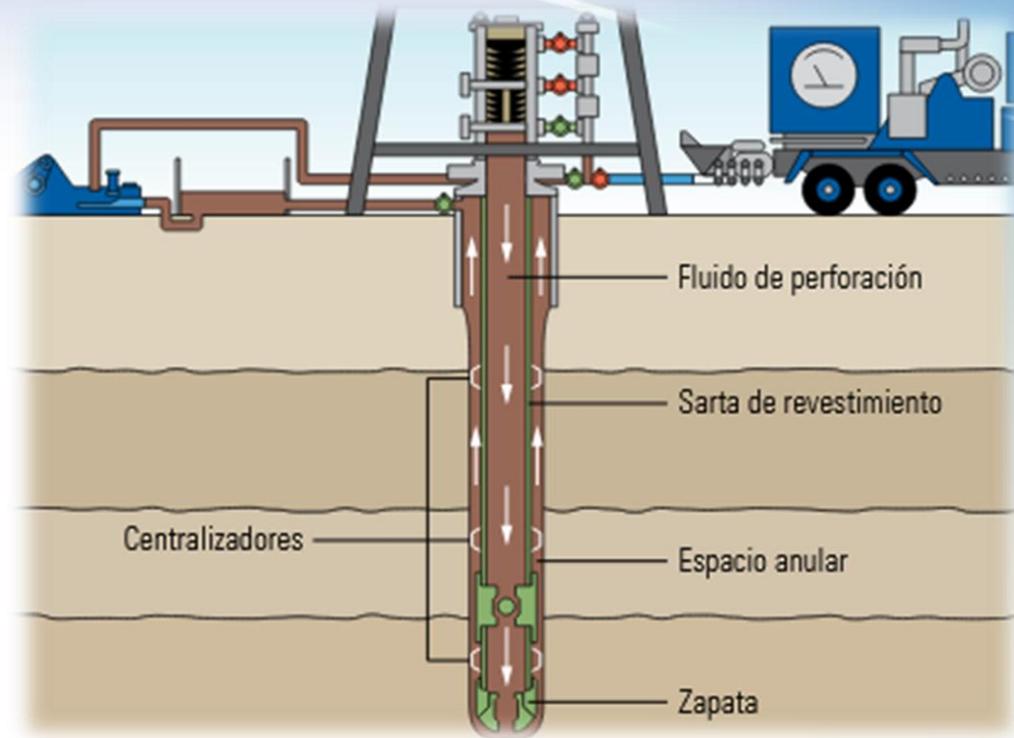


# CEMENTACIÓN DE POZOS PETROLEROS



FOLD-AND-THRU T BEL T  
GEOLOGY IN CUBA

Oil reservoir

# UNIDAD III

# CEMENTACIÓN

# PRIMARIA

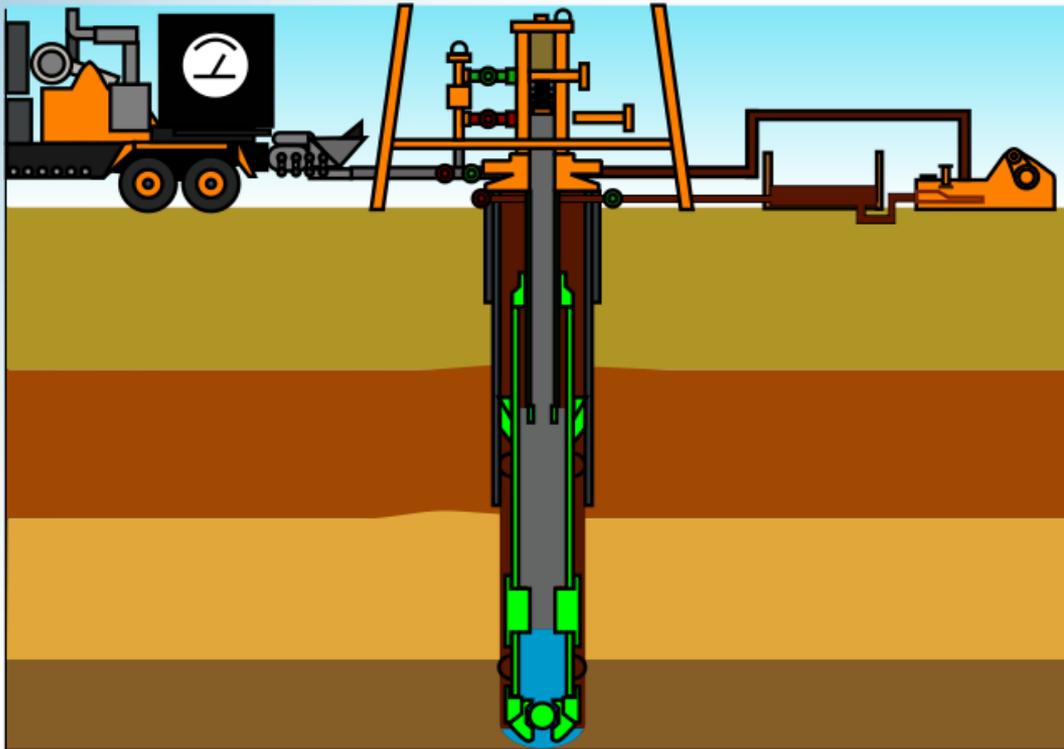
FOLD-AND-THRUST BELT  
GEOLOGY IN CUBA

Oil reservoir



# INTRODUCCIÓN

## CEMENTACIÓN PRIMARIA



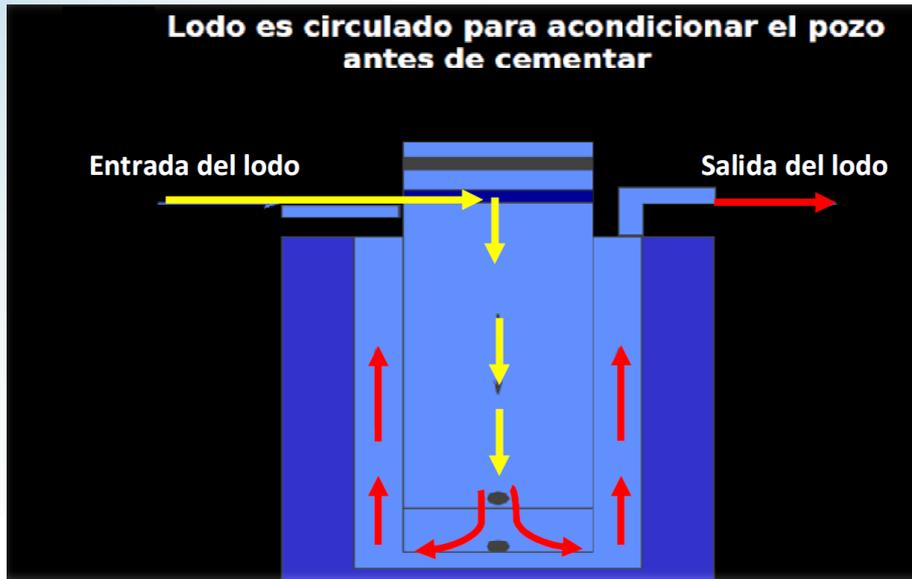
Es la introducción de un material cementante en la región anular entre la tubería de revestimiento y el agujero abierto para lograr aislamiento de la zona, soportar la carga axial de las sargas de revestimiento y de otras sargas que se correrán después, lograr soporte y protección de tubería de revestimiento así como sostener las paredes del agujero.

