consiste en una bomba centrífuga sumergida que es accionada por un motor eléctrico que está montado en superficie y un tanque que produce el efecto spray en su parte elevada.

El desgasificador está armado en la cantina de succión de la bomba de lodo como se apreciará mas adelante al describir el armado de estos equipos. Sus características principales pueden ser observadas en la figura 7 que acompaña.

Su instalación típica la constituye una bomba centrífuga de 7.5 HP, accionada por un motor eléctrico: Tipo PM-213 , 60 ciclos, 3 fases, el cual puede

DESCRIPCION DEL DESGASIFICADOR

Figura 7



Marca DRILCO
Motor $7\frac{1}{2}$ HP - 60 ciclos - 220 voltios

ser instalado a 230 ó 460 voltios. Un motor de 50 ciclos es tambien eficaz.

Este equipo, es armado en una cantina interior de aproximadamente 30 pies cuadrados de área, comprendida - esta por supuesto dentro de la cantina de succión.

EQUIPOS ESPECIALES PARA CONTROLAR GRANDES CANTIDADES DE GAS.-

Los equipos de perforación modernos cuentan de un conjunto de elementos indispensables utilizados para controlar grandes cantidades de gas que pudiesen venir de una formación gasífera con presiones anormales altas durante la perforación de un determinado pozo.

Cabe destacar de estos elementos: los Impide-Reventones, los Reducidores y Controladores de Presión, - las Cantinas de Lodo de Reserva, las líneas de descarga del pozo, las líneas de alimentar al pozo, válvulas especiales, válvulas de seguridad, sistemas de manómetros, etc; y todos ellos que pueden soportar presiones altas según especificaciones propias.

Los equipos de perforación que operan en las Costas-Afuera del Nor-Oeste del Perú, cuentan con todos estos tipos de elementos los cuales ilustraré^{mas} detalladamente en el próximo capítulo del tema.

ARMADO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE SOLIDOS Y GAS EN UN
EQUIPO DE PERFORACION COSTA-AFUERA DEL NOR-OESTE DEL
PERU

En la actualidad se encuentran operando en los diferentes mares del mundo varios tipos de equipos de perforación los cuales han sido construidos y están diseñados para operar en una zona específica y perforar pozos de carácter específico; ya sean estos del tipo exploratorio, - confirmatorio o desarrollo.

Quiero ilustrar en este trabajo que presento los diferentes tipos de equipos de perforación que operan costa-afuera alrededor del mundo como nota de introducción - antes de entrar específicamente al armado de los equipos de control de sólidos y gas como elementos del equipo de perforación que trato de enfocar.

A grandes rasgos estos equipos pueden clasificarse en tres grandes grupos atendiendo su posición de operación respecto al fondo marino o profundidad de aguas y a su flotabilidad.

- 1.-, Equipos de Perforación que están montados sobre Plataformas fijadas al Fondo Marino.
- 2.- Equipos de Perforación que operan sobre Plataformas Flotantes; y
- 3.- Equipos de Perforación que operan sobre Plataformas Semi-Sumergidas.

Dentro de los diferentes tipos de equipos de perforación

ración mencionados anteriormente se encuentran los que operan íntegramente con todos sus elementos montados sobre una plataforma fijada al fondo marino y son este tipo de equipos con los que cuenta la Compañía contratista Southern Marine Drilling Co en las Operaciones Costa-Afuera del Nor-Oeste del Perú.

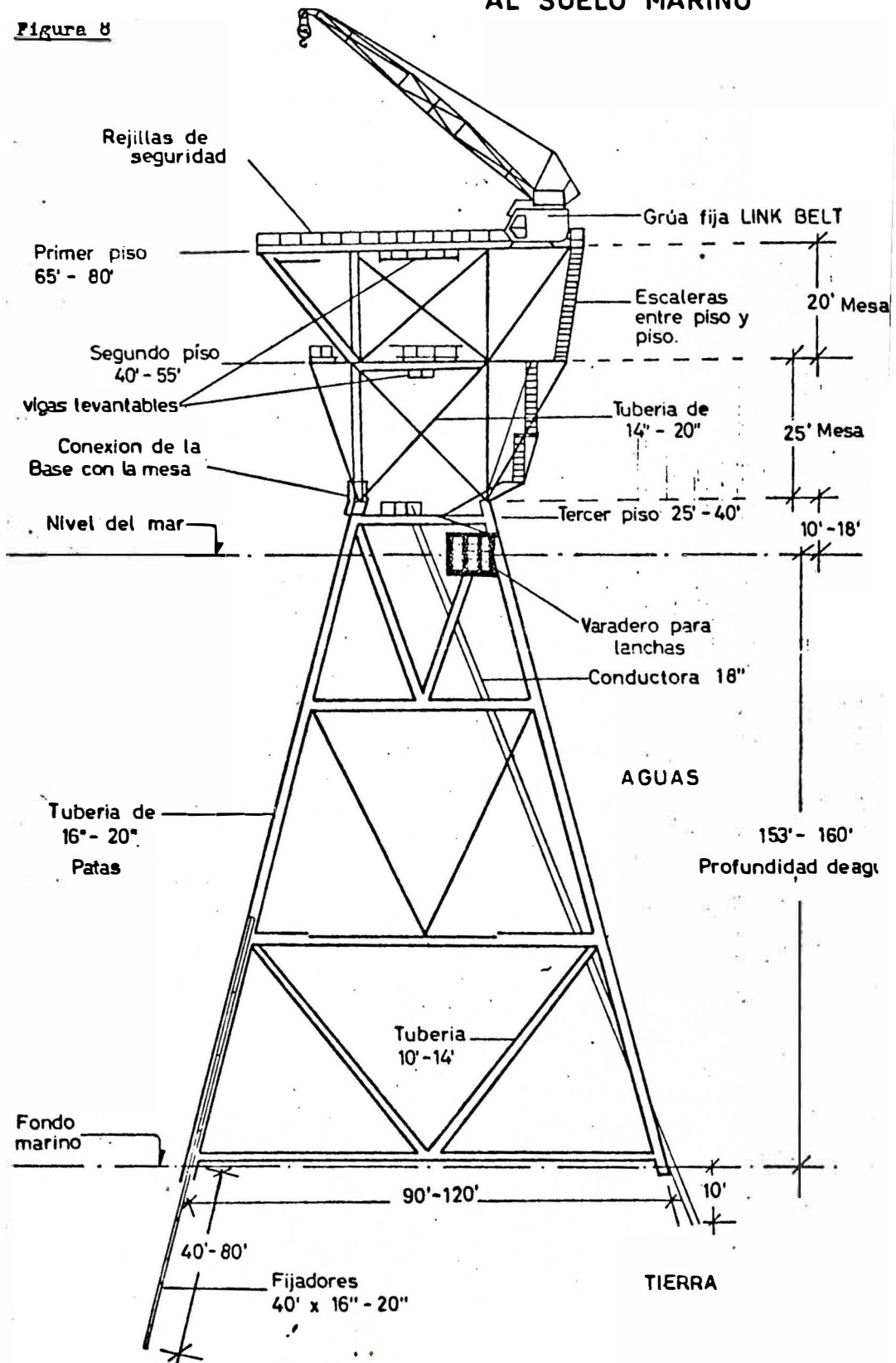
Antes de describir el armado de los elementos del equipo de perforación en lo que concierne al tema que se trata es conveniente, presentar una ilustración gráfica como lo muestra la figura 8 para un mejor entendimiento de las características y concepto de lo que es una Plataforma fijada al fondo marino.

