

29
29'



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"CEMENTACIONES DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO CORTAS"

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO PETROLERO
p r e s e n t a
JESUS MARES AGUILAR



DIRECTOR DE TESIS:
ING. RAUL POBLANO ORDONEZ

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1990



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.

" CEMENTACIONES DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO CORTAS "

I N D I C E

pág.

INTRODUCCION.	I
I GENERALIDADES.	3
I.1 Propiedades de las lechadas de cemento.	3
I.2 Aditivos para cementos.	7
I.3 Cementaciones.	9
I.4 Clasificación de los cementos A.P.I.	10
I.5 Clasificación de las tuberías de revestimiento.	14
I.6 Equipo necesario para una cementación.	17
I.6.1 Cabeza de cementación.	17
I.6.2 Unidad cementadora.	17
I.6.3 Mezclador.	17
II CONSIDERACIONES QUE PROPICIAN MEJORES CEMENTACIONES.	18
II.1 Lechada de cemento.	18
II.2 Condiciones del agujero.	20
II.3 Centralización efectiva de la tubería de revestimiento.	20
II.4 Condiciones del lodo de perforación.	24
II.4.1 Densidad.	25
II.4.2 Viscosidad.	25
II.4.3 Resistencia Gal.	26
II.4.4 Filtración.	26
II.4.5 Concentración de sal.	26
II.5 Registro de calibración.	27
II.6 Uso de dispersantes de arcillas.	27
III RAZONES PARA LA UTILIZACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO CORTAS.	29

I N D I C E

	pág.
IV ACCESORIOS.	35
V CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO CORTAS.	60
V.1 Par de aprieta.	60
V.2 Velocidad de introducción.	60
V.3 Llenado.	60
V.4 Conexión del colgador.	61
V.5 Registro del peso de la T.R.	61
V.6 Introducción con la tubería de perforación.	61
V.7 Longitud de traslape.	62
V.8 Operación de cementación.	62
V.8.1 Procedimiento para la introducción y cementación.	64
V.8.2 Precauciones.	66
V.9 Modificación de una tubería corta a continua desde la superficie.	67
V.9.1 Secuencia de trabajo.	70
VI APLICACION.	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	90
NOMENCLATURA.	91
REFERENCIAS.	94

INTRODUCCION.

En el proceso de la perforación de un pozo es necesario cementar tuberías de revestimiento cuyos diámetros van disminuyendo a medida que se va profundizando la perforación, de esta forma se tiene que se cementan tuberías conductoras, superficiales, intermedias y de explotación, las cuales cumplen con diferentes funciones.

Al programar las tuberías de revestimiento intermedias y de explotación, debe considerarse la posibilidad de cementarlas como tuberías cortas ya que esta opción permite obtener además de ventajas técnicas, ventajas económicas que reducirán el costo total del pozo.

Las tuberías de revestimiento cortas son secciones de tubería que generalmente van colocadas en agujero descubierto, formando un traslape con la última tubería cementada, pero no son continuas hasta la superficie.

Estas tuberías se cementan básicamente como tuberías intermedias y de explotación.

En algunos casos son utilizadas en agujeros además para reparar daños en tuberías de mayor diámetro.

La cementación de tuberías de revestimiento cortas, conocidas también en el campo como liners, se ha convertido en una práctica común en el proceso de perforación de pozos petroleros, de desarrollo y exploratorios, dada la profundidad programada, se hace necesario la cementación de tuberías cortas intermedias.

Su aplicación surge de la experiencia que se ha tenido en pozos

que han sufrido daños en las tuberías de revestimiento intermedias, a causa del movimiento de la sarta de perforación a través de dichas tuberías, con la finalidad de realizar el cambio de barrena.

Los estabilizadores, lastrabarrenas y la barrena tienen un diámetro cercano al diámetro interior de la tubería intermedia, y continuamente se tiene contacto entre ellas, provocando el desgaste de la tubería de revestimiento.

El presente trabajo proyecta la tecnología a seguir en la cementación de tuberías cortas de revestimiento, como tuberías de explotación en pozos petroleros.

C A P I T U L O I. - GENERALIDADES.

I. I PROPIEDADES DE LAS LECHADAS DE CEMENTO.

RELACION DE AGUA: La relación de agua es la relación del peso del agua usada con respecto al peso del cemento usado.

La cantidad máxima de agua que puede ser usada con un cemento -- para pozos petroleros es la cantidad que puede ser agregada antes de que ocurra la separación de los sólidos.

La cantidad mínima de agua es la cantidad requerida para hacer la lechada bombeable. Por consiguiente, la relación de agua normal - este gobernada por los límites máximos y mínimos para una clase - particular de cemento.

Una lechada bombeable es una que no sólo puede ser bombeada fácilmente sino que también puede ser mezclada fácilmente.

El Instituto Americano del Petróleo (A.P.I.) define tres parámetros acerca del contenido de agua de una lechada.

AGUA NORMAL: Es la relación de agua que proporciona una viscosidad de 11 unidades A.P.I. de consistencia. Esta es el agua recomendada para mezclar un cemento. ⁽¹⁾*

AGUA MINIMA: Es la relación de agua que proporciona una viscosidad de 30 unidades A.P.I. de consistencia. Esta es la mínima relación de agua que puede usarse en una mezcla para obtener una -- lechada bombeable.

AGUA LIBRE: Este es el volumen de agua que sobrenada una lechada que permanece en reposo durante 2 horas. Un exceso de esta agua libre indica la presencia de un exceso de agua en la lechada que

* Referencias al final.

conducirá a la separación de los sólidos.

Todos estos parámetros están controlados por el tamaño de las -- partículas de cemento. Un cemento de molienda fina requerirá más cantidad de agua para mojarse y fluidizar la lechada, al contrario de un cemento grueso que utilizará una menor cantidad de agua para formar una lechada bombeable.

DENSIDAD DE LA LECHADA: La densidad de la lechada es la masa por volumen (gr/cc) de la lechada de cemento. Esta densidad debe ser lo suficientemente baja para ser soportada por las formaciones -- debiles y tan alta como para controlar las presiones del pozo.

La densidad nunca debe ser menor que la del lodo por razones de control del pozo y de remoción del lodo. (2)

La densidad de la lechada debe ser cuidadosamente controlada durante las operaciones de mezclado para un comportamiento del cemento apropiado, debido a que otras propiedades tales como el tiempo de espesamiento, resistencia a la compresión, etc. , son grandemente afectadas por la relación de agua/cemento.

TIEMPO DE ESPESAMIENTO: El tiempo de espesamiento es el tiempo que el cemento permanezca bombeable en el pozo. Esta es la propiedad -- más critica de un cemento para pozo petrolero.

El tiempo de espesamiento tiene que ser tan largo como para permitir colocar el cemento en su lugar y tan corto como para permitir la reanudación de las operaciones rápidamente.

El tiempo de espesamiento no debe ser confundido con el tiempo de fraguado.

El tiempo de fraguado es el tiempo necesario para que el cemento alcance el estado sólido, es decir, que presente resistencia a --

la compresión. Es obvio que el tiempo de fraguado siempre es mayor que el tiempo de espesamiento.

Generalmente, 3 horas de tiempo de espesamiento proveen el tiempo de colocación necesario más un factor de seguridad. Sin embargo el tiempo de cada trabajo debe ser calculado y un factor de seguridad debe ser agregado.

Para trabajos críticos, antes de la operación las muestras del cemento y del agua de la localización a utilizar, deben probarse en el laboratorio bajo condiciones de trabajo en el pozo.

PERDIDA DE FLUIDO: La pérdida de fluido es el agua perdida de la lechada hacia la formación durante las operaciones de colocación de la lechada. Conforme el fluido es forzado fuera del cemento, la densidad de la lechada se incrementa y cambian las características de la lechada.

Si un volumen grande de agua es perdido, la lechada llega a ser demasiado viscosa ó demasiado densa para ser bombeada. De ahí que, los aditivos para el control de la pérdida del fluido son una consideración muy importante en el diseño de la lechada.

También, las lechadas de alta pérdida del fluido depositan un enjarre de cemento el cual puede bloquear el flujo, pegar la tubería de revestimiento, etc.

VISCOSIDAD: La viscosidad es la resistencia de un fluido al movimiento.

Las lechadas con muy bajas viscosidades se separarán, mientras ---

que las lechadas con viscosidades extremadamente altas serán difíciles de bombear.

Para poder realizar los cálculos hidráulicos de la operación de cementación se requiere expresar la viscosidad de la lechada en términos de sus parámetros reológicos. Estos parámetros dependen del modelo reológico que ajuste mejor a las propiedades de la lechada.

De aplicarse el modelo de Bingham se utilizara la viscosidad --- plástica y el esfuerzo de cedencia.

De preferirse el modelo exponencial se usaran el índice de comportamiento de flujo (n') y de consistencia (k').

Los cálculos deben realizarse antes que el trabajo y ayudarán a determinar si una formación se romperá durante el trabajo y cuanto potencia es requerida para bombear la lechada.

RESISTENCIA A LA COMPRESION: El cemento fraguado debe desarrollar resistencia para asegurar la tubería de revestimiento en el agujero y soportar la continuación de las operaciones. La resistencia a la compresión es medida en kg/cm^2 y función de la densidad de la lechada.

A temperaturas arriba de 110°C , la resistencia del cemento se -- degrada. El remedio para la regresión de la resistencia a temperaturas altas es el uso de arena (35%), la cual reacciona con el -- componente que causa la regresión, neutralizándola.

Una resistencia a la compresión mínima de $35 \text{ kg}/\text{cm}^2$ es generalmente requerida antes de reanudar las operaciones de perforación, -- pero resistencias más altas son preferidas debido a la contaminación del lodo, mejor adherencia, etc.

PERMEABILIDAD: La permeabilidad es la medida de la facilidad con

que un fluido fluya a través de los poros conectados de la roca - ó cemento y es medida en milidarcies.

Por supuesto, mientras más baja es la permeabilidad del cemento - fraguado, más protegida está la tubería. Conforme la resistencia a la compresión se incrementa, la permeabilidad disminuye. Del -- mismo modo, la regresión de la resistencia incrementa la permeabi- lidad.

TIEMPO DE ESPERA DEL CEMENTO: Este es el periodo de tiempo requere- rido para que el cemento gane suficiente resistencia a la compresión para continuar las operaciones, 12 horas ó menos son general- mente el tiempo de espera del cemento.

1.2 ADITIVOS PARA CEMENTOS.

Para cubrir el rango de condiciones de trabajo que la industria - petrolera presenta en sus operaciones de cementación, se han dese- rrollado productos llamados ADITIVOS PARA CEMENTOS, los que modifi- can las propiedades originales de las lechadas de cemento neto, permitiendo la creación de lechadas especiales para cada trabajo. Esto ha sido posible grandemente a raíz del desarrollo de los ce- mentos llamados básicos (clase G y H), que por sus características permiten ser modificados ampliamente.

ACELERADORES: Se utilizan en operaciones a temperaturas menor de 38 C para lograr desarrollar resistencias a la compresión acep- tables en corto tiempo (35 kg/cm² a las 8 hrs.).

EXTENDEDORES: Estos aditivos se usan para reducir la densidad de la lechada en los casos en que la formación no puede soportar la densidad de la lechada normal. También se utilizan para hacer más económicas las lechadas, incrementando el rendimiento.

DENSIFICADORES: Los densificadores tienen la función inversa a los extendedores. Incrementan la densidad de la lechada, al integrar material de alta densidad, se logra una lechada que puede controlar altas presiones en el pozo.

RETARDADORES: Los retardadores se agregan a las lechadas de cemento neto para evitar un fraguado demasiado rápido.

El tipo y la concentración del retardador dependen mayormente de la temperatura que de la profundidad (PRESIÓN) del pozo. La finura del cemento también incide fuertemente en los retardadores, ya que la velocidad de hidratación es función de la superficie específica de los granos de cemento.

El uso de retardador en concentración excesiva puede causar el sobreretardamiento de la lechada que origina problemas de canalizaciones en formaciones que contienen gas. Se extiende sin necesidad el periodo de tiempo entre el tiempo de espesamiento y el tiempo de fraguado.

CONTROLADORES DE PERDIDA DE CIRCULACION: Los obturantes se utilizan por lo general, antes de la cementación y no constituyen propiamente un aditivo del cemento. Los bloqueadores a base de cemento son sistemas complejos con propiedades tixotrópicas, comúnmente.

REDUCTORES DE FILTRADO: Los reductores de filtrado en el cemento se usan para prevenir la deshidratación prematura de la lechada frente a formaciones permeables, para proteger del daño a las formaciones sensibles y para evitar la formación de nodos en las cementaciones forzadas. Los reductores de filtrado, generalmente incrementan la viscosidad de la lechada y ayuda en el retardamiento del fraguado.

DISPERSANTES: Los dispersantes se utilizan para disminuir la viscosidad de la lechada y mejorar las condiciones de flujo dentro del pozo, logrando flujos turbulentos con menores gastos. Los dispersantes, a temperaturas bajas tienden a incrementar el tiempo de espesamiento de la lechada, por lo que debe ser probada su compatibilidad con el retardador usado.

Algunos, mejoran las propiedades de control de filtrado de la lechada, cooperando con los reductores de filtrado.

SISTEMAS ESPECIALES: Dentro de esta clasificación se encuentran una gran cantidad de sistemas a base de cemento destinados a usos específicos: Cemento con latex, Cementos con fibras, Cementos expansivos, Cementos para controlar gas, etc.

I.3 CEMENTACIONES.

Al perforar un pozo ya sea para explotar aceite, gas, agua ó geotérmico, se tiene que atravesar los diferentes estratos ó capas de las columnas geológicas. Para poder alcanzar el objetivo, es necesario ademar el agujero, para ello se requiere de colocar las diferentes tuberías e usarse, hasta la superficie y cementarlas para lograr la terminación del pozo.

La cementación de pozos es el proceso por medio del cual se desplaza la lechada de cemento, hacia abajo por la tubería de ademe ó perforación y hacia arriba por el espacio anular alrededor de la tubería, al esperar el fraguado del cemento se logra la unión de la tubería con la formación, por lo tanto la cementación es uno de los factores más importantes en la terminación de los pozos. Existen 2 tipos de cementaciones:

Primarias.- Cementar tuberías de revestimiento.

Secundarias.- Remediar una mala cementación primaria, remediar roturas, etc.

Las funciones de las cementaciones son:

- 1.- Crear una adherencia entre la pared del agujero y la T.R.
- 2.- Soportar la tubería de revestimiento.
- 3.- Evitar flujo de fluidos de una zona a otra.
- 4.- Aislar horizontes productores.
- 5.- Remediar una mala cementación primaria.
- 6.- Aislar horizontes agotados.
- 7.- Controlar la RGA y la RAA.
- 8.- Sellar aislando algunas zonas de pérdidas de circulación u - otras formaciones con dificultades.
- 9.- Reparar tuberías de ademe defectuosas ó perforaciones colocadas indebidamente.

1.4 CLASIFICACION DE LOS CEMENTOS A.P.I.

El diseño de los cementos Portland para utilizarse en construcciones en general, está basado para cumplir con ciertas normas que establece la (ASTM) American Society for Testing Materials y por lo general se manufacturan para usarse en condiciones atmosféricas. Debido a lo anterior, el uso de estos cementos en pozos petroleros no puede ser factible ya que se tienen una amplia variedad de temperaturas y presiones; pensando en esto, el A.P.I. estableció una serie de normas que cubren clases ó tipos de cementos diseñados para pozos petroleros: A, B, C, D, E, F, G, H y J.

Los cementos A.P.I. son diseñados para alcanzar un amplio rango de condiciones encontradas en los pozos petroleros. Por consiguiente, las especificaciones respecto a la composición química y la fineza son establecidas por el Instituto Americano del Petróleo (A.P.I.).

CLASE A:

Mezclado con agua para una densidad de 1.87 gr/cc, el cemento -- clase "A" es usado en cementaciones de tuberías de revestimiento

hasta 1830 m., forzadas y taponas. Este cemento puede ser modificado a través del uso de extendedores, retardadores, aditivos para la pérdida de fluido, aceleradores, etc. , para alcanzar cualquier necesidad. Es fácilmente disponible, moderadamente resistente a los sulfatos y puede ser modificado para usarse a otras profundidades.