El objetivo de la cementación primaria es asegurar la integridad del agujero, lo cual implica los siguientes aspectos:

- Aislamiento zonal.
- Sustentación de la cañería.
- Protección de la tubería de revestimiento.
- Sustentación del agujero.

# PROCEDIMIENTOS BÁSICOS DE CEMENTACIÓN

- Circulación de lodo, para acondicionar el pozo

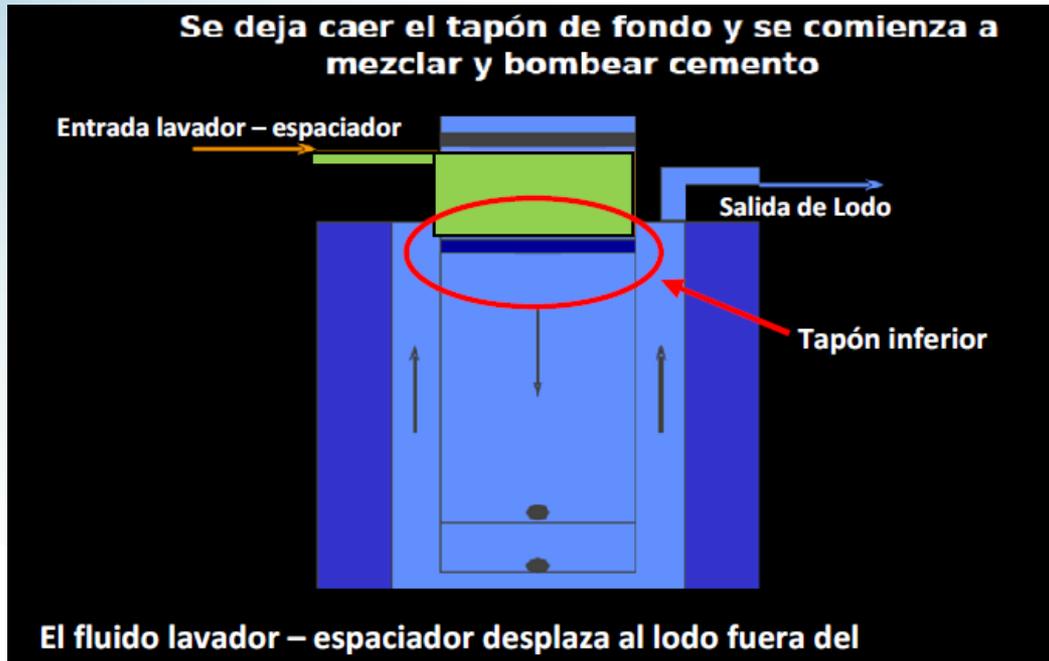


Utilizando la bomba del equipo de perforación se hace circular lodo de perforación en el pozo, con el fin de acondicionar el lodo y lavar el pozo. Si no se lleva a cabo el acondicionamiento, el paso de fluido (la lechada de cemento) por el anular puede verse dificultado por la presencia de sectores con lodo de corte gelificado.