Para nuestro objeto del tema cabe resaltar que sobre el nivel de las aguas la estructura metálica posee tres pisos los cuales son áreas restringidas y es aquí donde con diseños especiales de acuerdo a sus respectivas funciones van montados los diferentes elementos del equipo.

Es justamente el segundo piso de la Plataforma sobre el cual van armados, ensamblados los Equipos de control de sólidos y gas que he descrito anteriormente como unidades fundamentales del sistema de control de lodo. La figura 9 que acompaña ilustra detalladamente la forma como se arman, acoplan todos estos elementos sobre el segundo piso de la plataforma. Es importante resaltar que este acoplamiento y armado de los elementos que se ilus-

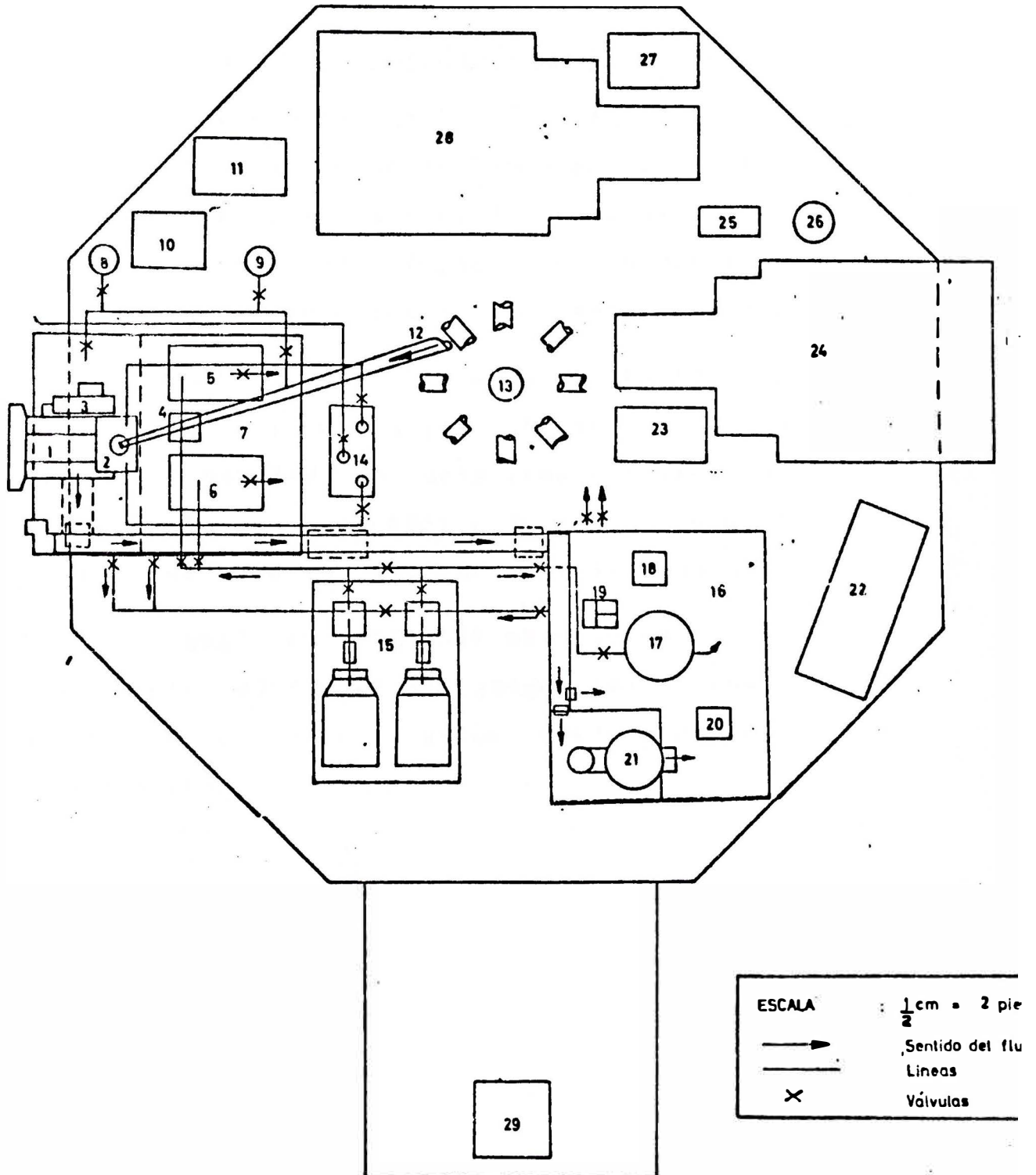
DESCRIPCION DE UNA PLATAFORMA FIJA AL SUELO MARINO

Figura 8



ELEMENTOS DE UN EQUIPO DE PERFORACION MONTADOS SOBRE EL SEGUNDO PISO DE UNA PLATAFORMA FIJA AL FONDO MARINO

Figura 9



- | | | | |
|--|---|---|---|
| <p>ozo
gada del lodo
rador
itador
sarenador
limonizador
ntina de catapas</p> | <p>8 Sist. Agua salada
9 Sist. Agua dulce
10 Bomba mesa rotaria
11 Casita del químico de lodo
12 Línea de retorno
13 Conductoras de pozos
14 Conductoras de pozos</p> | <p>15 Bombas centrífugas
16 Cantina de succión
17 Mezclador de químicas
18 Agitador
19 Tanque de soda
20 Agitador</p> | <p>22 Tanque de Diesel
23 Tanque para cen
24 Bomba de lodo N°
25 Tanque de mezcla
26 Embudo de cemi
27 Tanque para ce</p> |
|--|---|---|---|

tran esta llevado a escala y corresponde a una operación común que sucede en el Zócalo Norte de nuestro país.

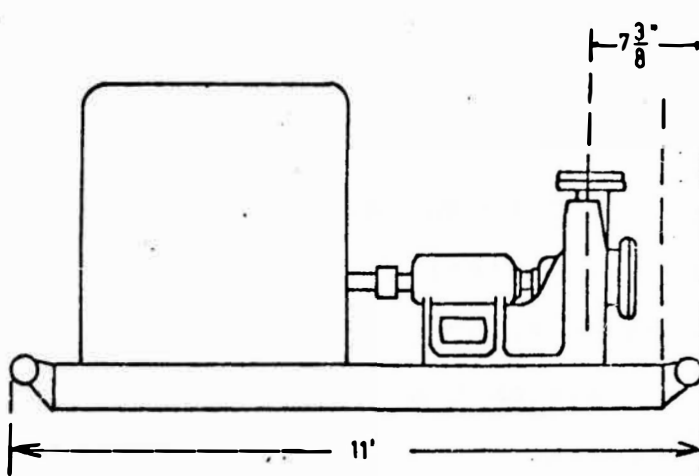
BOMBAS CENTRIFUGAS DE MEZCLADO DE LODO.-

Los equipos de Control de sólidos y gas, las cantinas de lodo; es decir todos los equipos que en superficie conforman el sistema de lodo, necesitan del trabajo de dos bombas centrífugas que con conexiones especiales alimentan de lodo los equipos anteriormente mencionados.