CLASE B:

Destinado para ser usado de 0 a 1830 m. de profundidad, cuando -- las condiciones requieran una resistencia a los sulfatos moderada ó alta. La densidad de la lechada de cemento clase "B" es de 1.87 gr/cc (56 % de agua).

CLASE C:

El cemento A.P.I. clase "C" es usado hasta 1830 m. y puede ser -- modificado para profundidades mayores. Donde se requieran, simultáneamente, resistencia a los sulfatos y alta resistencia inicial a la compresión, el cemento clase "C" es el más adecuado.

El cemento clase "C" es usado en todos los tipos de aplicaciones hasta una profundidad de 3050 m. La densidad de la lechada normal del cemento clase "C" es de 1.77 gr/cc (56 % de agua). Sin embargo, 70 % de agua para una densidad de 1.67 gr/cc también puede -- ser usada. El cemento clase "C", ofrece las ventajas de una alta resistencia a los sulfatos y una resistencia a la compresión inicial; sin embargo, presenta tiempos de espesamiento erráticos a profundidades abajo de 3050 m. y requiere más retardador que las -- las clases A, G ó H.

CLASE D:

El cemento A.P.I. clase "D", es fabricado para ser usado hasta -- 3050 m. sin aditivos.

Los cementos clase D y E han sido substituidos por los cementos - clase G y H. Aunque diseñado para ser usado sin aditivos extras, el cemento clase D puede ser modificado.

El contenido de agua recomendado por el A.P.I. es de 38 %, el -- cual produce una densidad de la lechada de 1.87 gr/cc. Esta pre-- retardado para su uso hasta 3050 m. y puede ser modificado con -- aditivos para casi cualquier aplicación. Puede ser preparado en - un rango de densidades de lechada de 1.87 a 2.52 gr/cc para pozos que requieren cementos de alta densidad. A profundidades someras se requiere acelerarlo. El cemento clase D es usado con alta den-- sidad de lechada debido al ataque de los sulfatos. Su disponibi-- lidad es limitada y su costo es algo mayor que el del cemento clase C.

CLASE E:

Manufacturado para utilizarse en profundidades de 3050 a 4270 m. y temperatura de 143 °C, presiones y temperaturas altas. Se emplea en altas y moderadas resistencias a los sulfatos.

CLASE F:

Destinado a usarse de 3050 a 5490 m. de profundidad, bajo condi-- ciones extremadamente altas de temperatura y presión. Esta dispo-- nible en ambos tipos: de resistencia a los sulfatos moderada ó -- alta. La densidad de la lechada del cemento clase F es de 1.87 -- gr/cc (38 % de agua).

CLASE G:

El cemento clase G es un cemento especial para todo uso, diseñado para usarse hasta 2440 m. de profundidad sin necesidad de aditivos. el cemento clase G es un cemento de moderada ó alta resistencia -

a los sulfatos, el cual puede ser modificado para cubrir un --- amplio rango de profundidades de pozos y temperaturas. Mezclado en una relación de agua de 44 %, el cemento clase G es un cemento utilizable en cualquier aplicación. El cemento clase G puede ser modificado para aplicaciones someras ó extremadamente profundas.

CLASE H:

El cemento A.P.I. clase H es un cemento para pozo petrolero, para todo uso. Esta molido gruesamente y está diseñado para usarse hasta 2440 m. sin modificación. El cemento clase H es un cemento moderadamente resistente a los sulfatos el cual puede ser modificado para cubrir un amplio rango de densidades, con los aditivos -- apropiados. La densidad de la lechada recomendable para el cemento neto es de 1.98 gr/cc, pero 1.87 es común.

Este cemento fue desarrollado para un comportamiento uniforme a - altas temperaturas y grandes profundidades. La resistencia a la - compresión no son tan altas como las de los cementos de molienda más fina, a bajas temperaturas.

CLASE J:

El cemento clase J es un cemento especialmente desarrollado destinado para el uso, tal como se fabrica, en un rango de 3660 a 4480 m. de profundidad. Con aditivos, este cemento puede ser usado abajo de 4480 m. El cemento clase J es un cemento de alta resistencia a los sulfatos.

El cemento clase J no es recomendable para ser usado en pozos con temperaturas menores a 110°C. El cemento clase J es un sistema de cemento-silice-caliza sin especificaciones químicas del A.P.I.

A diferencia de otros cementos A.P.I., el cemento clase J no requiere sílice para prevenir la regresión de la resistencia a la - compresión a temperaturas estáticas de fondo mayores de 110°C.

El cemento clase J no necesita retardadores hasta los 4480 m.

No se recomienda a temperaturas menores que 110°C. El cemento -- clase J requiere una relación de agua de 43 % y preferiblemente más baja, para suspender los sólidos. Las resistencias a la ---- compresión iniciales son más bajas que las de otros cementos -- portland, pero gradualmente suben hasta superarlas, después de - una semana aproximadamente.

I.5 CLASIFICACION DE LAS TUBERIAS DE REVESTIMIENTO.

Los requerimientos que una tubería de revestimiento deben cum--- plir a medida que se va profundizando en la perforación del pozo van siendo diferentes, por lo que en base a la función que de--- sempeñan se clasifican en:

A.- Tubería de revestimiento conductora.

Es la de mayor diámetro empleada en el pozo y se utiliza en don- de las formaciones superficiales son muy deleznable, para así - evitar la acción de lavado y erosión por el fluido de perforación.

La profundidad de cementación de esta tubería depende de la pro- fundidad de la primera capa estable atravezada durante la opera- ción.

B.- Tubería de revestimiento superficial.

Su función es proteger y aislar los mantos acuíferos y proporció- nar un ancla para el equipo de conexiones superficiales de con- trol, así como dar apoyo en la superficie a las columnas de tub- ría de revestimiento más profundas.

C.- Tuberías de revestimiento intermedias.

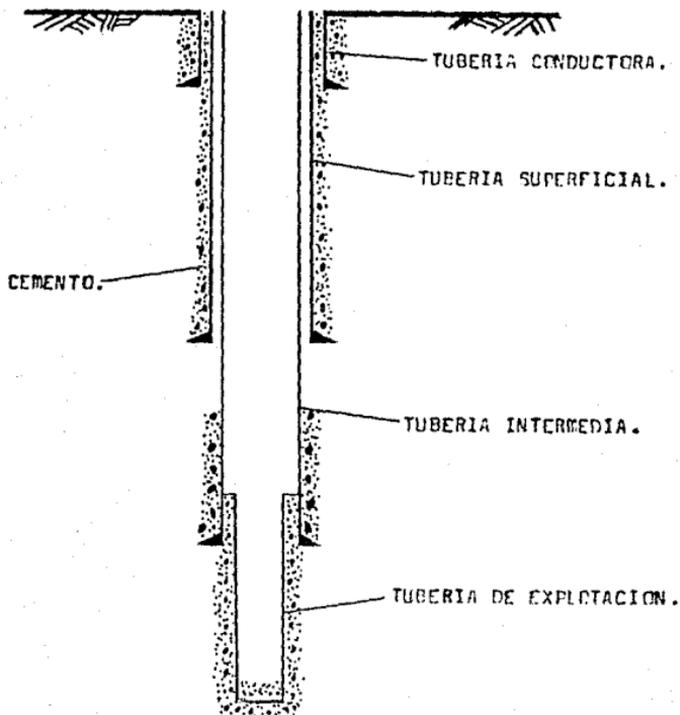
Tiene como función evitar derrumbes en el pozo, así como también

recubrir todas las complicaciones de caracter geologico que --- puedan presentarse, tales como: Zonas de presión anormal y zonas con pérdida de circulación. De esta forma se asegura la perforación del pozo hasta la profundidad proyectada.

D.- Tuberías de revestimiento de explotación.

Esta tubería es la más importante en el pozo productor de hidrocarburos, se cimenta para evitar el flujo de los fluidos hacia otros formaciones.

En algunas ocasiones cumplen la función de las tuberías de revestimiento intermedias (fig. I).



(fig. 1) arreglo esquemático de las diferentes tuberías en el pozo.

I.6 EQUIPO NECESARIO PARA UNA CEMENTACION.

A continuación se describen las funciones del equipo empleado en la superficie al efectuar la cementación.

I.6.1 CABEZA DE CEMENTACION.

Es un niple cerrado de longitud y diámetro variable que va enrocado en la parte superior de la tubería de perforación. Está -- provisto de dispositivos laterales para conectar las líneas que conducen; la lechada de cemento y el lodo utilizado para el desplazamiento provenientes de la unidad cementadora.

I.6.2 UNIDAD CEMENTADORA O UNIDAD DE ALTA PRESION.

La unidad cementadora está constituida por dos bombas de alta -- potencia, con su tablero de control y dos tanques ó depósitos, - en los que se mide el volumen de agua utilizado durante la ce--- mentación. Una de las bombas succiona el agua de los depósitos y alimenta al mezclador, proporcionándole el agua necesaria para - obtener la lechada de cemento. La otra bomba succiona la lechada y la envía al pozo a través de las líneas que unen la unidad con la cabeza de cementación.

I.6.3 MEZCLADOR.

En este dispositivo se efectúa la mezcla agua-cemento. Su forma es semejante a la de un embudo con la parte ancha hacia arriba en la cual se vierte el cemento (proveniente de las tolvas).

Está provisto en la base de dos uniones que permiten conectar la línea de agua y la línea de descarga de la lechada. La primera - línea se uno a una de las bombas de la unidad de alta y la segun da línea descarga la mezcla de cemento a un depósito, del que es succionada por la otra bomba y enviada al pozo. Con el propósito de controlar la densidad de la lechada, ésta se determina periódicamente tomando muestras del depósito mencionado.

C A P I T U L O II.- CONSIDERACIONES QUE PROPICIAN MEJORES

CEMENTACIONES.

Las pérdidas económicas debido a los problemas que se presentan en las malas cementaciones, han atraído la atención con el fin de localizar las causas que las producen y que en algunas ocasiones dañan el pozo irremediablemente.

Un pobre trabajo de cementación puede resultar en una falla de aislamiento de zonas productoras, lo que podría conducir a:

- ** Tratamientos inefectivos de estimulación.
- ** Evaluación impropia del yacimiento.
- ** Comunicación anular con fluidos indeseables del pozo.
- ** Acumulación de gas en el espacio anular.
- ** Propiciar un brote.

En la planeación de un trabajo de cementación son varios factores previos a la cementación que determina el éxito ó fracaso de dicha operación, siendo tales factores:

II.I LECHADA DE CEMENTO.

A continuación se indican las principales propiedades y características que se deben controlar en la lechada de cemento:

Densidad.- Deberá ser tal que permita efectuar la cementación -- sin exceder el gradiente de fractura de la formación. Con el -- propósito de mejorar el desplazamiento del lodo del espacio anular, se recomienda que la densidad de la lechada de cemento sea mayor que la densidad del lodo de perforación, con una diferencia mínima de 0.25 gr/cc. (2)

Pérdida de agua.- En las lechadas de cemento con pérdida aprecia

bles de agua originan; incremento en la densidad, reducción en -- la bombeabilidad, reducción en el área efectiva del espacio anular y por consiguiente un incremento en las pérdidas de presión -- por fricción.

La pérdida de agua se controla a fin de evitar la deshidratación de la lechada, sobre todo cuando se presume la presencia de forma_m ciones muy permeables ó de baja presión.

Tiempo de espesamiento.- Deberá permitir el desplazamiento de la de la lechada de cemento, hasta el lugar predeterminado, teniendo en cuenta que el espesamiento se acelera con: el incremento de -- temperatura, presiones mayores de 5000 lb/pg², la presencia de -- componentes inorgánicos y la pérdida de agua.

Viscosidad.- Deberá mantenerse cerca, pero siempre mayor, a la -- del lodo de perforación. Con esto se facilita el desplazamiento -- del lodo y se reducen las pérdidas de presión por efecto de la -- viscosidad.

Resistencia a la Compresión.- Después de colocar la lechada de -- cemento, en el espacio anular, es necesario esperar hasta que ésta adquiera una consistencia capaz de sostener a la tubería de -- revestimiento, antes de continuar con la perforación ó termina-- ción del pozo.

Se considera que una resistencia a la compresión de 35 kg/cm² es adecuada para soportar la tubería. Por lo tanto, el tiempo de -- espera puede determinarse experimentalmente, simulando las condiciones de cementación en un aparato de construcción especial y -- midiendo a continuación la resistencia del cemento.

El mínimo tiempo de espera puede estimarse por medio de la ecuación, desarrollada por R.F. Farris. ⁽²⁾

$$T_{woc} = 1.5 T_{m\acute{a}x}$$

donde:

T_{woc} = Tiempo mínimo de espera para el fraguado del cemento (min.).

$T_{\text{máx}}$ = Tiempo transcurrido desde que se mezcla el primer saco de cemento hasta que se alcanza la máxima -- presión dentro de la tubería de revestimiento -- (min.).

Aditivos.- Los aditivos tienen por finalidad modificar las propiedades de las lechadas de cemento.

Sin embargo, su uso requiere un control riguroso, porque modificar alguna propiedad en particular puede alterar otras, tales -- como la resistencia a la compresión, viscosidad, pérdida de agua.

II.2 CONDICIONES DEL AGUJERO.

Uno de los requisitos de mayor prioridad para una buena cementación, es procurar que el pozo tenga un diámetro regular y se encuentre limpio de recortes de la formación, lo segundo se logra -- circulando lodo de perforación el tiempo suficiente para extraer todos los recortes hechos por la barrena. Es recomendable mantener la circulación hasta que las condiciones del lodo que sale -- sean las mismas del que entra.

II.3 CENTRALIZACION EFECTIVA DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO.

Es un factor decisivo para obtener un buen trabajo de cementación ya que cuando la tubería de revestimiento no se encuentra bien -- centrada, los fluidos seguirán el camino de menor resistencia ó -- sea que la mayor parte de los fluidos circularán a través de la -- parte más ancha del espacio anular, mientras que el flujo en la -- parte angosta será reducido ó estático.

Al incrementar la descentralización se aumenta la probabilidad de dejar lodo de perforación en la sección estrecha del espacio anular.

La centralización puede ser medida como: (4)

$$\% \text{ Centralización} = \frac{100 W_n}{R_a - R_{T.R.}}$$

donde:

W_n = distancia mínima entre la pared del agujero y la tubería de revestimiento.

R_a = radio del agujero.

$R_{T.R.}$ = radio de la tubería de revestimiento.

Deben estar en unidades consistentes.

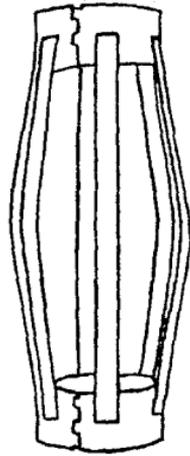
Para lograr que la tubería de revestimiento se encuentre concéntrica a las paredes del agujero que se va a cementar se usan los centradores, los cuales son accesorios secundarios que consisten de una serie de muelles metálicos que se apoyan contra la pared del pozo y van colocados en el cuerpo de la tubería, actuando como patines que facilitan el descenso de la tubería de revestimiento en el pozo.

Algunos centradores con la forma helicoidal que tienen los muelles se logra, eliminar el enjarre en las paredes del pozo, y provocar un flujo en espiral en la corriente de cemento, con lo que se logra un llenado completo reduciendo así la posibilidad de canalizaciones.