# PROCEDIMIENTOS BÁSICOS DE CEMENTACIÓN

- Lanzamiento del tapón inferior



En los trabajos de cementación primaria, antes y después de la inyección de la lechada de cementación, se lanzan tapones limpiadores.

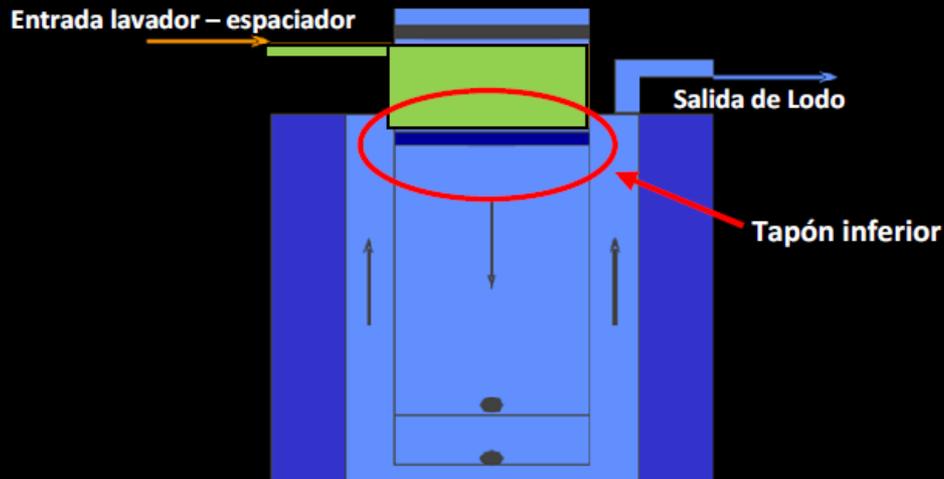
Estos elementos sirven para separar la lechada de los fluidos de perforación, limpiar las paredes interiores de la tubería de revestimiento y obtener una indicación positiva (presión) de que el cemento ya está en posición fuera de la tubería de revestimiento.



# PROCEDIMIENTOS BÁSICOS DE CEMENTACIÓN

- **Bombeo de lavador y espaciador**

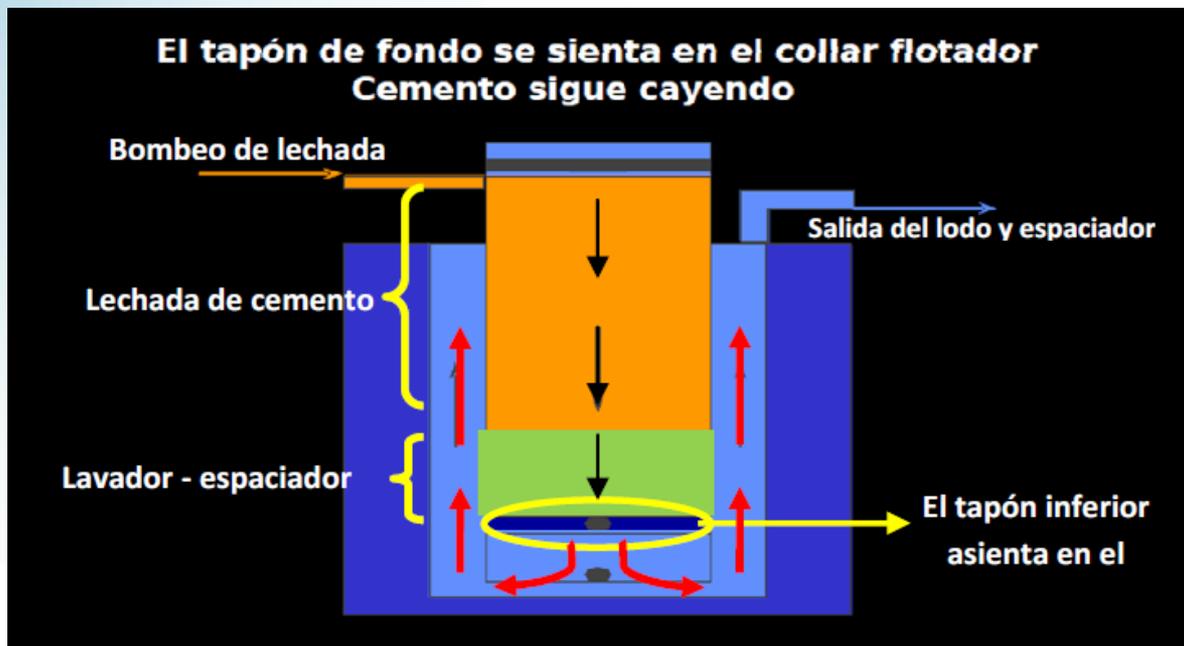
**Se deja caer el tapón de fondo y se comienza a mezclar y bombear cemento**