Las características principales de las bombas centrífugas de lodo con que cuentan los equipos de perforación descritas en este tema se pueden apreciar en la figura 10 que acompaño; y su armado, acoplamiento en general se aprecia claramente en la figura 9.

Según lo expresado anteriormente se ve claramente el papel importante que juegan las bombas centrífugas de lodo en la operación de los equipos de control de sólidos y gas.

ARMADO DE LAS BOMBAS
CENTRIFUGAS DE LODO



MOTOR	BOMBA
Marca : GMC-2-71	Marca : MISSION W PEDESTAL
Modelo : 2031	Tipo : W 1.7/8"
Potencia : 40 HP	Modelo : 4 x 5 R - 1750 rpm.

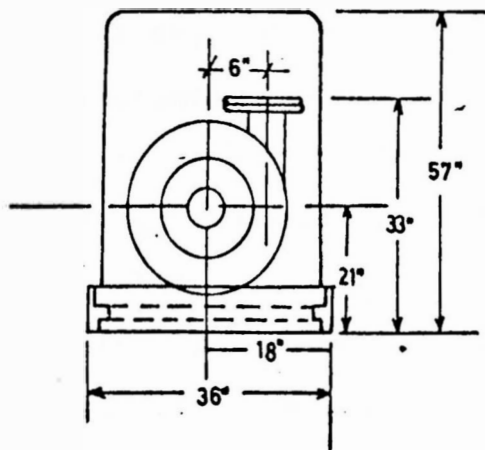


Figura 10

CAPITULO IV

TRABAJO OPERATIVO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE SOLIDOS

Y GAS

A continuación para complementar lo ilustrado anteriormente en este tema, es conveniente hacer un enfoque detallado de la forma como, son operados los equipos de control de sólidos y gas en la perforación de un pozo petrolífero en las Costas-Afuera del Nor-Oeste del Perú. Es de suma importancia conocer la operación de estos equipos para analizar claramente su aplicación en la solución de algún problema que pudiese presentarse cuando se está perforando. Se enfoca cada equipo por separado; como sigue:

OPERACION DEL CEDAZO VIBRATORIO.-

Iniciada la perforación y comenzada la circulación del fluido de perforación, cuando éste retorna del pozo llevando consigo los primeros cortes perforados, se pone en funcionamiento el motor eléctrico que acciona el cedazo vibratorio, el lodo que regresa por la línea de retorno cae directamente sobre la superficie del cedazo produciéndose de esta manera la primera separación de partículas. Los cortes grandes son desalojados por la parte superior y corresponden a la descripción de las formaciones que está atravesando la broca.

Los pozos perforados o que se perforan en las Costas-Afuera del Nor-Oeste del Perú son pocos profundos, sus profundidades varían en el orden de 5,000 a 9,000 pies - lo que representa para una ilustración sencilla tres fases por las que pasa el pozo cuando se está perforando:

- 1.- De: 0' - 800' Forros de superficie
- 2.- De: 800' - 3000' Forros intermedios
- 3.- De: 3000' - Fondo Forros de Producción

Esta ilustración (que es asumida) se aproxima a datos reales con el fin de apreciar mejor la operación de los Equipos en la perforación de un pozo en esta área

El cedazo vibratorio descrito anteriormente y utilizado en el área mencionada opera con dos mallas de cernido cada una de las cuales es utilizada según los requerimientos del pozo. Estos son:

- 1.- De: 0' - 3000' Usa una malla de 40 mesh
- 2.- De: 3000' - fondo Usa una malla de 80 mesh

El lodo una vez que es cernido cayendo por la parte inferior del cedazo pasa a la cantina de asentamiento u otras veces pasa por el canal de comunicación a la segunda cantina o cantina de succión. Aquí en el cedazo vibratorio es justo donde se toma una muestra del lodo que retorna del pozo para ver sus características, compararlas con lo que se espera y si es necesario diagnosticar el tratamiento químico o físico que necesite.

OPERACION DE LOS HIDROCICLONES.-

Quando el fluido de perforación en el transcurso-

de la perforación del pozo posee volúmenes en porcentajes de sólidos y arena no deseables a un tratamiento mecánico, el lodo es tratado con el fin de que el fluido recupere las propiedades requeridas en lo que concierne a porcentaje de sólidos y arena; los requerimientos del fluido de perforación se han analizado anteriormente y en esta parte solamente se tratará de la forma de accionar los hidrociclones.

Antes de entrar propiamente al análisis de operación de los hidrociclones se ilustra la figura 11, donde se aprecia los rangos de capacidad con los que son operados los ciclones, los cuales están en función de la caída de presión y del diámetro del cono.

Para nuestro caso los hidrociclones son alimentados por una o dos bombas centrífugas. Como se puede apreciar en la figura 12 el fluido entra por la parte lateral del cono en forma tangencial a gran velocidad, formándose un campo centrífugo. El fluido toma un movimiento de torbellino dando origen a una serie de movimientos secundarios entre partículas, los cuales pueden ser apreciados en la figura 13, debido a la diferente masa con que cuenta las distintas partículas estas por fuerza centrífuga son separadas, por concepto las más pesadas serán despedidas a las paredes del cono y caerán por gravedad y si éstas poseen una gravedad específica baja caen con una velocidad de asentamiento que se aproxima a la que marca la Ley de Stokes