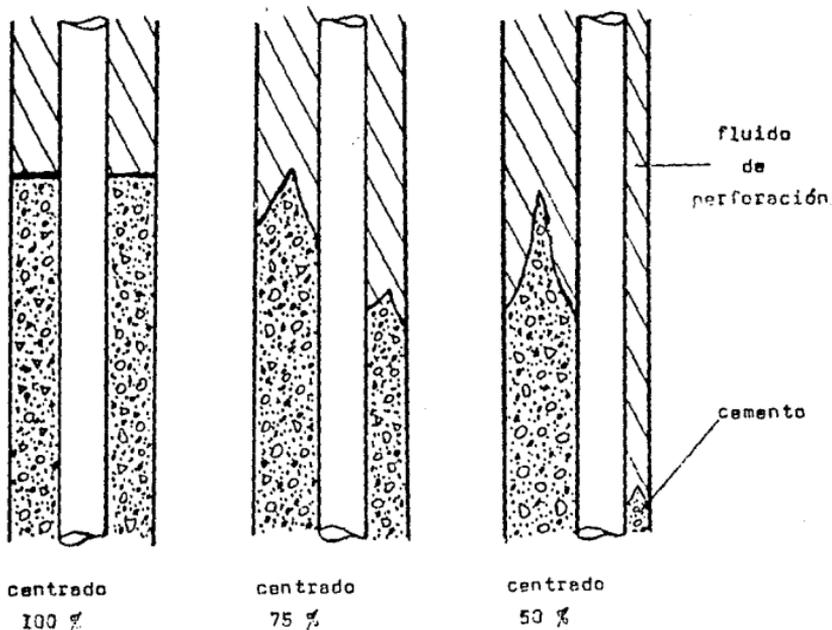
De acuerdo a su diseño se clasifican en dos grupos que son:

Tipo recto. - Se denominan así porque sus flejes siguen una dirección paralela al eje de la tubería.

Espirales. - Los flejes de estos centradores presentan una espiral derecha, que al pasar por una reducción del agujero ejecutan una rotación provocada por la espiral. por lo general van colocados -



(fig. 2) centredor.



Efectos del centrado sobre el desplazamiento del lodo.

en el extremo inferior de la tubería de revestimiento.

Aunque la ubicación de los centradores deberá hacerse tomando en consideración el registro de calibración del agujero, el espaciamiento entre los mismos puede ser calculado de la siguiente manera; (12)

$$L = \left[\frac{(D^4 - d^4)y}{3.056 \times 10^{-6} W \sin \phi} \right] \frac{I}{4}$$

donde:

L = espaciamiento entre centradores (pies).

D = diámetro exterior de la T.R. (pg.).

d = diámetro interior de la T.R. (pg.).

y = deflexión de descentralización (pg.).

W = peso de la T.R. (lb/pies).

ϕ = ángulo de desviación (grados).

$$y = (R_a - R_{T.R.}) - U_n$$

Es recomendable ubicar un centrador por junta en zonas ó intervalos de interés. En agujeros desviados la ubicación de los centradores dependerá de la desviación del mismo (fig. 2).

II.4 CONDICIONES DEL LODO DE PERFORACION.

Una vez terminada la perforación a la profundidad a la cual se va a cementar una tubería de revestimiento, se le deberá dar al lodo de perforación un tratamiento adecuado para tenerlo en condiciones óptimas y de esta forma poder llevar a cabo con éxito la operación de la cementación. Un fluido de perforación en buenas condiciones debe cumplir con características reológicas, tales como:

II.4.1 DENSIDAD.

Esta propiedad debe tomarse muy en cuenta, ya que, si el peso de la columna del lodo en el agujero resulta en una presión hidrostática mayor que la presión de formación se puede crear fracturamiento en las formaciones, lo cual traerá como consecuencia una pérdida de fluido y por el contrario, si la presión hidrostática creada por la columna de lodo es menor que la presión de la formación esto podría ocasionar un brote imprevisto.

En general, se recomienda que la densidad del lodo sea tan baja - como sea posible, para lograr un mejor desplazamiento del mismo - por la lechada cementante.

II.4.2 VISCOSIDAD.

Es la propiedad que afecta el arrastre de los recortes de la formación, por lo tanto ésta debe ser la más apropiada, con el objeto de que se logre una buena limpieza de recortes del fondo del pozo hacia la superficie.

La viscosidad también puede decirse, es la resistencia que el lodo ofrece al flujo ó a ser bombeado.

La viscosidad y la resistencia gel, de un lodo deberán ser adecuadas para:

- ** Permitir a los recortes de la formación asentarse en las presas y dejar escapar el gas que contengan.
- ** Permitir la rápida iniciación de la circulación al empezar a operar la bomba, haciendo posible un buen funcionamiento de la misma.

El lodo además de tener un valor suficiente de viscosidad su velocidad en el espacio anular debiera determinarse para levantar los recortes de la formación desde el fondo del pozo a la superficie. (4)

II.4.3 RESISTENCIA GEL.

El lodo tiene tendencia a coagularse ó a congelarse cuando se --
deja sin agitación. Esta tendencia se expresa como resistencia --
gel.

La resistencia aumenta a medida que pasa el tiempo sin que haya -
agitación. Se reconocen dos resistencias gel; inicial y después -
de 10 minutos. Las características están relacionadas a la capa-
cidad del lodo para soportar los recortes de la formación.

Cuando la circulación del lodo se interrumpe por cualquier motivo
y las bombas de lodo se detienen, la columna de lodo en el pozo -
tendrá cierto volumen de sólidos en suspensión a lo largo del --
pozo.

La resistencia gel del lodo, es decir su tendencia a congelarse,
es la característica que permite que dichos sólidos queden en ---
suspensión durante la interrupción, en lugar de asentarse en el -
fondo del pozo.

II.4.4 FILTRACION.

La estabilidad de la suspensión de arcilla en el líquido es una -
cualidad deseable del lodo. Al no tenerla, el lodo tiende a sepa-
rarse por filtración. Este fenómeno permite al agua separarse de
la suspensión y filtrarse dentro de una formación porosa, dejando
que las partículas de arcilla, formen una costra sobre la forma--
ción. El grosor de la costra puede llegar a aumentarse hasta im-
pedir el paso de la tubería de revestimiento ó que esta se pegue.

II.4.5 CONCENTRACION DE SAL.

Dado que las formaciones petrolíferas se originaron en agua sala-
da, siempre que se perfora se encuentra ésta. Puesto que la sal -
tiene efectos adversos en las suspensiones de agua y arcilla, ---
siempre es deseable saber el grado de salinidad del lodo, para --
tomarse en cuenta en el diseño del cemento.

II.5 REGISTRO DE CALIBRACION.

Es de utilidad para el cálculo más aproximado de la capacidad -- volumétrica del espacio anular comprendida entre el agujero calibrado y la tubería de revestimiento.

Con la ayuda del registro de calibración se puede escoger la posición más adecuada de los centradores para que estos trabajen a su máxima eficiencia.

II.6 USO DE DISPERSANTES DE ARCILLAS.

Como ya se ha mencionado existen muchos factores que pueden afectar para el éxito ó fracaso de una cementación.

Canalización, pobre adhesión e incompatibilidad entre el lodo y - el cemento, estan considerados entre los factores que mayor contribuyen a crear problemas de cementación.

Datos experimentales indican que con frecuencia un alto porcentaje del enjarre de lodo puede ser removido si la lechada es desplazada en flujo turbulento.

Por tales razones es conveniente la utilización de un fluido -- limpiador adelante de la lechada de cemento, con el objeto de - eliminar el enjarre.

BACHES ESPACIADORES:

- ** Su objetivo es mantener separados la lechada y el lodo.
- ** Generalmente son viscosos.
- ** Tienen una densidad intermedia entre el lodo y la lechada.
- ** Alta compatibilidad con el lodo y la lechada.

BACHES LAVADORES:

- ** Su objetivo es disgregar el enjarre.
- ** Generalmente son de baja viscosidad.
- ** Funcionan con flujo turbulento.

Los baches espaciadores y lavadores se usan de acuerdo al tipo de lodo con que se haya perforado el pozo.

C A P I T U L O III.- RAZONES PARA LA UTILIZACION DE TUBERIAS
DE REVESTIMIENTO CORTAS.

Las razones basicas para decidir el empleo de las tuberias cortas en el pozo son:

- a).- La insuficiencia del equipo de perforación en cuanto a su capacidad de carga.

En los ultimos años la búsqueda de los hidrocarburos ha obligado a explorar a grandes profundidades, utilizando en muchos casos - equipos de perforación con capacidad de carga limitada, por lo - que se ha planteado la necesidad de disminuir los grandes esfuerzos de tensión a que son sometidos.

En la fase de introducción de la tubería de revestimiento a una profundidad considerable, es cuando se manifiesta con mayor intensidad estos esfuerzos debido al peso de la tubería.

A causa de esta situación surgió la idea de cementar la tubería - intermedia de revestimiento en dos etapas, la primera como una -- tubería corta y la segunda cementando un complemento de la tubería corta, de esta forma los esfuerzos se ven reducidos en forma considerable, al soportar así el equipo sólo una parte de la sarta de tubería de revestimiento.

b).- Por economía.

Este aspecto debe tenerse muy en cuenta principalmente en pozos exploratorios, ya que no se tiene la certeza de que tales pozos resulten productores.

Por esta razón es factible la cementación de la tubería de explotación como tubería corta con el consiguiente ahorro, y toda vez que se realizan las pruebas correspondientes al contenido de hidrocarburos en los posibles intervalos productores, se determina si se prolonga ó no la tubería hasta la superficie.

En pozos de desarrollo pueden instalarse tuberías cortas conociendo las características del pozo, que la tubería cumpla con las -- especificaciones adecuadas y que además, permita la instalación de las herramientas de terminación y producción del pozo.

Considerando que el aspecto económico es muy importante y que el costo de la tubería de revestimiento es considerablemente alto, - debe tenerse siempre en mente la posibilidad de cementar tuberías cortas.

c).- Para aislar zonas de presión anormal.

La existencia de zonas de presión anormal es una condición que se presenta muy frecuentemente durante la perforación de un pozo, e impiden muchas veces que las operaciones de perforación continúen.

Estas zonas se detectan por el aporte de fluidos al lodo de perforación (zonas de alta presión), ó por las pérdidas de fluido (zonas de baja presión).

En ocasiones se logra controlar y atravesar dichas zonas modificando las características del fluido de perforación, pero muchas veces los problemas persisten haciendo imposible la continuación de los trabajos de perforación.

Este problema puede ser superado cementando una tubería corta - para aislar la zona conflictiva y poder continuar con la perforación hasta la profundidad programada.

d).- Para controlar lutitas plásticas y deleznales.

La inconsistencia y la plasticidad de las lutitas atravesadas es un problema que se presenta con frecuencia durante la perforación de los pozos, estas características de las lutitas traen consigo numerosos problemas como son:

La alteración de las características del fluido de perforación por la adición de sólidos en suspensión.

El atascamiento de la barrena con la consiguiente disminución de su eficiencia.

La resistencia al paso de la sarta de perforación por el estrechamiento del diámetro del agujero.

La pegadura de la sarta de perforación debido al asentamiento de recortes provenientes de esa zona, cuando se tiene que suspender la circulación por fallas en el bombeo, al tener en el fondo del pozo la sarta.

En algunos casos se pueden tener pérdidas de circulación por el lavado de esta zona.

Estos problemas pueden solucionarse utilizando un fluido de perfo

ración adecuado, pero la forma más segura de controlar estas formaciones aislandolas en forma eficiente, es cementando una tubería corta.

e).- Para evitar el daño de las tuberías intermedias, causado por los viajes de la sarta de perforación.

El daño por fricción es causado por las continuas subidas y bajadas de la sarta de perforación para realizar el cambio de barrena, debido a que el diámetro de ésta, de los lastrabarrenas y de los estabilizadores es cercano al diámetro interior de la tubería intermedia, se tienen fricciones continuas entre estas herramientas y la tubería, causando su desgaste.

Este problema puede evitarse cementando una tubería corta que cubrirá el agujero descubierto perforado hasta ese momento, continuando así la perforación con barrena de diámetro menor y evitando de esta forma el daño por fricción en la tubería de revestimiento en forma considerable.

f).- Para la facil reparación de tuberías intermedias, utilizando extensiones ó complementos.

El empleo de las tuberías cortas para la reparación de averías en tuberías intermedias, como son las roturas, desprendimientos, desgastes, fugas, etc. es una solución bastante efectiva.

La tubería intermedia es la que está en mayor medida expuesta a -- una abrasión constante y es esta la causa principal de los daños -- que sufra la tubería.

Estas averías pueden repararse utilizando las tuberías cortas como

extensiones ó complementos.

Por ejemplo, si se tiene la tubería de explotación cementada como liner y la tubería de revestimiento intermedia está dañada en una región cercana a la cima del liner, la solución es cementar una extensión que cubra dicho daño.

Pero si la avería está en una región más cercana a la superficie del pozo, entonces la solución es cementar un complemento del --- liner el cual llega hasta la superficie.

g).- Para disminuir el grado y peso de la tubería de complemento.

La tubería de revestimiento utilizada como complemento de una tubería corta puede ser de grado y peso menor, ya que no está sujeta a los mismos esfuerzos que la tubería corta.

Esto significa que si se tiene un programa inicial para cementar una tubería de revestimiento del fondo a la superficie, se puede optar por cementar primero un liner para aislar el agujero descubierto y así tener el pozo ademado en su totalidad; Posteriormente puede cementarse el complemento con un margen de seguridad más amplio.

Una medida llevada a cabo antes de la cementación del complemento puede ser la disminución de la densidad de el lodo de perforación, de esta forma se puede emplear tubería con menor resistencia al colapso, lo que se traduce en menor grado y peso unitario por lo que el costo de la tubería disminuye, ya que es conocido que - el costo de la tubería aumenta en proporción directa al grado y peso de la misma.

h).- Para disminuir la carga sobre el terreno en que está instalado el equipo de perforación.

El equipo de perforación ya instalado en la localización puede -- sufrir una desnivelación, debido a las enormes cargas de tensión a que se somete durante algunas operaciones, como puede ser durante una operación de pesca ó durante la introducción de una columna muy grande de tubería de revestimiento.

Una forma de disminuir estas cargas durante la introducción de la tubería es cementando una tubería corta en la primera etapa y --- posteriormente cementar el complemento hasta la superficie, disminuyendo de esta manera la carga sobre el terreno en forma considerable.

i).- Rápida instalación.

Las tuberías de revestimiento cortas, pueden ser colocadas en el intervalo deseado mucho más rápido que las normales; ya que una vez conectada la cantidad programada se lleva con la tubería de perforación, a la profundidad deseada.

j).- Evita volúmenes muy grandes de cemento.

Debido a que las tuberías cortas no son cementadas hasta la superficie, el volumen de cemento requerido será mucho menor en cada operación.

C A P I T U L O IV.- ACCESORIOS.

Un colgador de tubería corta, es una herramienta que nos permite anclar ó colgar a la tubería corta en la última tubería de revestimiento cementada (fig. 3).

Esta tubería debe ser capaz de soportar la carga impuesta por la tubería corta. La capacidad de carga de la tubería de anclaje se rige por dos factores, los cuales son:

- a).- El estado de la cementación de la tubería de revestimiento.
- b).- El grado de desgaste que haya sufrido en su interior.

Si la cementación de la tubería de revestimiento de anclaje es defectuosa puede haber un desprendimiento de la tubería a causa del peso de la tubería corta que soportará.

En cuanto al desgaste, si este ha sido muy grande a causa del paso continuo de la sarta de perforación, puede ser un factor determinante para que el afianzamiento de las cuñas del colgador sea insuficiente.