Antes de bombear la lechada de cementación, por lo general, se bombea un lavador químico o un espaciador densificado, o ambos, para que actúen como buffer entre el fluido de perforación y el cemento. Los lavadores químicos son fluidos base agua que pueden utilizarse en espacios anulares pequeños con geometría del agujero regular. Estos fluidos pueden utilizarse cuando se puede lograr turbulencia en todas las secciones del espacio anular. Los espaciadores son fluidos densificados que se bombean en flujos turbulentos o laminares. Estos productos sirven para eliminar completamente los fluidos de perforación del anular antes de inyectar la lechada de cementación.

# PROCEDIMIENTOS BÁSICOS DE CEMENTACIÓN

- Bombeo de la lechada inicial o de relleno

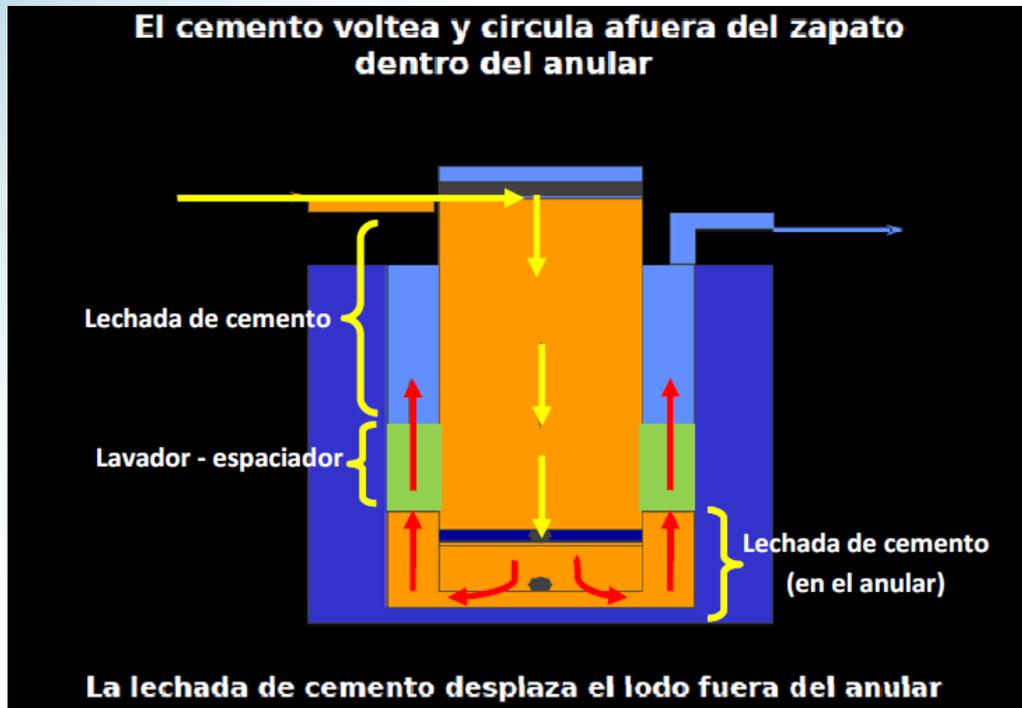


Esta lechada es de menor densidad, está diseñada para proteger la parte superior del anular del revestimiento



# PROCEDIMIENTOS BÁSICOS DE CEMENTACIÓN

- Bombeo de la lechada de cola

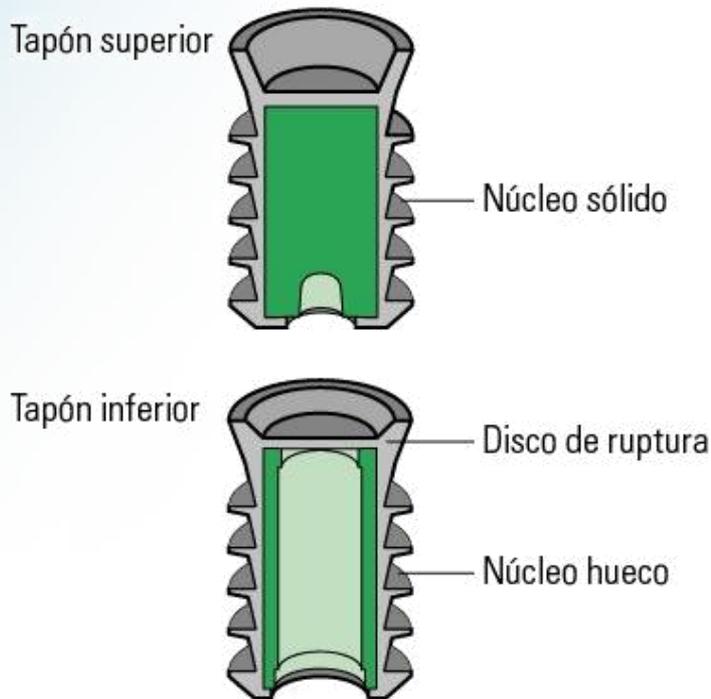


La lechada de cola es una lechada de mayor densidad, diseñada para cubrir la sección inferior del anular desde el fondo del agujero.