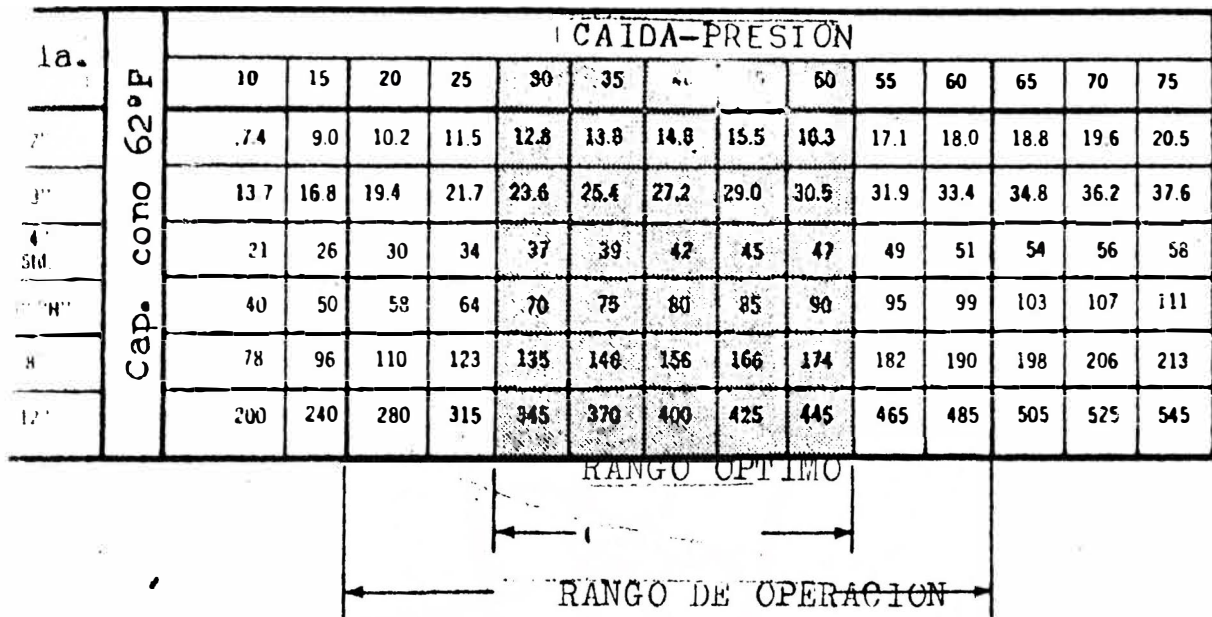


Figura 11

VOLUMENES DE LODO REMOVIDOS POR CADA CONO DE LOS HIDROCLONES

Figura 12

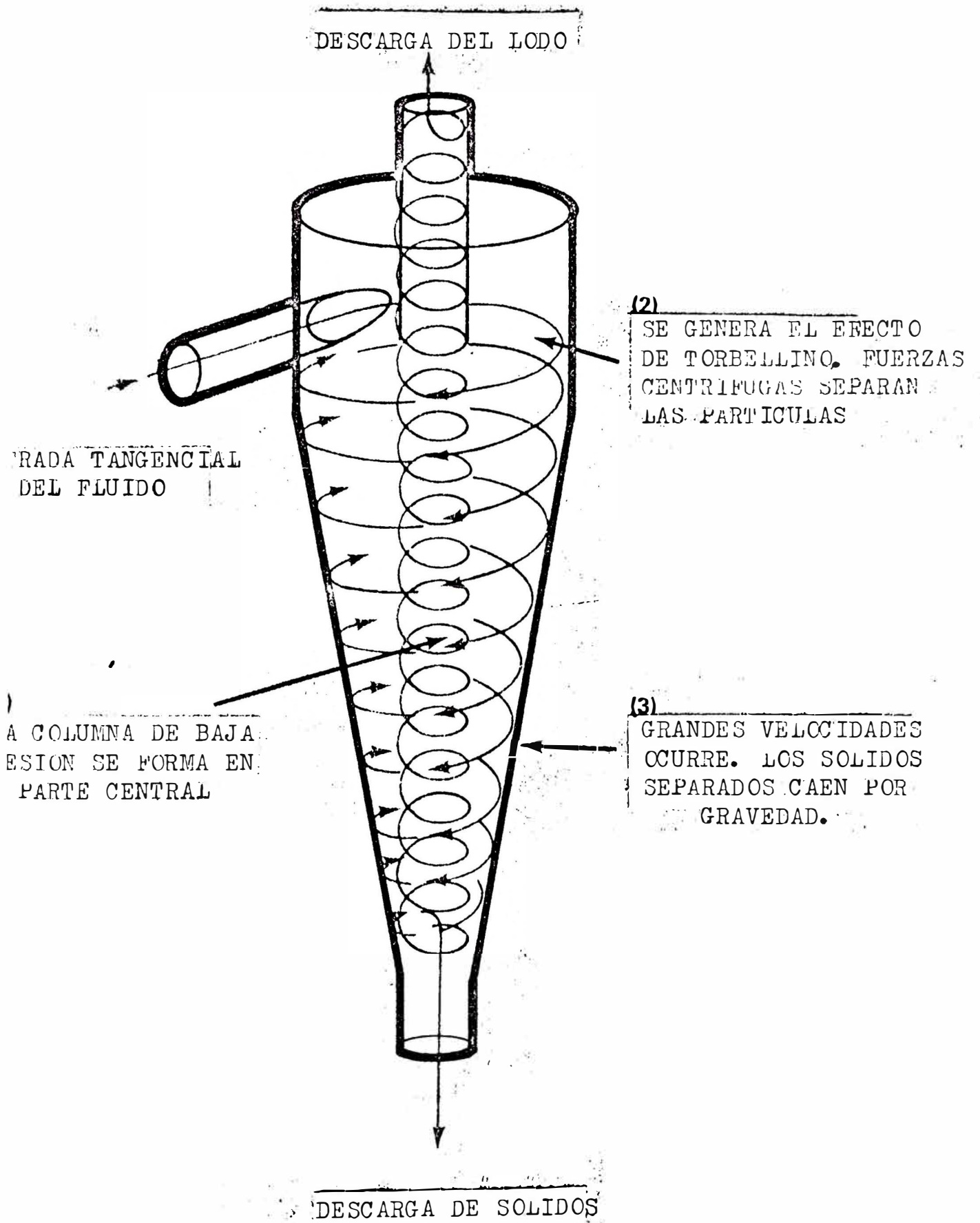


Figura 13

FLUJOS-SECUN
DARIOS. OCURRE

CONDUCTO DE DESCARGA

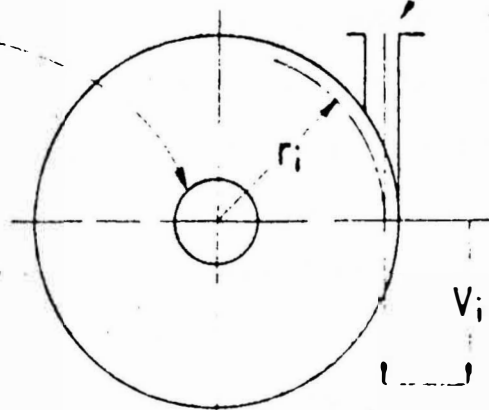
ENTRADA
TANGENCIAL

PARTICULAS SON SEPA
RADAS POR FUERZAS
CENTRIFUGAS

SOLIDOS SEPARADOS

SALIDA DE
FLUJO

ENTRADA DE FLUJO



ya descrita.

El fluido que se encuentra sometido al efecto del torbellino debido a las altas velocidades que se generan cerca del centro del cono en su parte inferior surge a consecuencia de esto, una columna de baja presión lo cual produce la succión del fluido por la parte central hasta la parte superior del cono originando de esta manera la descarga del flujo. El fluido en la descarga lleva consigo las partículas de sólidos no se paradas. Un orificio de control se ensambla en la parte inferior del cono y un manómetro en la línea de descarga marcará la caída de presión de la operación.