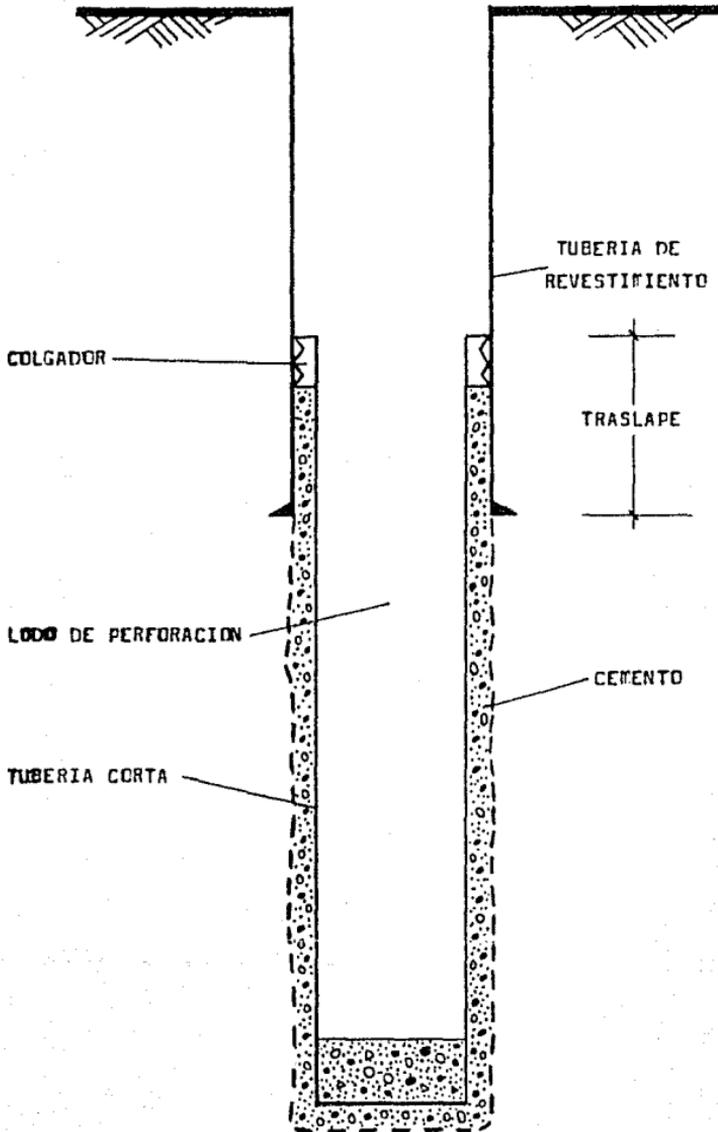
Los colgadores de las tuberías cortas constan básicamente de un juego de cuñas y de unos conos sobre los cuales se deslizarán estas, hasta afianzarse en las paredes de la tubería de anclaje.

Por su mecanismo de anclaje los colgadores se clasifican en Mecánicos e Hidráulicos.

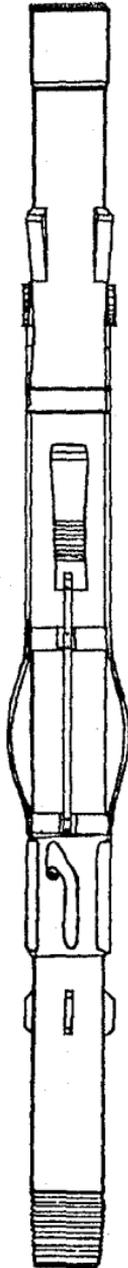
COLGADOR MECANICO.

Este tipo de colgador es operado con la tubería de perforación -- girando hacia la izquierda si el candado es del tipo " J " ó --- levantandole si es del tipo de tope, para liberar las cuñas y --- deslizarlas sobre los conos al aplicarle peso (fig. 4).

Este tipo de colgador es de los más usados para tuberías de diá--



(fig. 3)



(fig. 4) colgador mecánico.

metros pequeños y de poca longitud.

COLGADOR HIDRAULICO.

Este tipo de colgador es operado aplicando presión en la tubería de perforación, provocando que se deslice una camisa que lleva - las cuñas de los conos, liberandolas.

Despues se aplica peso para afianzar el colgador. Estos colgadores se utilizan generalmente cuando no se tiene fondo donde apoyar -- la tubería corta ó bien, como un colgador auxiliar cuando el peso de la tubería corta es excesivo para un solo colgador.

El colgador hidráulico se recomienda en pozos direccionales (fig. 5).

Es recomendable utilizar este colgador cuando se trate de tuberías con longitudes mayores a 100 metros, ya que si la tubería se apoya en el fondo puede deformarse debido a su propio peso en forma helicoidal, lo que dificultaría la introducción de herramientas -- como empacadores, registros, tuberías, etc.

De menor longitud pueden apoyarse en el fondo del pozo, sin riesgo de que nos ocasionen problemas futuros. Es recomendable usar centradores.

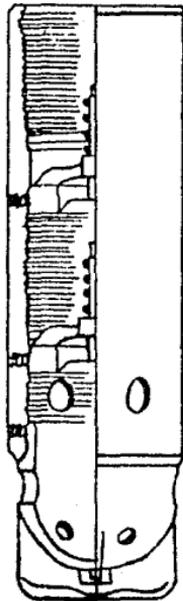
I.- ZAPATA FLOTADORA TIPO " V " (TIPO VALVULA). Se instala en el -- primer tramo de la tubería que se va a introducir al pozo, -- está diseñada para ayudar a flotar la tubería, evitar el regreso -- de cemento. Cuando hay mucho asentamiento de formación en el fondo ó se atasca esta " ZAPATA " en el mismo, permite que el cemento -- pase a través de los orificios del fondo y los laterales.

Permite el paso de fluidos de adentro hacia afuera más no el regre -- so de los mismos (fig. 6).



(fig. 5) colgador hidráulico.

(fig. 6) zapata flotadora tipo " V "



2.- COPLÉ FLOTADOR. Al igual que la zapata flotadora tiene una -- válvula que permite el paso en una sola dirección, se coloca uno ó dos tramos arriba de la " ZAPATA ", el cemento quede abajo del cople. Su función no es únicamente la de flotador, si no que actúa como asiento del tapón de desplazamiento, cuando la operación de cementación termina.

3.- COPLÉ DE RETENCION TIPO I. Se coloca por lo general uno ó dos tramos arriba de la " ZAPATA FLOTADORA " ó " BIEN UNIDO AL -- COPLÉ FLOTADOR ", se puede instalar dejando un tramo de tubería - entre el " COPLÉ FLOTADOR ", en cementaciones donde se utilice un colgador de tipo mecánico.

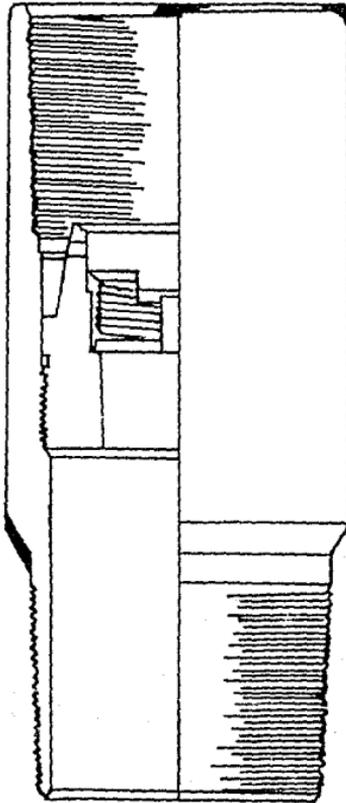
En su diseño tiene un asiento con candado que asegura al tapón -- limpiador, lo cual es una protección adicional para evitar el ingreso del cemento a través del liner (fig. 7).

4.- UNION GIRATORIA TIPO " C ". Se coloca siempre inmediatamente abajo del colgador ya sea mecánico ó hidráulico.

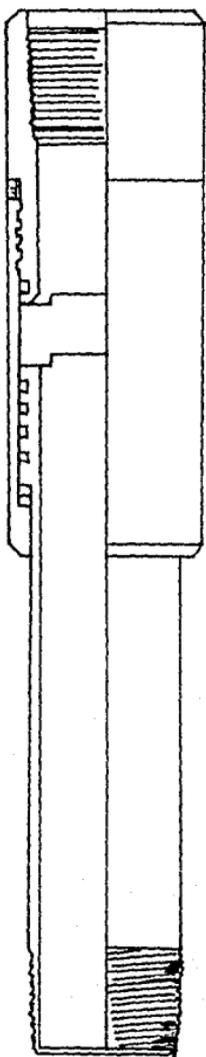
Consta de tres cuerpos ensamblados que permiten movimiento rotatorio entre sí, ya que se separan del embrague por el peso propio de la tubería corta, permitiendo el giro de la misma mediante un asiento de bronce y un juego de sellos de anillo.

Su diseño incluye un embrague mecánico, el cual permite desenrosca a la herramienta soltadora en caso de no poder anclar el colgador cargando peso, el embrague mantendrá al colgador y cople soltador fijos, mientras se desenrosca la herramienta (fig. 8).

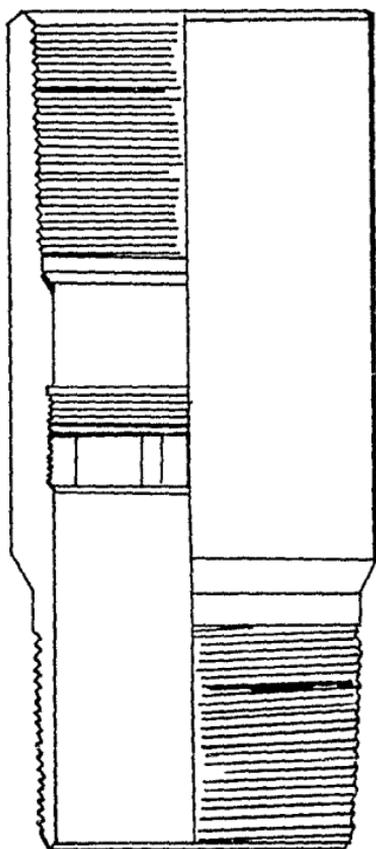
5.- COPLÉ RECEPTOR (CATCHER SUB). Sirve para detener a la canica de bronce y su asiento, para que no se obstruya la circulación de fluidos durante la cementación, en donde se utiliza un colgador hidráulico.



(fig. 7) copie de retención tipo I.



(fig. 8) unión giratoria
tipo " C "



(fig. 9) cople receptor ó catcher sub.

Por lo general se instala dos tramos abajo del cople de retención tipo II (fig. 9).

6.- COPLE DE RETENCION TIPO II. Se coloca siempre, dos tramos ó tubos arriba del cople receptor, en cementaciones donde se -- utiliza un colgador hidráulico.

Tiene en su parte media, un asiento de esfera ó canica, para que una vez se suelte ésta desde la superficie, obture la circulación al bombear lodo, se incrementa la presión, lo que hace que se -- rompan los pernos de corte del colgador hidráulico, actúe su me-- canismo y anclen las cuñas en la tubería. Una presión adicional -- rompe los pernos de corte del asiento de la esfera, descargandose automáticamente la presión, cayendo este asiento y esfera en el -- cople receptor.

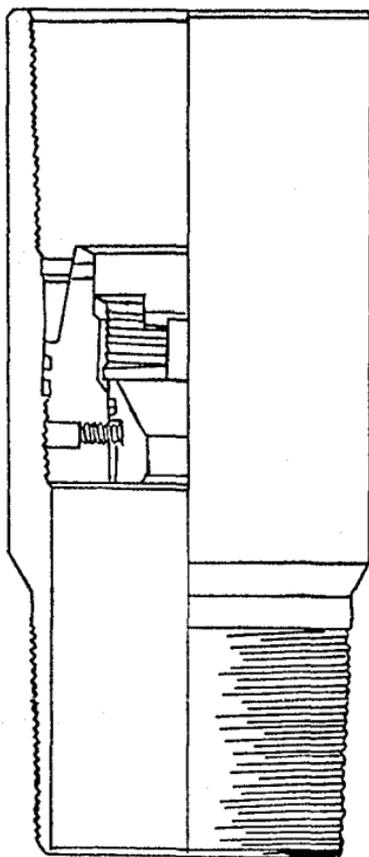
Automáticamente, este cople se convierte en cople de retención tipo I, para recibir el tapón limpiador (fig. 10).

7.- UNION GIRATORIA TIPO " C-I " CON PORTA TAPON. Se utiliza normalmente, en cementaciones que incluyan una válvula de charge 1a. Su diseño cuenta, además de las características de la UNION - GIRATORIA TIPO " C " , con su asiento en la parte superior que -- asegura al TAPON LIMPIADOR TIPO II, durante la corrida de la tubg ría corta (fig. 11).

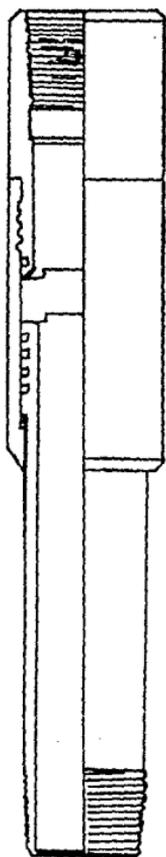
Con esta herramienta, se elimina la necesidad del cople porta tapón de la tubería corta.

8.- COPLE PORTA TAPON. Se coloca siempre en la parte inferior del colgador mecánico ó hidráulico, en cementaciones donde se utiliza una válvula de charnela.

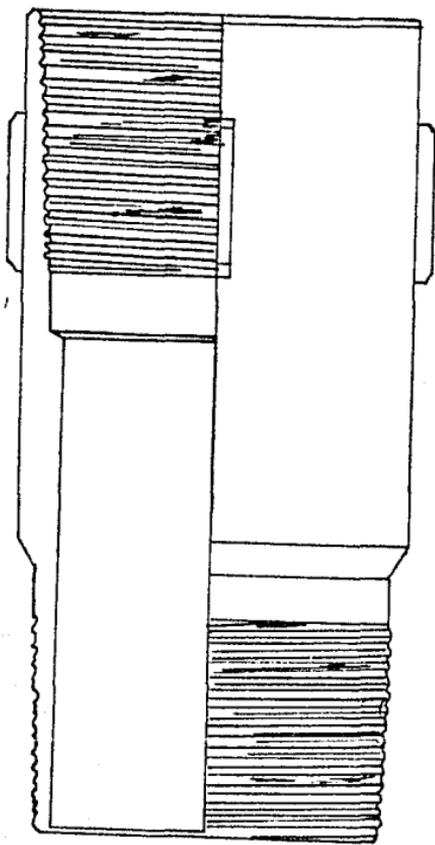
Su diseño incluye un asiento que retiene el tapón limpiador tipo II, durante la corrida de la tubería corta (fig. 12).



(fig. 10) cople de retención tipo II.



(fig. II) unión giratoria tipo " C-1 " con porta-tapón.



(fig. 12) cople porta-tapón.

9.- RECEPTACULO PULIDO. Puede colocarse arriba ó abajo del colgador, proporciona un mejor sello durante la cementación en pozos con altas presiones, temperaturas ó con presencia de H_2S . (12)

(fig. 13).

10.- VALVULA DE CHARNELA. Se coloca arriba del colgador, que proporciona un sello positivo en dos direcciones durante las operaciones de cementación.

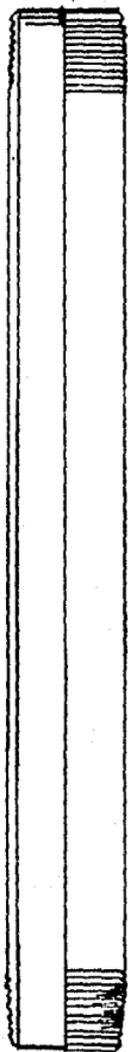
Puede usarse con ó sin charnela (válvula de contra presión). Este accesorio se utiliza con un soldador equipado de un tubo con superficie exterior pulida, denominado AGUIJON. Este sistema reduce el efecto de pistón, ya que la presión durante la cementación actúa contra la sección transversal del agujon siendo menor que el área de copas ó sellos mollyglass, además permite verificar el anclaje del colgador sin riesgo de soltar el TAPON LIMPIADOR (fig. 14).

11.- TAPON DE DESPLAZAMIENTO. Este tapón desplaza el cemento del interior de la tubería de perforación, con la que se corre la tubería corta, separa el cemento del fluido de desplazamiento.

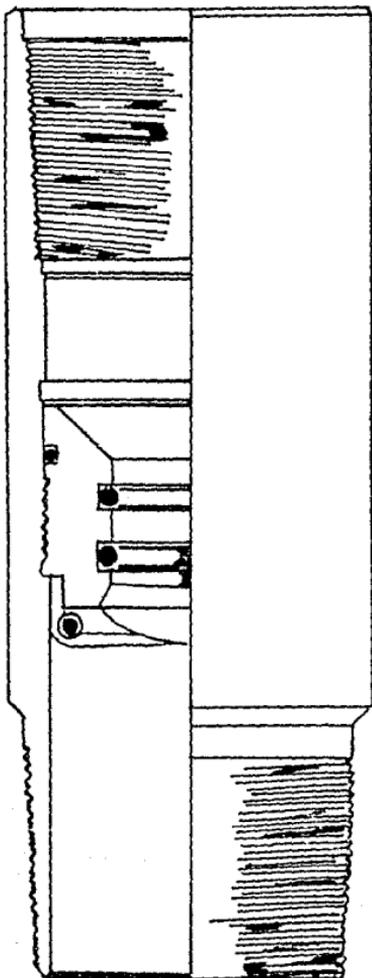
Al llegar al tapón limpiador se acopla en el interior de éste asegurándose con un candado que tiene en la parte inferior (NARIZ), formando un tapón sólido para desplazar el cemento del interior de la tubería corta, al espacio anular.