Normalmente, la lechada de cola presenta unas propiedades superiores a las de la lechada inicial. Es esencial que la lechada de cementación tenga la densidad correcta para que sus propiedades sean las deseadas

# PROCEDIMIENTOS BÁSICOS DE CEMENTACIÓN

- Lanzamiento del tapón superior



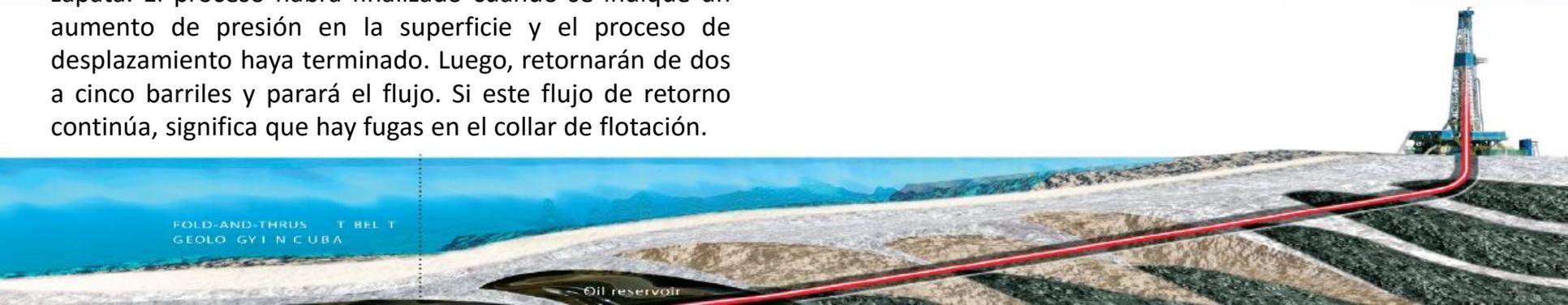
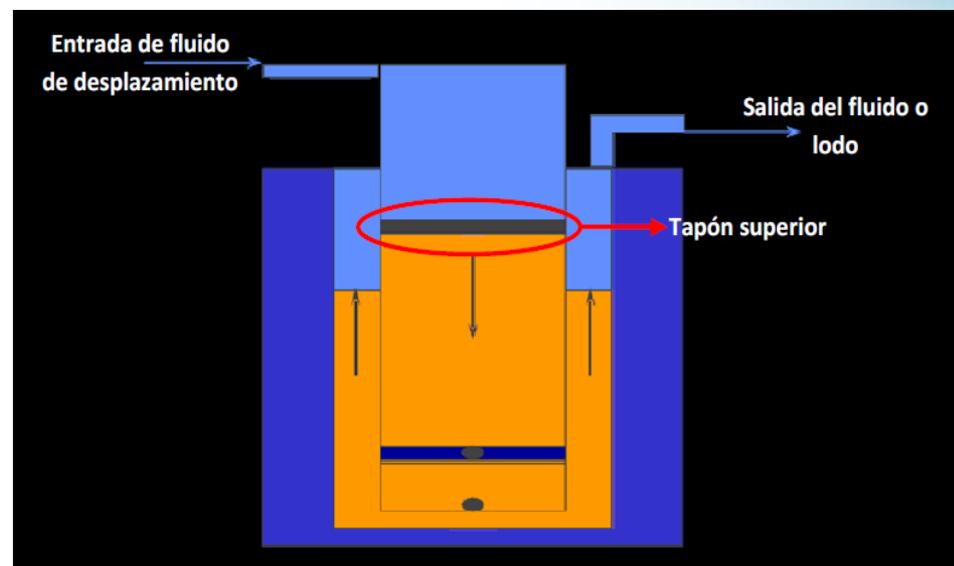
El segundo tapón limpiador de cementación se denomina tapón superior. Se bombea al final de los trabajos de cementación con el fin de separar la lechada del fluido de desplazamiento que se bombea en la siguiente etapa del proceso, y evitar así que sea contaminada por dicho fluido. Una vez que la lechada ya se ha bombeado en la tubería de revestimiento, el tapón superior se lanza desde la cabeza de cementación

# PROCEDIMIENTOS BÁSICOS DE CEMENTACIÓN

- **Desplazamiento de las lechadas y tapones con fluido para desplazamiento**

A continuación, las lechadas de cementación y los tapones limpiadores se bombean (son desplazados) hacia el fondo del pozo mediante el fluido de perforación u otro fluido. Este fluido de desplazamiento empuja el tapón superior y la lechada hacia abajo por la tubería de revestimiento. Cuando el tapón limpiador inferior llega al collar de flotación, la membrana situada en su parte superior se rompe y la lechada es bombeada, saliendo de la parte inferior de la tubería de revestimiento y subiendo por el anular.