Cada uno de los hidrociclones es decir el desarenador o delimonizador con que cuenta un equipo de perforación es operado o puesto en marcha de acuerdo a los requerimientos o tratamiento mecánico que se le quiera dar al fluido. Para nuestro caso lo más usual es:

- 1.- Accionar el delimonizador cuando el fluido presente un rango de porcentaje de sólidos por volumen no requerido y se está perforando una lutita o arcilla.
- 2.- Accionar el desarenador cuando el fluido presenta un rango de porcentaje de sólidos y arena por volumen no requerido y se está perforando por lo general una arena.

El control mecánico que se le hace a los sólidos de un lodo por lo general se realiza a partir de

los 3000 pies o después de sentar los forros intermedios. Debido a que las perforaciones que se llevan a cabo en las Costas-Afuera del Nor-Oeste son del tipo - dirigidas o inclinadas, es de mucha importancia llevar a cabo un estricto control de solidos en el lodo.

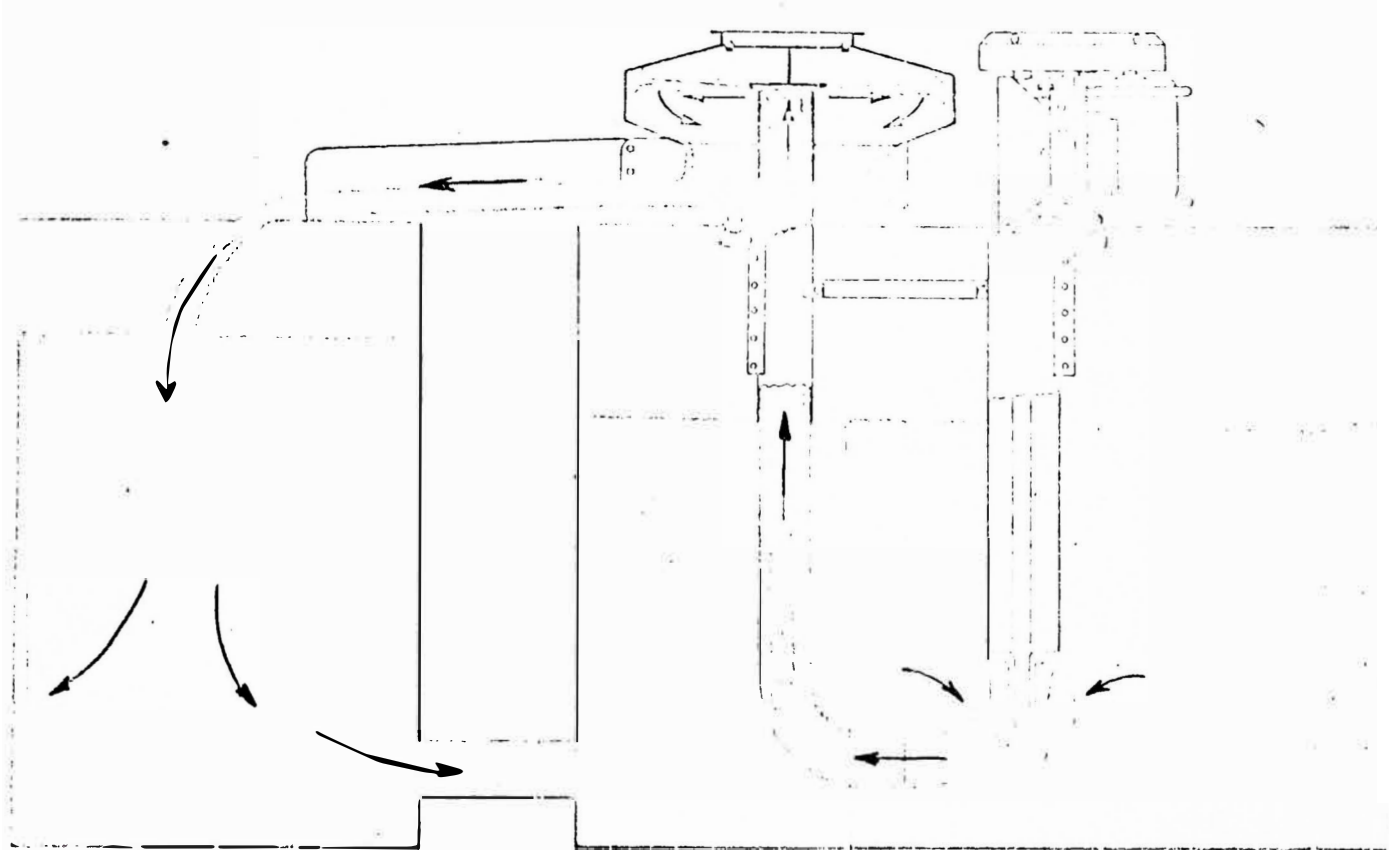
OPERACION DEL DESGASIFICADOR.-

Cuando en la perforación de un pozo petrolífero y muy común en los pozos que se perforan en el Nor-Oeste sucede que el lodo es cortado por presencia de gas apreciándose ésto cuando el lodo retorna del pozo con flujos anormales pero siempre y cuando ésto sea bajo , el lodo después de ser cernido pasa a la cantina de succión donde se encuentra instalado el desgasificador el cual al llegar el lodo conteniendo finas burbujas de gas se pone inmediatamente en funcionamiento al accionar el motor que gobierna su operación.

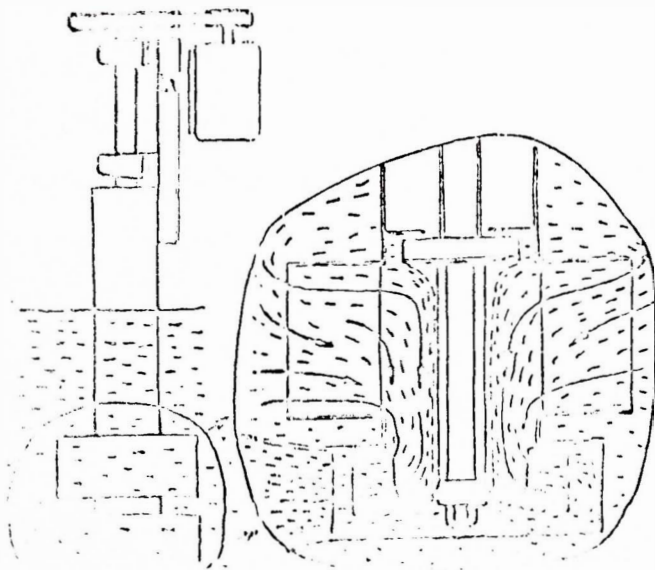
Su fundamento operativo ya se ha descrito solamente me limitaré a ilustrar más su operación. La figura 14 que acompaño nos muestra la forma como la bomba sumergida succiona el lodo y lo levanta hasta el tanque donde se produce el efecto spray y las burbujas de gas son separadas.