Estos tapones no operan en tuberías combinadas (fig. 15).

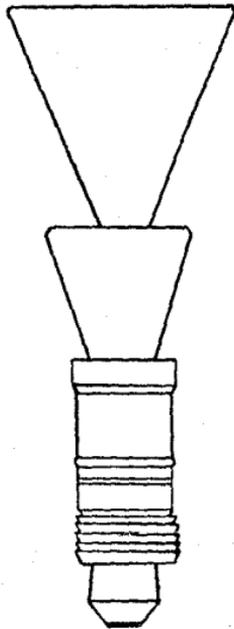
12.- TAPON LIMPIADOR TIPO I. Se constituye de una cope de hule vulcanizada al cuerpo del tapón y un candado de acoplamiento para el cople de retención, su temperatura máxima de operación es de $120^{\circ}C$, se conecta en la parte inferior del soldador por medio de pernos de corte que operan hidráulicamente, se suelta por el tapón de desplazamiento en su interior (fig. 16).



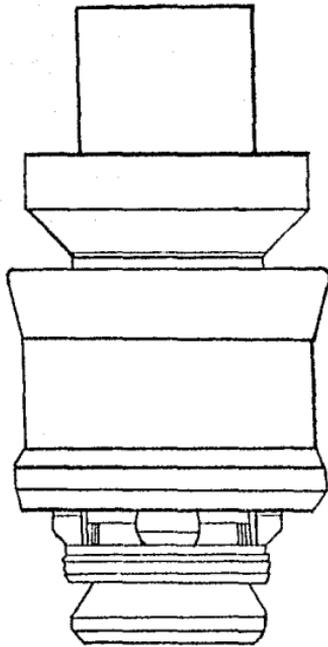
(fig. 13) receptáculo pulido.



(fig. 14)
válvula de charnela.



(fig. 15) tapón de desplazamiento.



(fig. 16) tapón limpiador tipo I.

13.- TAPON LIMPIADOR TIPO II. Su constitución es similar al anterior, sólo que se coloca en el cople porta tapón ó unión -- giratoria con porta tapón, por medio de una serie de cejas, localizadas en la parte posterior del tapón (fig. 17).

14.- CANICA DE BRONCE. Se utiliza en todas las operaciones de un colgador hidráulico. Está realizado en un material de -- bronce, el cual es fácilmente molible una vez terminada la operación.

15.- COPE SOLTADOR TIPO " C ". Es la última herramienta que se coloca en la sarta de la tubería corta, inmediatamente --- arriba del RECEPTACULO PULIDO Ó VALVULA DE CHARNELA, y se utiliza en el caso de que no se requiera una extensión de la tubería corta a futuro (que puede ser un complemento ó extensión).

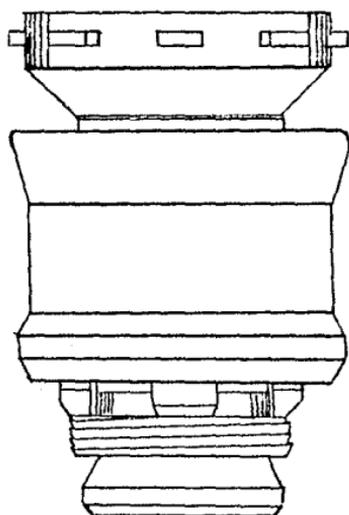
Tiene en su parte interior, una rosca izquierda, la cual es usada para conectar la tubería corta a la herramienta SOLTADORA, y -- bajarla a la profundidad deseada (fig. 18).

16.- COPE SOLTADOR CON EXTENSION TIPO " C-2 ". Es la última herramienta que se coloca en la sarta, inmediatamente arriba del receptaculo pulido ó válvula de charnela y se utiliza en todas las cementaciones de tuberías cortas que prevean una extensión -- (stub) ó un complemento a futuro, utilizando una herramienta -- " MANDRIL DE SELLOS " ó " TIE-BACK " (fig. 19).

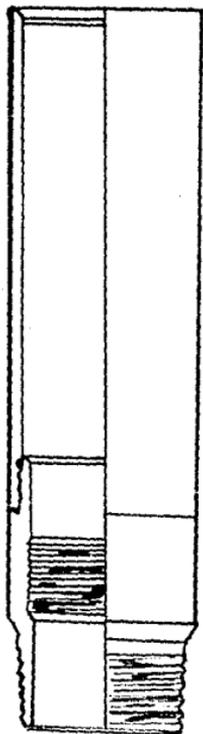
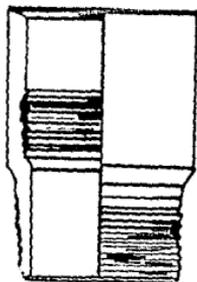
17.- HERRAMIENTA SOLTADORA. Esta herramienta está diseñada para conectar la tubería de perforación con la sarta de la tubería corta, ya que en su parte superior (cople ó conexión superior), se conecta a la tubería de perforación y por medio de su tuerca flotadora izquierda, se rosca a la rosca interior izquierda del COPLE SOLTADOR, que es la parte superior ó boca de la sarta de la tubería corta.

(para poder trabajar la sarta a la izquierda para anclar y a la derecha para soltar).

(fig. 17) tapón limpiador tipo II.



(fig. 18) copla soldador
tipo " C "



(fig. 19) copla soldador con extensión
tipo " C-2 "

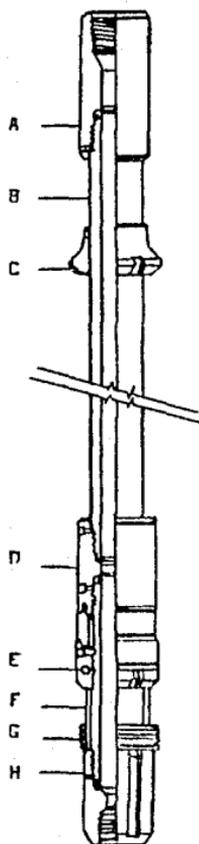
Unas copas de hule colocadas en la parte inferior del soldador -
ó un conjunto de sellos, empaca el espacio entre el soldador y -
la tubería corta (fig. 20).

18.- CABEZA DE CEMENTACION. Una vez que el colgador se encuentra
en la profundidad deseada, se instala la cabeza de cementa-
ción en la última junta de tubería de perforación, cerciorándose
que todos los elementos giratorios y sellos estén operando nor-
malmente, que el tapón de desplazamiento se encuentre alojado en
su posición.

Para el caso de los colgadores hidráulicos, la cabeza de cementsa-
ción cuenta con un puerto en la parte posterior, para introducir
la canica de bronce, que anclará al colgador (fig. 21).

Una vez que el cemento ha sido bombeado al pozo, se deben accio-
nar las válvulas y perno para soltar al TAPON DE DESPLAZAMIENTO
al pozo.

Terminada la operación de bombeo, se desconecta la cabeza de ce-
mentación para recuperar a la herramienta soldadora.



(fig. 20) herramienta soldadora.

A.- conexión superior: Se conecta a la tubería de perforación con la cual se bajara la T.R. corta.

B.- vástago: Proporciona la longitud requerida de la herramienta para liberar a la extensión de la --
camisa soldadora.

C.- anillo chatarrero ó casquillo: Se ajusta a la --
camisa, para evitar que material extraño penetre
al soldador y la extensión del cople soldador.

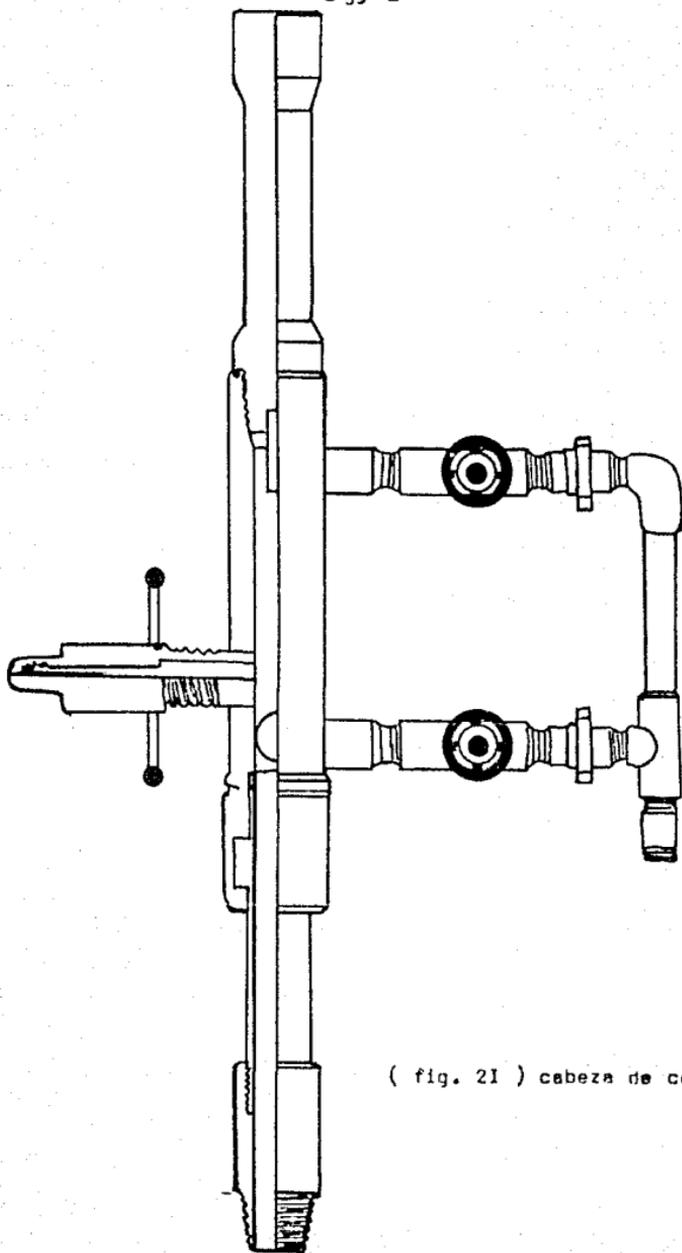
D.- soporte de cuñas.

E.- balero.

F.- cuerpo.

G.- tuerca flotadora: Es una tuerca izquierda, que
que se rosca al cople soldador, y asegure la -
introducción de la tubería corta con los acce-
sorios de anclaje.

H.- adaptador: Conector de la conversión de sellos
requerida.



(fig. 21) cabeza de cementación.

C A P I T U L O V.- CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

CORTAS.

V.1 PAR DE APRIETE.

En la conexión de los tramos de tubería de revestimiento, herramientas y combinaciones, se tendrá especial cuidado que el apriete sea el óptimo especificado por el fabricante, para cada tipo de cuerdas, tomando en consideración el grado y el peso, en las combinaciones, los diferentes tipos de cuerdas se conectarán a su respectivo apriete y por separado.

Hay un servicio de apriete computarizado, que opera con una computadora instalada en una llave de potencia común y corriente, - esta unidad gráfica y muestra digitalmente el número de vueltas y el apriete aplicado, también cuenta con una alarma de sonido, que advierte al operador cuando llega al apriete especificado.

V.2 VELOCIDAD DE INTRODUCCION.

En la introducción de la T.R. aún dentro de la tubería de revestimiento anterior, es necesario hacerlo a velocidad moderada, para evitar fracturar las formaciones atravesadas e inducir pérdidas de circulación que haría fracasar la operación.

V.3 LLENADO.

Después de conectar el equipo de flotación se prueba su funcionamiento con circulación. La tubería de revestimiento se llenará - cada 5 tramos para evitar presiones diferenciales excesivas que ocasionan daño a la zapata.

La tubería de perforación se llenara de 2 a 5 lingadas.

El llenado debe hacerse utilizando línea de llenado con manguera no usar el kelly para llenar ya que produce una compresión de --

aire en el sistema, además es más tardado y puede fácilmente inducir al perforador a girar la mesa rotatoria para desenroscar el kelly, y por lo tanto soltar la tubería corta.

Se recomienda poner los candados (perros), de la rotaria al iniciar a bajar la tubería de perforación.

V.4 CONEXION DEL COLGADOR.

En la conexión del colgador se aplicarán las llaves de potencia, 30 centímetros arriba de la conexión, el par de apriete será el óptimo que especifique el fabricante.

En el cuerpo del colgador no se utilizarán llaves, ni cuñas que puedan provocar deformaciones y posteriormente impedir el anclaje.

Al iniciar a bajar se colocan las cuñas en posición de bajada y se introduce el colgador, cuidadosamente centrado a través del elevador y preventores. De esta forma se evitan daños a los flejes y a las cuñas.

Después de conectar el colgador, se asegura la rotaria y el gancho para evitar la rotación en cualquier sentido.

V.5 REGISTRO DEL PESO DE LA T.R.

Este se hace con la bomba parada y habiendo previamente eliminado el aire del sistema con circulación.

V.6 INTRODUCCION CON LA TUBERIA DE PERFORACION.

Antes de iniciar a bajar con la tubería de perforación, es importante identificar y contar las lingadas armadas, comparándolas con el listado correspondiente.

Durante la introducción se debe calibrar interiormente la tubería de perforación, sin olvidar combinaciones y accesorios.

Después de tocar fondo, poner marca, levantarse cierta altura -- y circular.

V.7 LONGITUD DE TRASLAPÉ.

Este factor se refiere a la longitud de tubería corta que quedará dentro de la tubería de revestimiento de anclaje.

La longitud de traslape está determinada por las siguientes variables:

La consecución de un aislamiento suficiente de las presiones provenientes de la formación, ya que a mayor longitud de traslape, -- mayor cantidad de cemento habrá en él y por lo tanto se tendrá un mayor aislamiento. Al tener una unión más sólida con cemento en el traslape, se consigue aligerar en parte la carga sobre el colgador ya que se pretende que el peso de la tubería corta esté soportado por esta unión.

Las longitudes de traslape más utilizadas actualmente, oscilan -- entre los 50 y los 300 metros (fig. 3).

V.8 OPERACION DE CEMENTACION.

Para la operación de cementación de una tubería corta, se sugiere el siguiente procedimiento.

- I.- El agua empleada en el mezclado será la misma que se utilizó -- para las pruebas de laboratorio en el diseño de la lechada, -- procurando tener un volumen suficiente.
- 2.- Se tendrá así mismo una unidad de cementación adicional para -- el caso de una emergencia.

- 3.- Bombear el volumen suficiente de fluido lavador delante de la lechada de cemento, si el lodo es base agua se puede emplear agua como fluido lavador y si es base aceite se puede utilizar el diesel para lavar el pozo.
- 4.- Mezclar y bombear correctamente la lechada de cemento. El ritmo de bombeo para la cementación de la tubería deberá ser tal que la velocidad en el espacio anular sea la apropiada para que se tenga el tipo de flujo deseado para la cementación según el diseño.
- 5.- La velocidad de desplazamiento en el espacio anular controlará la eficiencia de bombeo de la lechada y la fricción anular. Se recomienda disminuir la velocidad cuando el tapón de desplazamiento está próximo a llegar al final de la sarta de perforación y al llegar al COBLE DE RETENCION. Se debe observar un aumento de presión cuando los tapones se acoplan y rompen los pernos que detienen al TAPON LIMPIADOR.
- 6.- Al terminar el desplazamiento de la lechada se levanta la sarta de perforación con la herramienta soltadora, chacando el peso de la sarta en el indicador. Sacar las lingadas suficientes lo más rápido posible para evitar pegaduras, con el exceso de cemento.
- 7.- Al ir sacando la sarta de perforación con la herramienta soltadora, se deberá ir llenando el pozo para evitar abatimiento en la presión anular, lo cual provocaría la introducción de fluidos en la lechada aún inestable haciendo fracazar la operación de cementación.