Cuando el tapón superior llega al tapón inferior, hay un aumento de presión. Las lechadas de cementación se encuentran en el espacio anular y en el recorrido de zapata. El proceso habrá finalizado cuando se indique un aumento de presión en la superficie y el proceso de desplazamiento haya terminado. Luego, retornarán de dos a cinco barriles y parará el flujo. Si este flujo de retorno continúa, significa que hay fugas en el collar de flotación.



# PROCEDIMIENTOS BÁSICOS DE CEMENTACIÓN

## Comprobación de retorno de fluido

El collar de flotación está equipado con una válvula de retención que evita que los fluidos regresen por la tubería de revestimiento.

Si la válvula está defectuosa, la lechada puede empujar los tapones y el fluido por la tubería de revestimiento, debido al efecto de retorno de los tubos en U.

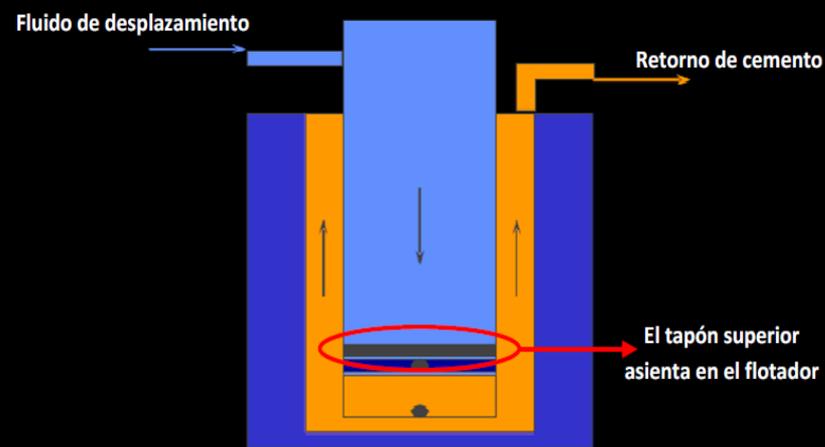
Al final de un trabajo de cementación, es necesario comprobar que el collar de flotación o la zapata de flotación no presenten fugas.

Para realizar esta comprobación se espera a que el fluido retorne a los tanques de desplazamiento de la unidad de cementación.

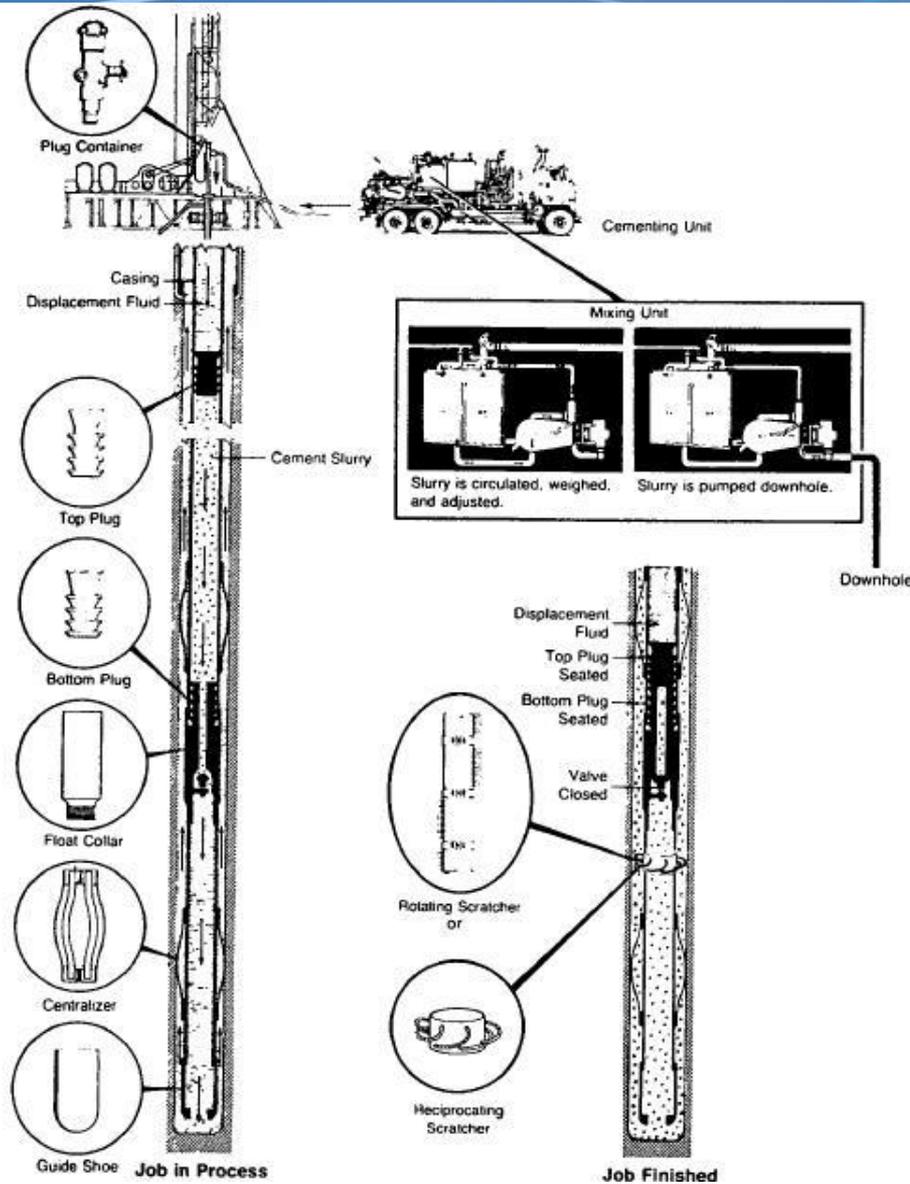
Si el collar de flotación o la zapata de flotación funcionan correctamente, dejarán que vuelvan de dos a cinco barriles y luego se interrumpirá el flujo.