El flujo a través de la bomba depende de la sumersión en el lodo. Al llenarse la cantina del desgasificador el rendimiento de la bomba aumenta y la velocidad del spray mejora; por eso para obtener el mejor

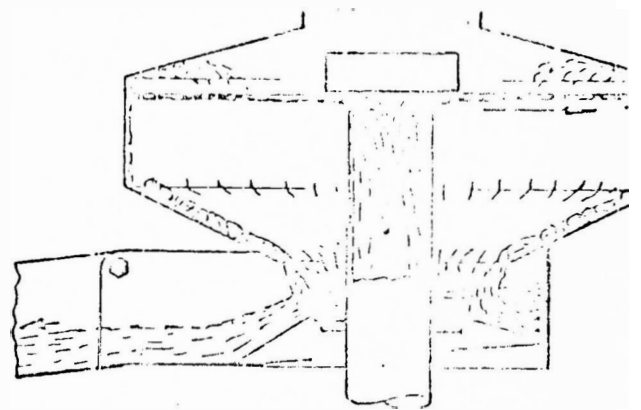
Figura 14



CICLO COMPLETO DE LA OPERACION DEL
DESGASIFICADOR



SUCCION DE LA BOMBA CENTRIFUGA



EFFECTOS DE SPRAY EN EL TAN-
QUE ELEVADO.

flujo, instalar la unidad lo más bajo como sea posible da buen resultado. La figura 15 nos muestra la relación que existe entre el flujo tratado del lodo cortado y su nivel de altura con respecto al tope superior.

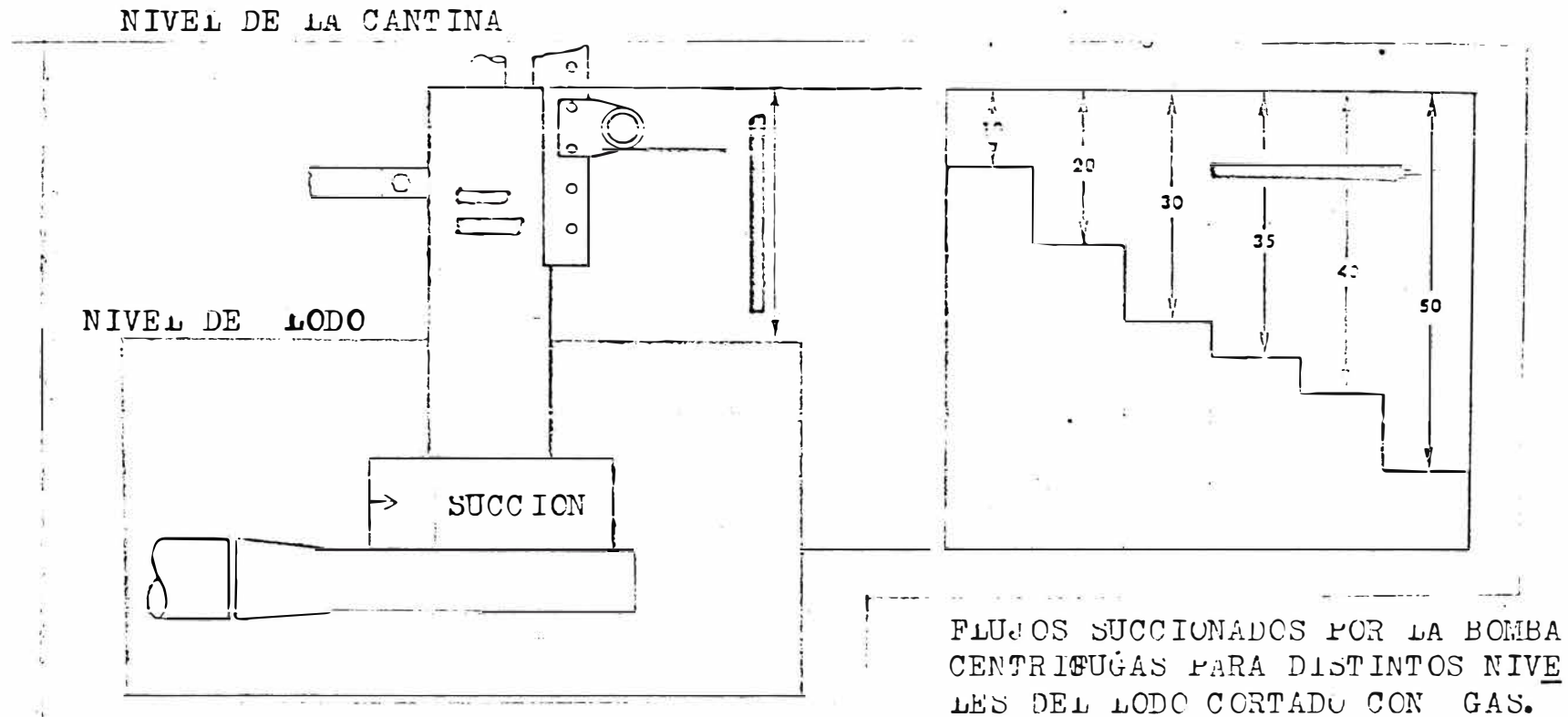
Por lo general el desgasificador es usado cuando se tiene los llamados "GAS DE VIAJE" o cuando se tiene el pozo en surgencia (ya explicado) con bajos volúmenes de lodo. Es muy importante tener en buenas condiciones operativas el desgasificador ya que su funcionamiento nos puede aliviar de serios problemas.

OPERACION DE LOS EQUIPOS ESPECIALES PARA CONTROLAR GRAN VOLUMEN DE GAS.-

Hoy en día existen varios tipos de equipos especiales diseñados para controlar grandes volúmenes de gas que pudiesen presentarse en la perforación de un pozo. Su operación obedece a conocer técnicas avanzadas y especializadas para dar solución a este tipo de problemas, es decir lo que hacen estos Equipos es que al ser manipulados son capaces de impedir o controlar los llamados "REVENTONES" los cuales de no ser controlados traen consigo graves consecuencias incluso tragedias personales.

Los Equipos de Perforación de la Compañía Southern Marine Drilling Co que operan en el Nor-Ceste, cuentan con los más modernos elementos para impedir y controlar reventones. Esto está en función de las ca -

Figura 15



FLUJOS SUCCIONADOS POR LA BOMBA CENTRIFUGAS PARA DISTINTOS NIVELES DEL LODO CORTADO CON GAS.

racterísticas que presente al momento de su ocurrencia el pozo.