Existen ciertos factores que actúan en forma adversa en la operación de cementación de tuberías cortas, estos son:

- ** La falta de movimiento en la tubería, durante la operación.
- ** En agujeros desviados con espacios anulares pequeños, la centralización de la tubería puede ser muy difícil si no es que imposible.
- ** Un reducido espacio anular entre el agujero y la tubería que -

a menudo contribuye a la contaminación del cemento. Este factor sumado a una zona de pérdida de circulación hace de la colocación rápida del cemento una operación peligrosa.

V.8.I PROCEDIMIENTO PARA LA INTRODUCCION Y CEMENTACION.

A continuación se indica un procedimiento simplificado, utilizado ampliamente en la actualidad.

- 1.- Circular y acondicionar el pozo.
- 2.- Sacar la sarta de perforación e introducir un calibrador dentro de ella para comprobar si el tapón de desplazamiento no tendrá obstáculos.
- 3.- Conectar la zapata flotadora a la parte inferior de la tubería corta.
- 4.- Dos tramos arriba de la zapata se instala el cople de retención.
- 5.- Bombear a través de la tubería para checar el equipo de flotación.
- 6.- Conectar los tramos restantes de tubería e introducirla.
- 7.- Llenar la tubería con la bomba del equipo, basándose en el programa del departamento de ingeniería petrolera (profundidad y el tiempo).
- 8.- En el último tramo conectar la unión giratoria y sobre ésta colocar el colgador mecánico.
- 9.- Sobre el colgador conectar el receptáculo pulido y sobre él se instala el cople soltador con extensión.

- 10.- Se introduce la herramienta soldadora con el tapón limpiador y se conecta a el cople soldador con extensión, por medio -- del dispositivo de rosca izquierda.
- 11.- Se conecta la sarta de perforación a la herramienta soldadora y se introduce a la tubería corta, hasta la profundidad deseada, circular en el fondo con la cabeza de cementación instalada, hasta que todos los recortes sean removidos del pozo. La circulación se hará con un ritmo controlado procurando que la velocidad en el espacio anular sea la misma, -- que la usada durante la perforación.
- 12.- Suspender la circulación, levantar la tubería corta de 0.50 a 1.0 metros, dar media vuelta a la izquierda desenganchar el congado tipo " J " del colgador mecánico y bajar nuevamente unos centímetros para que las cuñas del colgador quedan afianzadas a la tubería de revestimiento de anclaje.
- 13.- Girar la sarta de perforación de 12 a 15 vueltas a la derecha para que la rosca del cople soldador con extensión, libere a la herramienta soldadora, quedando así la tubería corta suspendida por el colgador.

Esto se comprueba levantando la sarta unos 50 centímetros y observando el indicador de peso, se deberá notar la pérdida de peso por la falta de la tubería.

- 14.- Bajar nuevamente la sarta apoyandola sobre el colgador con un peso de aprox. 5 toneladas, se conecta la cabeza de cementación, junto con el sustituto que contiene el bastigo, iniciándose la operación de cementación, en la forma siguiente:

- ** Se prueban a presión las conexiones superficiales.
- ** Se bombea el fluido lavador.
- ** Se bombea la lechada de cemento.
- ** Se saca el pesador de la cabeza de cementación y se suelta el tapón de desplazamiento, bombeando el lodo para obligarlo a bajar y desplazar la lechada.

Se deberá poner atención en los manómetros ya que se notará un incremento de la presión al acoplarse los tapones. Los prisioneros de corte que unen al tapón limpiador con la herramienta soldadora se rompen con aproximadamente con 50 kg/cm^2 , más que la presión de circulación.

Al llegar los tapones al cople de retención se afianzan en él -- mediante un candado de anillo que tiene el tapón limpiador, formando una valvula adicional de contrapresión. Al ocurrir esto se notará un gran incremento en la presión lo cual es indicativo de que la operación de cementación ha concluido.

Finalmente se levanta la sarta hasta una altura previamente establecida y se circula en forma inversa para desalojar el exceso de cemento.

Una vez que se considera que el cemento ha fraguado, se efectúen pruebas con presión, tanto en la cima como en la base de la tubería corta, para comprobar si la cementación ha sido satisfactoria, estas pruebas son de la siguiente manera:

Primero se limpia el cemento hasta la cima de la tubería corta y dentro de la boca (sin llegar hasta el cople de retención) y se prueba con presión mediante el uso de un cementador recuperable anclado arriba de la boca de la tubería corta.

Posteriormente se limpia todo el cemento hasta el cople de retención, y se repite la prueba con el cementador recuperable anclado dentro de la tubería corta.

V.8.2 PRECAUCIONES.

Verificar que el descenso de la tubería se haga con el seguro --- (perro), de la mesa rotaria puesto, ya que el colgador a la izquierda ancla y a la derecha suelta, recomendar también que le --- den el apriete necesario a la T.P. para evitar que una junta quede floja.

Revisar la cabeza de cementar, verificando que el pasador (seguro del tapón), entre y salga perfectamente, también verificar la apertura y cierre de las válvulas macho y el libre paso a través de ellas.

Cuando se esté armando la sarta en el pozo, es muy importante medir pieza por pieza del conjunto, así como tener los datos del peso del lodo, densidad, profundidad total del agujero, cuanto lodo y agua hay en existencia, cuanto se requiere, longitud del liner, profundidad a la que se encuentra la zapata de la T.R. -- anterior, especificaciones de la T.P. y la T.R. (diámetro y libraje), a que profundidad quedo el cople de retención, cemento programado y su rendimiento.

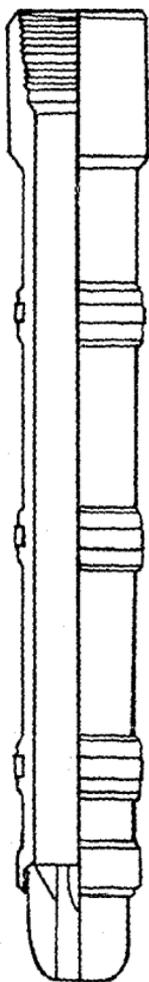
Todos estos datos y el diámetro del agujero son de suma importancia, pues se debe conocer cuanto va a subir el cemento, arriba de la boca del liner, ya que con esto se determina a cuanto hay que levantar la herramienta para estar seguros de que quedará -- fuera del cemento (evitando atrapamiento).

Una precaución previa es que durante el transporte y manejo de la tubería de revestimiento se requiere del uso de protectores de -- rosca para asegurar su protección. Los protectores siempre deberán dejarse instalados en los extremos de la conexión macho hasta que se lleve a cabo la conexión, en esta etapa deberá tenerse cuidado de que no haya materia extraña en las rosca ó cuerdas.

V.9 MODIFICACION DE UNA TUBERIA CORTA A CONTINUA DESDE LA SUPERFICIE.

Cuando después de un tiempo de tener comentada una tubería corta se desea prolongar ésta hasta la superficie, ya sea por rotura -- de la tubería de revestimiento, durante los trabajos de terminación ó bien por altas presiones en la zona de la tubería corta ó algún otro motivo especial, se puede hacer usando una herramienta denominada " TIE-BACK " (fig. 22).

Esto es posible si previamente se instaló un cople soldador con extensión para la misma. Si la tubería corta se prolonga hacia arriba, sin llegar a la superficie, se le denomina " EXTENSION " y si esta se prolonga hasta la superficie, se le denomina ---- " COMPLEMENTO ".



(fig. 22)

" TIE-BACK " 6

" MANDRIL DE SELLOS "

Antes que sea metida la tubería de revestimiento con la herramienta " TIE-BACK ", es recomendable bajar con molino para repasar y limpiar principalmente de residuos de cemento, el interior del cople soldador con extensión, en donde va alojada la herramienta definitiva.

V.9.I SECUENCIA DE TRABAJO.

La tubería de revestimiento se mete llevando instalada al principio la herramienta TIE-BACK, hasta aprox. 9 metros antes de tocar el cople soldador con extensión, donde se establece circulación, hecho esto se conecta el último tramo de tubería de revestimiento y con poca circulación se baja lentamente, introduciendo el TIE-BACK, al interior del cople soldador con extensión, un incremento en la presión de bombeo nos indica que ha empacado correctamente el TIE-BACK, hecho esto se levanta la tubería de revestimiento hasta que salga la herramienta de su asiento, con lo cual se puede circular libre y efectuar la cementación normalmente.

Una vez terminada la cementación se vuelve a colocar el TIE-BACK en su lugar, bajando la tubería de revestimiento, se comprueba esto con la pérdida de peso que veremos en el indicador a la vez tendremos la seguridad de que la operación ha quedado terminada bien, descargando a la presión atmosférica la línea de inyección de la bomba la cual debe ser cero, en caso de falla de la herramienta TIE-BACK, el cemento desplazado tendería a entrar nuevamente a la tubería de revestimiento, hasta nivelar las presiones hidrostáticas del fluido dentro y fuera de la misma.

C A P I T U L O VI.- APLICACION.

CEMENTACION DE UNA TUBERIA DE REVESTIMIENTO CORTA DE 7 5/8" A --

5270 m. (fig. 23).

ACCESORIOS:

LONGITUD:

ZAPATA FLOTADORA T/V, 7 5/8", TAC-I40, 39 LB/PIE, VAM.	0.57
COMBINACION 7 5/8", F) VAM x C) BCN.	0.77
2 TMS. T.R. 7 5/8", TAC-I40, 39 LB/PIE, BCN.	21.23
COPEL FLOTADOR 7 5/8", TAC-I40, 39 LB/PIE, BCN.	0.46
I TRAMO T.R. 7 5/8", TAC-I40, 39 LB/PIE, BCN.	9.21
COPEL DE RETENCION T/I, 7 5/8", TAC-I40, 39 LB/PIE, BCN.	0.35
204 TMS. T.R. 7 5/8", TAC-I40, 39 LB/PIE, BCN.	<u>2281.00</u>

SUMA T.R. Y ACCESORIOS = 2314.39

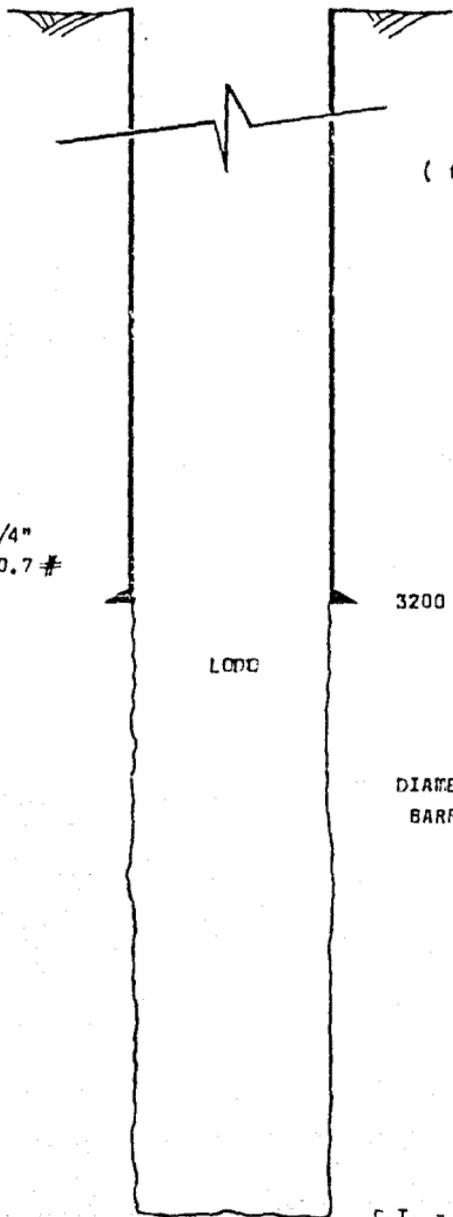
CONJUNTO COLGADOR MECANICO	[UNION GIRATORIA.	1.01
		COLGADOR MECANICO 9 CUÑAS, 7 5/8"x10 3/4"	4.00
		VALVULA DE CHARNELA.	0.38
		NIPLE ADAPTADOR.	0.40
		COPEL SOLTADOR CON EXTENSION.	2.26
		EXTREMO LIBRE.	<u>1.56</u>
			9.61

SUMA DE T.R. Y COLGADOR = 2324 METROS. (fig. 24).

DETERMINAR LA CANTIDAD DE CEMENTO QUE SE UTILIZARA.

I.- Capacidad interior de la T.R. corta.

$$C = 0.5067 (d_i^2) ; C = 0.5067 (6.625^2)$$



(fig. 23)

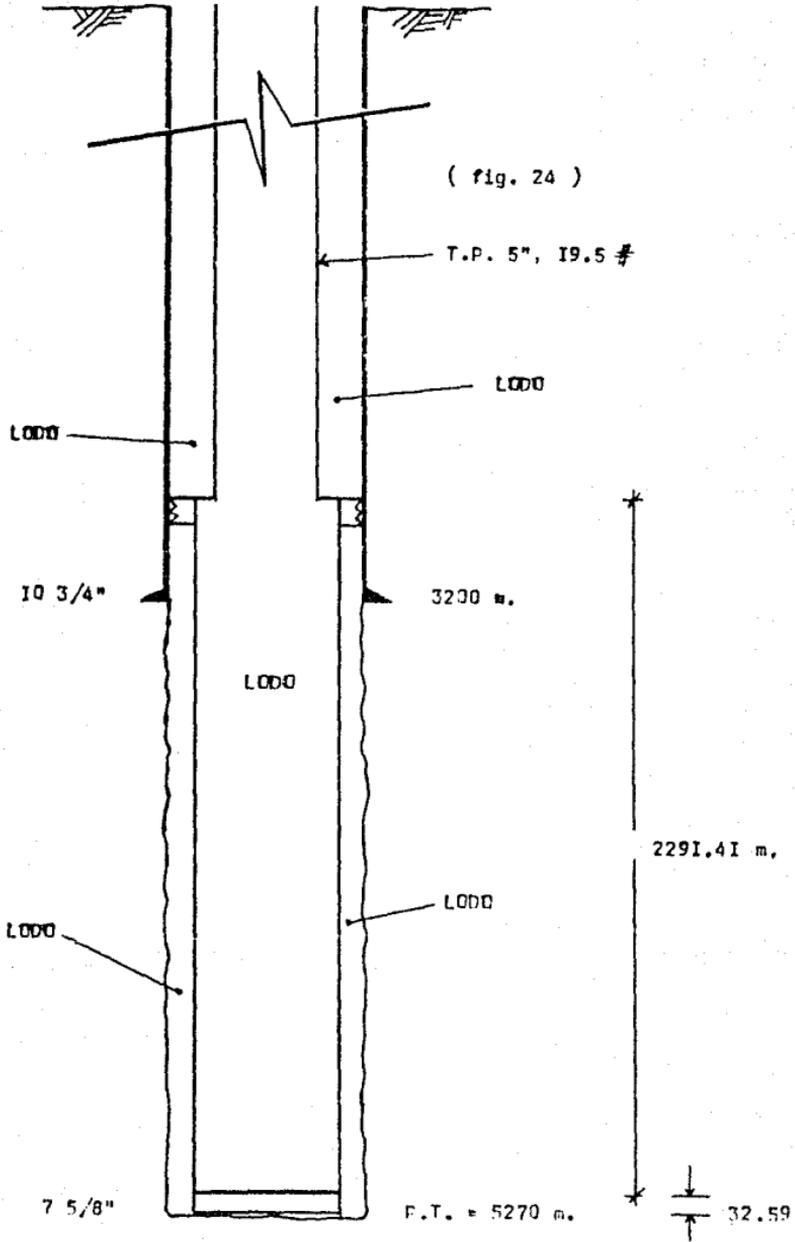
10 3/4"
P-119, 60.7 #

3200 m.