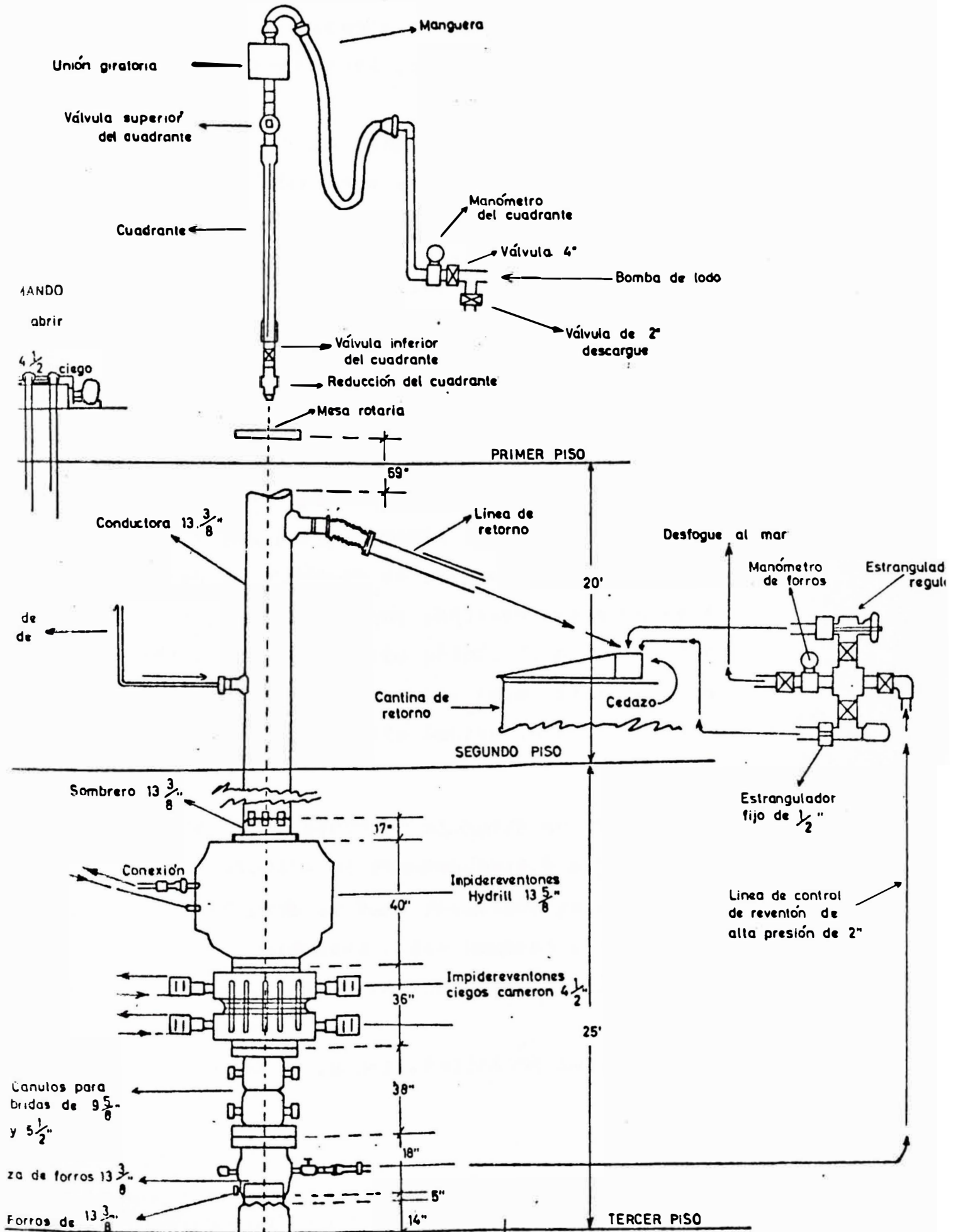
Es actualmente común el armado de todos estos elementos especiales después que se sientan los forros de superficie. La figura 16 muestra en su totalidad el armado de todos los elementos con los que cuenta el equipo de perforación para impedir y controlar reventones .

Las técnicas usadas para impedir y controlar reventones requiere un estudio especial aparte del cual no es tratado en este tema y sólo se limita a enunciar las dos técnicas actualmente mas empleadas para dar solución a problemas de reventones y es justamente la primera la que podría o se usa con los equipos especiales ilustrados en la figura ultima:

- 1.- La técnica de aumentar el peso del lodo hasta lo requerido gradualmente. La limitación de espacio que implica el operar de los equipos sobre las Plataformas fijadas al fondo marino hace que estos no posean con un adecuado número de cantinas de lodo como reserva.
- 2.- La técnica de mantener la presión de inyección constante. Es la mayormente usada y requiere grandes facilidades de contar de inmediato con volúmenes de lodo requerido y los Equipos grandes y modernos cuentan con todos estos elementos.

PARA CONTROLAR REVENTONES

Figura 16



Cabe destacar, que todos estos conceptos anteriormente mencionados en este tema están ligados a la ecuación fundamental que rige la perforación y es la siguiente:

La presión hidrostática manifestada por una columna de fluido esta dada por:

$$Ph(\text{Psi}) = 0.052 \times \text{densidad del (Lpg) fluido} \times \text{altura (Pies)}$$

RECOMENDACIONES PARA REDUCIR PROBLEMAS EN LA PERFORACION DE UN POZO COSTA-AFUERA DEL NOR-OESTE DEL PERU

Teniendo en cuenta los conceptos o fundamentos y el trabajo operativo de los Equipos de control de sólidos y gas anteriormente ilustrados se presenta a continuación un conjunto de recomendaciones para reducir en algo los problemas que pudiesen presentarse durante la perforación de un pozo petrolífero en las Costas-Afuera del Nor-Oeste del Perú; específicamente un pozo perforado por la Compañía Contratista Southern Marine Drilling Co. :

- a.- Empezar a perforar el hueco de superficie con agua y bentonita es recomendable. Una malla de cernido de 40 mesh da buen resultado ya que se trabaja con altos volúmenes (dos bombas) y los cortes de perforación son grandes. Chequear siempre el retorno del lodo.
- b.- Si durante la perforación del hueco de superficie -

surgiera pérdida de circulación incontrolable por cualquier motivo, inmediatamente se cambia de fluido de perforación inyectando de esta manera agua de mar. Se detiene el funcionamiento del cedazo vibratorio.

- c.- Antes de bajar los forros de superficie es recomendable desplazar el agua de mar con lodo y durante la cementación chequear siempre si retorna cemento. En este lapso de tiempo mientras fragua el cemento hacer un chequeo minucioso del cedazo vibratorio, hidrociclones, desgasificador y de las bombas centrifugas de lodo, es importante de modo que todos estos elementos del equipo se encuentren en optimas condiciones de limpieza y operación para la continuación de la perforación del pozo.
- d.- Después de haber sentado los forros de superficie se arman todos los equipos especiales para controlar grandes cantidades de gas en superficie o reventones como lo he mostrado anteriormente. Antes de reiniciarse la perforación del hueco intermedio estos equipos se someten a pruebas de presión para dar garantía a cualquier problema que pudiese presentarse. Son sometidos a pruebas de presión los controladores de reventón, las líneas de control de flujo, los cabezales del pozo y los forros de superficie. Usar como mínimo 800 libras.
- e.- Comenzada la perforación del hueco intermedio con -

el uso del sistema lignosulfonato de base agua de mar que es el fluido utilizado en esta operación; se debe empezar a llevar un estricto control de las propiedades del fluido de modo que éstas se encuentren en el rango óptimo el cual estará dado según los requerimientos del pozo. Las características de este fluido ya se han descrito y el control se hace recogiendo una muestra del lodo en el retorno del pozo y otra muestra en la succión de la bomba. El mayor número de veces que se haga por día, esta operación es mas conveniente.

f.- Durante esta fase de la perforación se atraviesa la formación Cabo Blanco la cual posee presiones anormales; para lo cual es recomendable antes de llegar a su tope subir gradualmente el peso del lodo y si se presentase un " GAS DE VIAJE" poner inmediatamente en funcionamiento el Desgasificador. Un peso de lodo del orden de 11.5 lpg promedio es suficiente.