LOG

DIAMETRO DE LA
BARRENA 9 1/2"

C.T. = 5270 m.



$$C = 22.24 \text{ lts/m}$$

2.- Capacidad anular entre T.R. corta y agujero.

$$C = 0.5067 (d_a^2 - d_{T.R.c}^2)$$

NOTA.- El diámetro de la barrena es de 9 I/2", pero mediante el Registro de Calibración se ajusta a 10"

$$C = 21.21 \text{ lts/m}$$

3.- Capacidad anular entre T.R. corta y T.R. 10 3/4"

$$C = 0.5067 (d_{T.R.}^2 - d_{T.R.c}^2)$$

$$C = 17.82 \text{ lts/m}$$

4.- Volumen entre el cople de retención T/I y la zapata flotadora T/V.

$$V = C \times L ; V = 22.24 \text{ lts/m} \times 32.59 \text{ m} ; V = 725 \text{ lts.}$$

5.- Volumen anular entre T.R. corta y agujero.

$$V = 43,905 \text{ lts.}$$

6.- Volumen entre T.R. corta y T.R. 10 3/4"

$$V = 4,526 \text{ lts.}$$

7.- Volumen total de lechada: 49,156 litros.

8.- Volumen total de la lechada con un 25 % de exceso:

$$61,445 \text{ litros}$$

9.- Número de sacos de cemento.

$$\text{N}^\circ \text{ de sacos} = \frac{\text{Vol. total de la lechada (lts)}}{\text{Rendimiento del cemento (lts/saco)}}$$

DATO.- Rendimiento del cemento = 51.6 lts/saco

$$\text{N}^{\circ} \text{ de sacos} = \frac{61,445 \text{ lts.}}{51.6 \text{ lts/saco}} = 1191$$

10.- Tonelaje de cemento a pedir.

$$1,191 \text{ sacos} \times \frac{1 \text{ ton.}}{20 \text{ sacos}} = 59.55 \text{ toneladas}$$

Se pidiran 60 toneladas de cemento.

VOLUMEN DE AGUA NECESARIA PARA PREPARAR LA LECHADA.

DATO.- Requerimiento de agua = 29 lts/saco

$$60 \text{ ton.} \times \frac{20 \text{ sacos}}{1 \text{ ton.}} \times 29 \text{ lts/saco} = 34,800 \text{ litros}$$

PESO DE LA T.R. CORTA EN EL AIRE.

$$\begin{aligned} 2324 \text{ m} \times 39 \text{ lb/pie} \times 3.28 \text{ pies/m} &= 297,362 \text{ libras} \\ &= 135,165 \text{ kilogramos} \\ W &\hat{=} 135 \text{ toneladas} \end{aligned}$$

FACTOR DE FLOTACION.

$$F_f = 1 - \frac{\rho_{\text{lodo}} (\text{gr/cc})}{\rho_{\text{acero}} (\text{gr/cc})}$$

Donde: $\rho_{\text{acero}} = 7.85 (\text{gr/cc})$

DATO.- $\rho_{\text{lodo}} = 1.65 (\text{gr/cc})$

$$F_f = 0.7898$$

PESO DE LA T.R. CORTA CON FACTOR DE FLOTACION.

$$W' = W \times F_p ; W' = 135 \times 0,7898 \hat{=} 107 \text{ toneladas}$$

PESO DE LA TUBERIA DE PERFORACION EN EL AIRE.

$$\begin{aligned} 2946 \text{ m} \times 19.5 \text{ lb/pie} \times 3.28 \text{ pie/m} &= 188,426 \text{ libras} \\ &= 85,648 \text{ kilogramos} \\ W &\hat{=} 86 \text{ toneladas} \end{aligned}$$

PESO DE LA T.P. CON FACTOR DE FLOTACION.

$$W' \hat{=} 68 \text{ toneladas}$$

PESO TOTAL DE LA T.R. CORTA Y T.P.

175 toneladas

DATO.- PESO DEL BLOCK = 10 toneladas
185 toneladas

VOLUMEN DE LODO PARA DESPLAZAR EL CEMENTO.

Volumen de lodo = Vol. de la T.P. + Vol. de la T.R. corta

Volumen de la T.P. = C x L

DATO.- Diámetro interior de la T.P. de 5" = 4,276"
Volumen de la T.P. = 9.2646 lts/m x 2946 m = 27,293 litros
Volumen de la T.R. corta = 50,961 litros

Volumen de lodo = 78,254 litros
 $\hat{=} 492$ barriles

VOLUMEN DE LODO BOMBEADO PARA CHECAR ACPLAMIENTO DE LOS TAPONES.

Volumen de lodo = Vol. de lodo de la T.P.
= 172 barriles

ALTURA DEL CEMENTO EN EL ESPACIO ANULAR AL TERMINAR LA CEMENTACION

CON T.P. ADENTRO.

$$\Psi = \left[\begin{array}{l} \text{Vol. total} \\ \text{de lechada} \\ \text{con por} \\ \text{ciento de} \\ \text{exceso.} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Vol.} \\ \text{entre} \\ \text{cople de} \\ \text{retención} \\ \text{y zapata.} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Vol. anular} \\ \text{entre T.R.} \\ \text{corta y} \\ \text{agujero.} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Vol. anular} \\ \text{entre T.R.} \\ \text{corta y} \\ \text{T.R. } 10 \frac{3}{4}'' \end{array} \right]$$

$$= 61,445 - 725 - 43,905 - 4,526$$

$$\Psi = 12,289 \text{ litros}$$

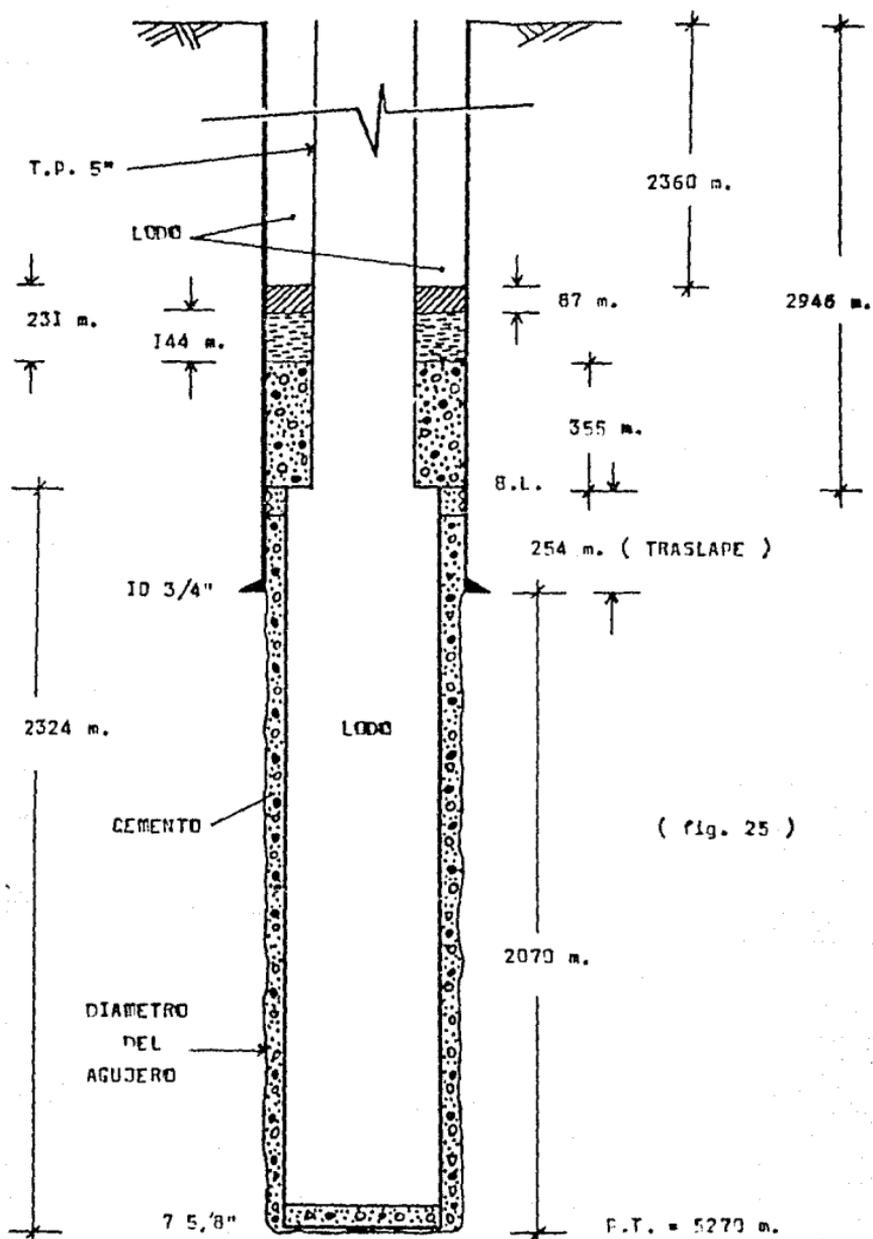
$$H = \frac{\Psi}{\begin{array}{l} \text{Capacidad anular} \\ \text{entre T.P. y T.R.} \\ \text{de } 10 \frac{3}{4}'' \end{array}} = 355 \text{ metros}$$

355 metros, arriba de la B.L. (fig. 25).

ALTURA DEL CEMENTO EN EL INTERIOR DE LA T.R. DE 10 3/4", SIN T.P.

$$H' = \frac{\Psi}{\begin{array}{l} \text{Capacidad de} \\ \text{la T.R. de } 10 \frac{3}{4}'' \end{array}} = 260 \text{ metros}$$

260 metros, arriba de la B.L. (fig. 26).



ALTURA DEL BACHE LAVADOR CON T.P.

DATO.- Bache lavador = $3 \text{ m}^3 = 3000$ litros
Densidad = 0.85 gr/cc

$$H_1 = \frac{\text{Vol. del bache (lts)}}{\text{Capacidad anular entre T.P. y T.R. de IO } 3/4''} = 87 \text{ metros}$$

$H_1 = 87$ metros (fig. 25).

ALTURA DEL BACHE LAVADOR SIN T.P.

$$H_1' = \frac{\text{Vol. del bache (lts)}}{\text{Capacidad de la T.R. de IO } 3/4''} = 63 \text{ metros}$$

$H_1' = 63$ metros (fig. 26).

ALTURA DEL BACHE ESPACIADOR CON T.P.

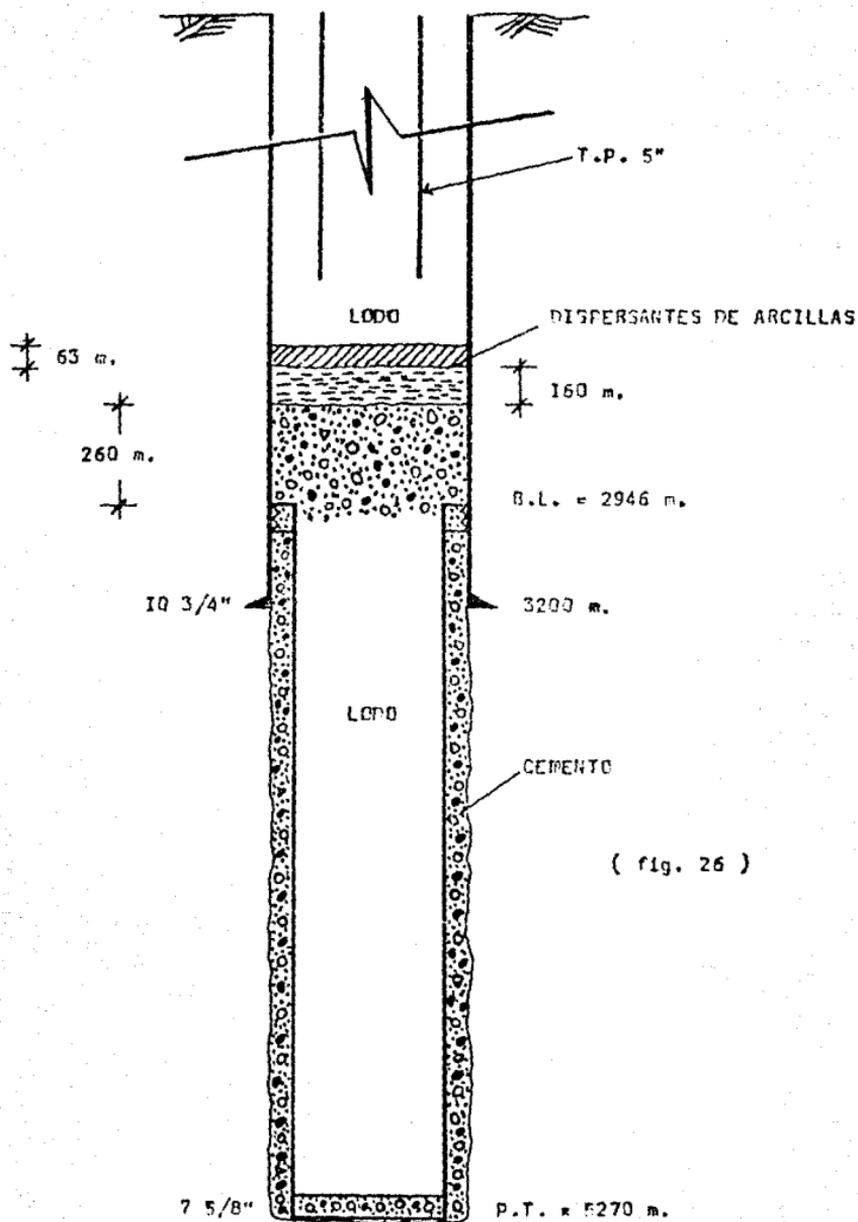
DATO.- Bache espaciador = $5 \text{ m}^3 = 5000$ litros
Densidad = 1.75 gr/cc

$H_e = 144$ metros (fig. 25).

ALTURA DEL BACHE ESPACIADOR SIN T.P.

$H_e = 106$ metros (fig. 26).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



(fig. 26)

DETERMINAR EL NUMERO DE LINGADAS NECESARIAS PARA QUE LA T.P. NO SE QUEDE ATRAPADA EN EL CEMENTO.

CIMA TEORICA DEL CEMENTO $\hat{=}$ 2591 metros (con la T.P. adentro).

355 metros es la altura del cemento.

$$355 \text{ m.} + 100 \text{ m. (MARGEN)} = 455 \text{ metros}$$

UNA LINGADA (triples) $\hat{=}$ 28 metros

$$455 \text{ metros} \times \frac{1 \text{ lingada}}{28 \text{ metros}} = 16.25 \text{ lingadas}$$

17 lingadas se secaran rapidamente para no quedar atrapada la T.P. (fig. 26).

TIEMPO NECESARIO PARA DESPLAZAR EL CEMENTO.

$$\text{TIEMPO} = \frac{\text{Volumen de lodo para desplazar el cemento (bls)}}{\text{Gasto de la bomba (bls/min)}}$$

DATO.- Gasto de la bomba = 5 (bls/min)

TIEMPO = 98.40 minutos

$\hat{=}$ 1 HORA, 38 minutos para desplazar el cemento.

CALCULO HIDRAULICO DEL DESPLAZAMIENTO DE LA LECHADA.

Se efectuara el desplazamiento de la lechada de cemento al espacio anular en régimen de flujo laminar.

Se utiliza cuando se requiere cementar tubería a través de intervalos grandes, así como en la cementación de tuberías cortas a gran profundidad⁽²⁾.