Antes de hacer viajes o bajar los forros intermedios es recomendable un chequeo por gas parando la circulación del lodo de 1.0 a 1.5 horas. Si hubiera habido durante la perforación en esta fase problemas de gas, las veces que éste se presentase poner en funcionamiento el desgasificador. Experiencias han dado cortes de lodo de 6.6 lpg han sido desgasificados a 11.4 lpg.

h.- Después de haber sentado y cementado los forros in-

termedios se arman nuevamente los equipos especiales para controlar reventones, de la misma manera que para los forros de superficie se prueban a presión.

- i.- Durante el tiempo en que se corre un registro ya sea eléctrico o de desviación del pozo es correcto tener en cuenta un chequeo por gas constante ya que la circulación del lodo es paralizada durante estas operaciones.
- j.- Reiniciada la perforación del huco de producción el lodo comienza a ser tratado de modo de que posea las propiedades adecuadas para cumplir satisfactoriamente su función al atravesar las formaciones productivas. Se empieza a llevar un estricto control de sólidos en el lodo utilizando los hidrociclones. Si el lodo presentase en cierto instante un porcentaje de volumen de sólidos que escapara al rango requerido - es muy seguro que la viscosidad y el esfuerzo gel es tén sumamente incrementados y es esto lo normal durante la profundización de la perforación. Es recomendable recordar los efectos que producen viscosidades y esfuerzo gel elevados: tener que usar excesiva presión para reiniciar la circulación lo que podría traer consigo una pérdida de circulación; es consecuencia de ésto que la columna hidrostática de lodo decrece y si hubiera habido problemas de gas un posible reventón sucedería, altas viscosidades y esfuerzo gel contribuyen al efecto de suaveo tanto pa-

ra el gas, para el agua salada o para la costra, excesiva presencia de arena trae consigo una acción abrasiva contra los elementos del equipo y si en el fondo del pozo estuviera sucediendo una pérdida de filtrado por permeabilidad u otra causa es posible que se presente un atascamiento de cañería.

- k.- Los hidrociclones trabajan optimamente cuando son operados a una caída de presión de 40 a 50 Psi. Los instantes durante la perforación en que son manipulados ya han sido descritos.
- l.- Es recomendable para esta última fase de la perforación cambiar de malla del cedazo vibratorio. Una malla de 80 mesh dá buen resultado.
- m.- Antes de producirse la completación del pozo es recomendable seguir los lineamientos ya descritos y mantener las propiedades del lodo en lo que concierne a peso, viscosidad, esfuerzo gel y filtrado en el rango óptimo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Después de haber hecho los fundamentos teóricos y aplicación práctica de los equipos de control de sólidos y gas que son utilizados en las operaciones de perforación de pozos petrolíferos en las Costas-Afuera del Noroeste del Perú; podemos obtener las siguientes conclusiones:

1.- Facilidad de transporte é instalación como elementos de un equipo de perforación que opera íntegramente montado sobre una plataforma fijada al fondo marino, donde la superficie de trabajo es bien restringida.

2.- Necesidad de poca potencia para su operación y facilidad para entrar en funcionamiento cuando se les requiera.

3.- Simplicidad de su diseño y operación.

4.- Inspección visual de operación y control local del equipo.

5.- Es importante un mantenimiento continuo, el cual es sencillo, de tal manera que se encuentren en óptimas condiciones de operación cuando se les requiera.

6.- Su aplicación en el fluido de perforación utilizado en el área referida por el tema es eficiente. Es

decir tienen buen rendimiento en los sistemas lignosulfo - natos de base agua de mar.

7.- El area anteriormente mencionada presenta a menudo dificultades durante la perforación como presiones anormales, hidratación de lutitas, etc, y es importante mantener el lodo en óptimas condiciones según los requerimientos del pozo.

8.- Los equipos especiales de control de gas en grandes cantidades o reventones deben estar bien armados y probados; atendiendo un buen programa de perforación el cual dependerá de las características del pozo y de esta manera en compañía de los demas elementos del equipo dar confianza a la continuación de la perforación.

9.- Lo anteriormente expuesto implicará la importancia de los equipos de control de solidos y gas durante la perforación de pozos Costa-Afuera del Nor-Oeste del Perú; y en especial en cualquier área del mundo donde se estén llevando a cabo operaciones de exploración.

10.- La reducción de problemas de perforación con el funcionamiento de estos equipos significará una reducción de los costos de perforación, economía para las compañías operadoras, garantía y confianza del trabajo de la compañía contratista y como resultado final el de contar con un pozo en buenas condiciones para ser completado satisfactoriamente si así lo requiriese.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Petroleum Engineering: "Drilling and Well Completions"
Carl Gatlin.
- 2.- Drilling Fluid Engineering Manual
Dresser Magcobar.
- 3.- Composite Catalog of Oil Field Equipment and Servises
Published by: World Oil.
- 4.- Rotary Drilling Conference, Dallas
Presented by: I.A.D.C. Marzo 1,974.
- 5.- Pioneer Centrifuging Company: "Designs or Standard
Equipment"
Published Marzo 1,973.

RESUMEN

CAPITULO I.-

Lineamientos generales del tema de este trabajo:
"Importancia de los Equipos de Control de Sólidos y Gas durante la Perforación de Pozos Costa-Afuera del Nor-C-este del Perú"

CAPITULO II.-

Enfoque detallado de un Sistema Lignosulfonato de base Agua de Mar como fluido de perforación utilizado en el área antes mencionada. Ilustración del fundamento teórico del Control de Sólidos que se hace a un fluido de perforación en general y en específico al Sistema Lignosulfonato de base Agua de Mar. Por último conceptos fundamentales que explican la aparición de gas en algunas circunstancias durante la perforación de un Pozo.

CAPITULO III.-

Descripción de cada uno de los equipos de Control de Sólidos y Gas como elementos de los equipos de perforación de la Compañía Contratista Southern Marine Drilling C^o que perforan para la Compañía Operadora Belco Petroleum C^o en las Costas-Afuera del Nor-Ceste. Ar-

mado de cada uno de los equipos: Cantina de Asentamiento, Cedazo Vibratorio, Hidrociclones, Desgasificadores, Equipos Especiales para Controlar Reventones; como elementos de losequipos de perforación los cuales operan montados - integramente sobre plataformas fijadas al fondo marino.

CAPITULO IV.-

Trabajo Operativo de cada uno de los equipos anteriormente descritos. Recomendaciones Operativas y aplicación práctica de cada uno de ellos para reducir problemas que pudiesen presentarse en la perforación de un pozo típico en las Costas Afuera del Nor-Oeste del Perú. Descripción en forma paralela a las recomendaciones Operativas , el desarrollo de la perforación de un pozo petrolífero en esa área de operación.

CAPITULO V.-

Conclusiones é ilustración final del tema.

BACILIO ANTONIO AMORRORTU TORRES

LIMA, 1,976