DATOS:

$$\text{LECHADA} = 1.87 \text{ (gr/cc)} = 15.60 \text{ (lb/gal)}$$

$$n' = 0.715$$

$$k' = 0.0015 \text{ (lb}_f\text{-seg}^{n'}\text{/pie}^2\text{)}$$

$$\mu_p = 77 \text{ (cp)} ; \gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 45 \text{ (lb}_f\text{/100 pies}^2\text{)}$$

LODO:

$$1.65 \text{ (gr/cc)} = 13.77 \text{ (lb/gal)}$$

$$n' = 0.49$$

$$k' = 0.012 \text{ (lb}_f\text{-seg}^{n'}\text{/pie}^2\text{)}$$

$$\mu_p = 12 \text{ (cp)} ; \gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 17 \text{ (lb}_f\text{/100 pies}^2\text{)}$$

$$\text{Gasto de la bomba} = q = 5 \text{ (bls/min)} = 13.25 \text{ (lts/seg)}$$

PROCEDIMIENTO:

a.- Velocidad del fluido dentro de la tubería.

$$v = \frac{q}{0.154 \text{ di}^2}$$

a.1 Dentro de la T.P. $v = \frac{13.25}{0.154(4.276)^2} = 4.71 \text{ (pies/seg)}$

a.2 Dentro de la T.R. corta. $v = 1.96 \text{ (pies/seg)}$

b.- Pérdidas de presión por fricción: Para el interior de la tubería.

$$Pf_{it} = \frac{\mu_p L^3 v}{1500 \text{ di}^2} + \frac{L^3 \tau_y}{225 \text{ di}}$$

Pérdidas de presión por fricción, en el interior de la T.P. de 5" desde la superficie hasta su extremo inferior (B.L.) = Pf_I

$$Pf_I = \frac{12 \times 2946 \times 3.28 \times 4.71}{1500(4.276)^2} + \frac{2946 \times 3.28 \times 17}{225(4.276)}$$

$$Pf_I = 191 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Pérdidas de presión por fricción, en el interior de la T.R. corta = Pf₂ -----

$$Pf_2 = 90 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

c.- Velocidad del fluido en el espacio anular.

$$v = \frac{q}{0.154(\text{da}^2 - \text{do}^2)}$$

$$c.1 \text{ Entre agujero - T.R. corta.} \quad v = \frac{13.25}{0.154(10^2 - 7.625^2)}$$

$$v = 2.1 \text{ (pies/seg)}$$

$$c.2 \text{ Entre T.R. de IO 3/4" - T.R. corta.}$$

$$v = 2.45 \text{ (pies/seg)}$$

$$c.3 \text{ Entre T.R. de IO 3/4" - T.P. 5"}$$

$$v = 1.26 \text{ (pies/seg)}$$

d.- Pérdidas de presión por fricción: Para el espacio anular.

$$Pf_{an} = \frac{\mu_p L' v}{1000(da - do)^2} + \frac{L' \rho_j}{200(da - do)}$$

Pérdidas de presión por fricción, en el espacio anular entre agujero y T.R. corta = Pf₃

$$Pf_3 = \frac{77 \times 2070 \times 3.28 \times 2.1}{1000(10 - 7.625)^2} + \frac{2070 \times 3.28 \times 45}{200(10 - 7.625)}$$

$$Pf_3 = 838 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Pérdidas de presión por fricción, en el espacio anular entre T.R. IO 3/4" y T.R. corta = Pf₄

$$Pf_4 = 130 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Pérdidas de presión por fricción, en el espacio anular entre T.R. de IO 3/4" y T.P. de 5" (Altura de la lechada del exceso cuando terminó la operación) = Pf₅

$$Pf_5 = 156 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Pérdidas de presión por fricción, en el espacio anular debido al dispersante de arcillas = Pf₆

$$Pf_6 = \frac{12 \times 231 \times 3.28 \times 1.26}{1000(9.660 - 7.625)^2} + \frac{231 \times 3.28 \times 17}{200(9.660 - 7.625)}$$

$$Pf_6 = 34.4 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Pérdidas de presión por fricción, para el lodo de perforación en el espacio anular, desde la superficie hasta la profundidad a que se encuentra el dispersante de arcillas = Pf₇

$$Pf_7 = \frac{12 \times 2360 \times 3.28 \times 1.26}{1000(9.660 - 7.625)^2} + \frac{2360 \times 3.28 \times 17}{200(9.660 - 7.625)}$$

$$Pf_7 = 351.6 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

8.-

Diferencia de presiones hidrostáticas, debida a la diferencia de densidades del lodo de perforación y los fluidos colocados en el espacio anular.

$$Ph = 0.052 L' \Delta \rho$$

Entre: cemento - lodo : longitud entre T.R. corta y agujero.

$$Ph = 0.052(2070 \times 3.28)(15.60 - 13.77)$$

$$Ph = 646 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Entre: cemento - lodo : longitud de traslape (T.R. 10 3/4" y --- T.R. corta).

$$Ph = 0.052(254 \times 3.28)(15.60 - 13.77)$$

$$Ph = 79 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Entre: cemento - lodo ; Altura de la lechada ó sea el exceso.

$$Ph = 0.052(355 \times 3.28)(15.60 - 13.77)$$

$$Ph = III \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Entre: dispersantes de arcillas - lodo ;

$$\begin{aligned} \text{Densidad de los dispersantes de arcillas} &= 1.3 \text{ (gr/cc)} \\ &= 10.85 \text{ (lb/gal)} \end{aligned}$$

$$Ph = 0.052(231 \times 3.28)(13.77 - 10.85)$$

$$Ph = II5 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Obteniéndose finalmente:

$$Ph = 646 - 79 - III - II5 = 341$$

$$Ph = \underline{341 \text{ (lb/pg}^2\text{)}}$$

(f.-) Presión total requerida en la superficie para desplazar la lechada de cemento al espacio anular,

Pérdidas de presión por fricción en el espacio anular:

	(lb/pg ²)
Lechada de cemento	1,124
Dispersantes de arcillas	34.4
Lodo de perforación	351.6
Subtotal	<u>1,510</u>

Pérdidas de presión en el interior de la tubería de revestimiento corta y tubería de perforación:

	(lb/pg ²)
Lado de perforación	281
Diferencia de presión hidrostática	341
PRESION TOTAL (Ps)	<u>2132 lb/pg²</u>

g.- Gradiente de cementación:

$$G_c = \frac{P_{f_{ea}} + P_{h_{fp}}}{D'}$$

Pérdidas de presión por fricción en el espacio anular:

$$P_{f_{ea}} = 1510 \text{ lb/pg}^2$$

Carga hidrostática en el fondo del pozo:

$$P = \frac{\rho \times h}{10}$$

Lechada de cemento	7111 (lb/pg ²)
Dispersantes de arcillas	426 "
Lodo de perforación	5527 "

$$P_{h_{fp}} = \frac{\quad}{\quad} = 13064 \text{ (lb/pg}^2\text{)}$$

Por lo tanto:

$$G_c = \frac{1510 + 13064}{17285.60}$$

$$G_c = 0.8431 \text{ (lb/pg}^2\text{/pie)}$$

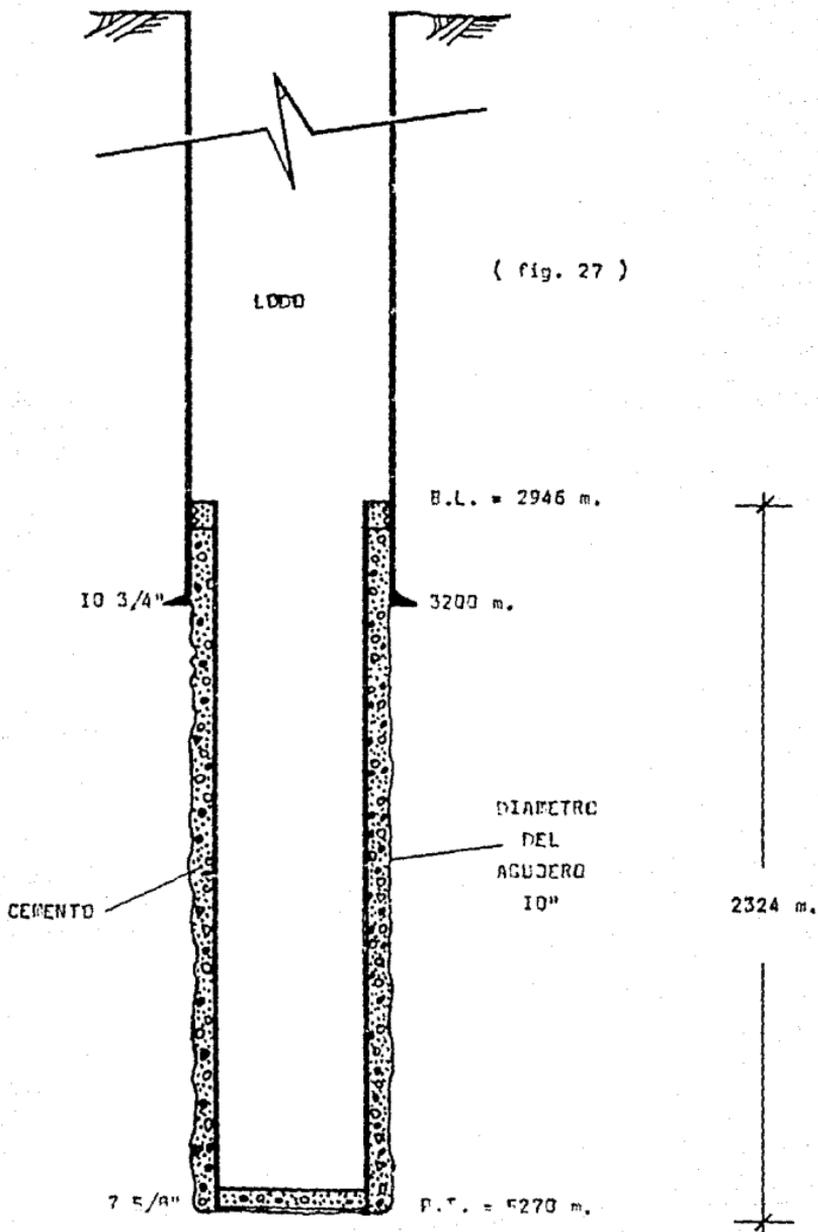
(h.-) Potencia necesaria en el equipo superficial de bombeo, para desplazar la lechada al espacio anular:

$$Hh = 924 \times 10^{-5} \text{ ps q}$$

Sustituyendo valores:

$$Hh = 924 \times 10^{-5} (2132) (13.25)$$

$$Hh = 261 \text{ (hp)}$$



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con la técnica de cementación de tuberías cortas en pozos, se --
obtiene un notable ahorro de tiempo durante su introducción, por
lo que la cementación debe considerarse como una solución que --
obtiene resultados positivos.

El factor humano juega un papel muy importante durante la intro-
ducción de las tuberías cortas, dado que las operaciones de ce-
mentación no son una actividad tan cotidiana en comparación con
otras operaciones realizadas durante la perforación del pozo.

Para asegurar el sellado a lo largo de la sarta, se recomienda --
que todos los accesorios sean roscados por personal especializa-
da.

Al observar estas recomendaciones básicas evitara problemas duran-
te la introducción y cementación de la tubería así como posibles
desprendimientos de la misma.

En pozos verticales no muy profundos, es común utilizar colgado--
res mecánicos al cementar la tubería.

La restricción de los colgadores mecánicos por la profundidad es
debido a las vueltas que requiere para liberar el perno de la --
" J " y anclar el colgador.

En pozos profundos verticales ó direccionales y en equipos flo-
tantes, se recomienda utilizar colgadores hidráulicos. Esto para
accionar su sistema de anclaje, solo requiere de una presión --
diferencial.

NOMENCLATURA.

C	capacidad	lts/m
di	diámetro interior de la tubería	pg
da	diámetro del agujero	pg
de _{T.R.c}	diámetro exterior de la T.R. corta	pg
di _{T.R.}	diámetro interior de la T.R.	pg
V	volumen	lts
L	longitud	m
W	peso de la tubería	ton
F _f	factor de flotación	
ρ	densidad	gr/cc
W'	peso de la tubería, afectada por el factor de flotación	ton
ψ	volumen de exceso de la lechada	lts
H	altura del cemento, con T.P.	m
H'	altura del cemento, sin T.P.	m
H ₁	altura del bache lavador, con T.P.	m
H ₁ '	altura del bache lavador, sin T.P.	m
H _e	altura del bache espaciador, con T.P.	m
H _e '	altura del bache espaciador, sin T.P.	m
P.T.	profundidad total del pozo	m
#	peso de la tubería	lb/pie
B.L.	boca del liner ó tubería corta	m
n'	índice de comportamiento de flujo	
k'	índice de consistencia	lb _f -seg ^{n'} /pie ²
μ _p	viscosidad plástica	cp
T ₀	punto de cedencia de Bingham	lb _f /100 pies ²
q	gasto de la bomba	lts/seg
v	velocidad del fluido	pies/seg
P _f ^{it}	pérdidas de presión por fricción, para el interior de la tubería	lb/pg ²

L'	longitud de la tubería	pies
Pf ₁	pérdidas de presión por fricción, en el interior de la T.P.	lb/pg ²
Pf ₂	pérdidas de presión por fricción, en el interior de la T.R. corta	lb/pg ²
do	diámetro externo de la tubería	pg
Pf _{aa}	pérdidas de presión por fricción, para el espacio anular	lb/pg ²
Pf ₃	pérdidas de presión por fricción, en el espacio anular entre agujero y T.R. corta	lb/pg ²
Pf ₄	pérdidas de presión por fricción, en el espacio anular entre T.R. 10 3/4" y T.R. corta	lb/pg ²
Pf ₅	pérdidas de presión por fricción, en el espacio anular entre T.R. de 10 3/4" y T.P. de 5"	lb/pg ²
Pf ₆	pérdidas de presión por fricción, en el espacio anular debida al dispersante de arcillas	lb/pg ²
Pf ₇	pérdidas de presión por fricción, para el lodo de perforación en el espacio anular, desde la superficie hasta la profundidad a que se encuentra el dispersante de arcillas	lb/pg ²
Ph	presión hidrostática	lb/pg ²
ΔQ	diferencia de densidades	lb/gal
Ps	presión total requerida en la superficie	lb/pg ²
Ph _{fp}	carga hidrostática en el fondo del pozo	lb/pg ²
D'	profundidad del pozo	pies
P	presión	kg/cm ²
h	profundidad del pozo	m
G _c	gradiente de cementación	lb/pg ² /pie
Hh	potencia necesaria en el equipo superficial	hp

Factores de conversión:

1 pg = 2.54 cm

1 pie = 12 pg

1 m = 100 cm

1 m = 3.28 pies

1 galón = 3.785 litros

1 m³ = 35.31 pies³

1 m³ = 6.29 barriles

1 m³ = 1000 litros

1 barril = 159 litros

1 barril = 42 galones

1 tonelada de cemento = 20 sacos

1 saco = 50 kg

1 ton = 1000 kg

1 kg = 1000 gr

1 kg = 2.2 libras

1 hp = 76.04 kg-m/seg

1 lingada (triples) = 28 metros

1 kg/cm² = 14.22 lb/pg²

1 gr/cc = 62.43 lb/pies³

" = 0.0361 lb/pg³

" = 8.3447 lb/galón

1 caja = 10 barriles (en una U.A.P.)

U.A.P. = unidad de alta presión.

REFERENCIAS.

- 1.- Mateo Mendoza.
Curso Avanzado sobre Diseño de Lechadas de Cemento.
Gerencia de Desarrollo de Campos.
Petróleos Mexicanos.
1989.

- 2.- Raúl Poblano Ordoñez.
Diseños de la Cementación Primaria de Tuberías de Ademe.
Instituto Mexicano del Petróleo.

- 3.- Curso de Cementaciones de Pozos Petroleros.
Instituto Mexicano del Petróleo.
1985.

- 4.- Guía Práctica del Ingeniero de Campo.
(Manual de operaciones).
Recopilación:
Victor Manuel Salinas Poumian.
Villahermosa, Tab.
Petróleos Mexicanos.
1988.

- 5.- Francisco Garaicochea Petrírena y Miguel Angel Benítez
Hernández.
Apuntes de Terminación de Pozos.
Facultad de Ingeniería, UNAM.
1983.

- 6.- Francisco Garaicochea Petrírena.
Temas Selectos sobre Cementaciones de Pozos.
Facultad de Ingeniería, UNAM.
1986.

- 7.- Manual de Precisión Mecánica S.A. de C.V.
1987.
- 8.- Diseño de Tuberías en Pozos Petroleros.
PRINVER, S.A. de C.V.
1989.
- 9.- Miguel Angel Benítez Hernández y Francisco Garaichochea
Petirena.
Apuntes de Fluidos de Perforación.
Facultad de Ingeniería, UNAM.
1988.
- 10.- Halliburton Cementig Tables.
1989.
- 11.- Manual de Cementaciones.
Dowell - Schlumberger.
1989.
- 12.- G. Warren Ostroot and L. Greg Carter.
Cementación de tuberías cortas en pozos profundos.
Halliburton Services.
1988.