Si este flujo de retorno continúa, significa que el collar de flotación tiene algún defecto.

**El tapón superior se sienta en el collar flotador, se para el bombeo, se cierra el pozo y se cuelga el revestimiento, se espera frague**



# CEMENTACIÓN EN UNA ETAPA

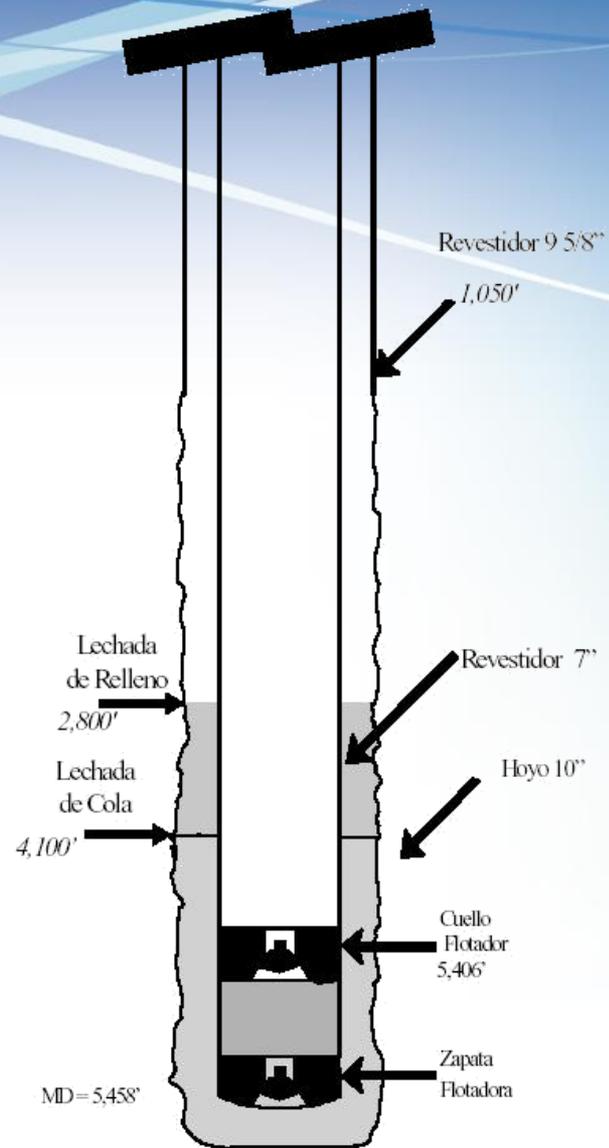


Básicamente es la más sencilla de todas, la lechada de cemento es ubicada en su totalidad en el espacio anular desde el fondo hasta la profundidad deseada, para esto se requerirá de presiones de bombeo altas lo que implica que las formaciones más profundas deban tener presiones de formación y fractura altas y no permitir que se produzcan pérdidas de circulación por las mismas.

Usualmente esta técnica es usada en pozos poco profundos o para cementar el casing superficial, y el equipo de fondo será el básico para la cementación, zapato guía, collar flotador, centralizadores, raspadores, tapones de fondo y tope

# CEMENTACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS

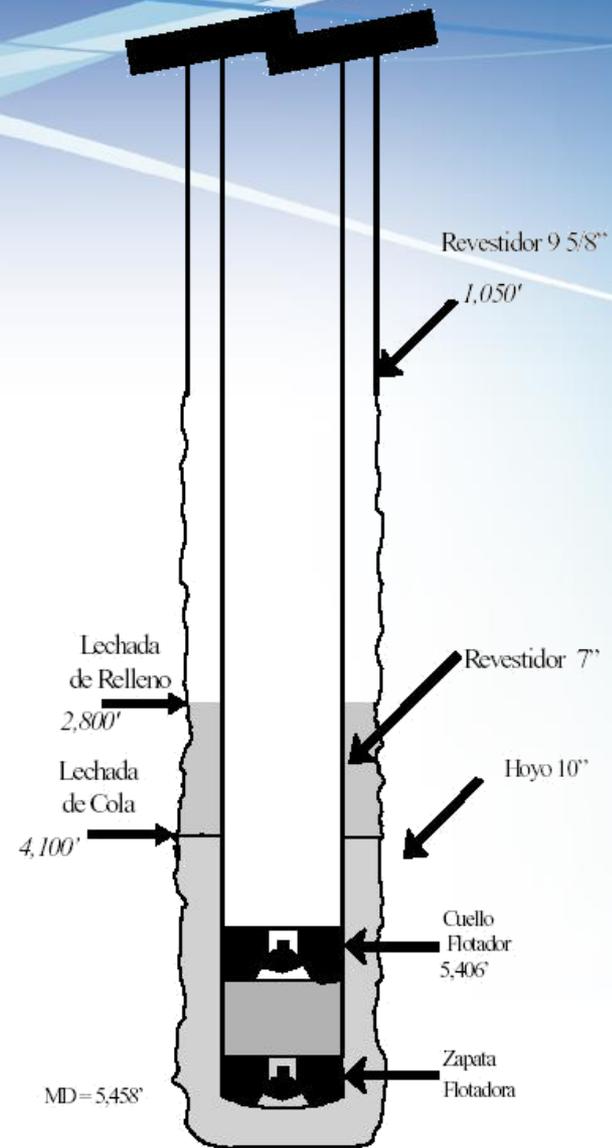
En primer lugar, la lechada de cementación se asienta alrededor de la sección inferior de una sarta de revestimiento con el cemento colocado hasta una profundidad determinada. A continuación, a través de los puertos del collar o collares de etapa colocados en la sarta de revestimiento, se cementan de forma sucesiva las etapas superiores. Un collar de etapa es básicamente una junta de revestimiento con puertos que se abren y cierran o sellan mediante camisas de accionamiento a presión.



# CEMENTACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS

La cementación de etapas múltiples se utiliza con los siguientes fines:

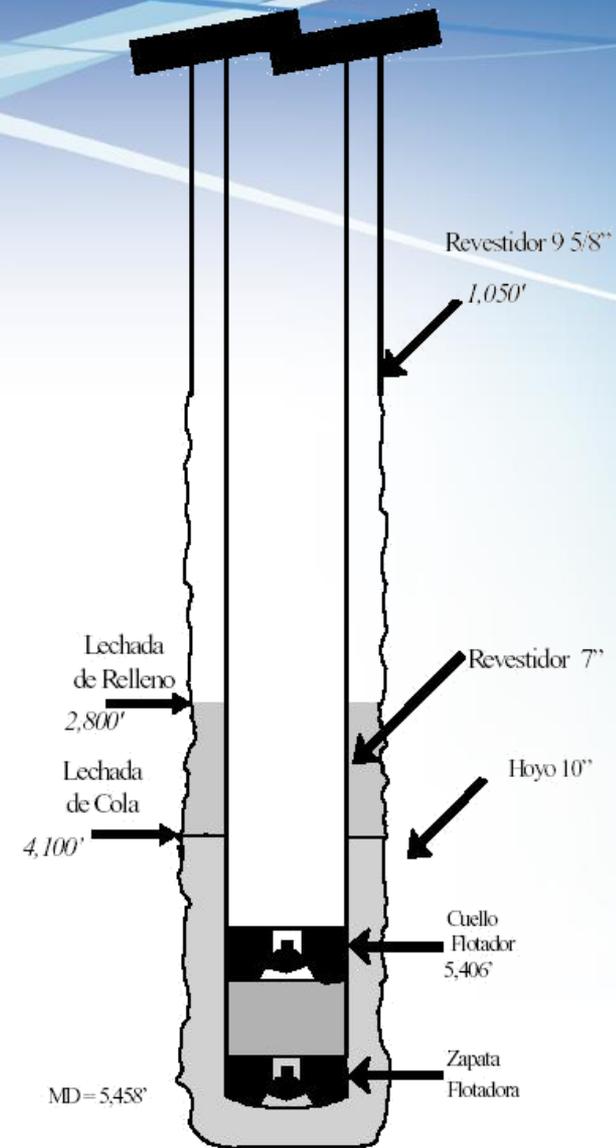
- Reducir la presión hidrostática en las Formaciones que no pueden soportarla presión hidrostática ejercida por una columna larga de cemento
- Aislar dos zonas con problemas en una misma sección del agujero del pozo, por ejemplo, una zona de alta presión y una zona con una presión de fractura baja
- Ahorrar cemento en aquellos pozos en los que sólo es necesario cementar la parte inferior y una porción superior de la tubería de revestimiento



# CEMENTACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS

Las tres técnicas de cementación de múltiples etapas más utilizadas son:

- Cementación regular en dos etapas; la Cementación de cada una de las etapas es una operación independiente y distinta
- Cementación continua en dos etapas; ambas etapas se cementan en una sola operación continua.
- Cementación en tres etapas; la cementación de cada una de las etapas es una operación independiente y distinta.



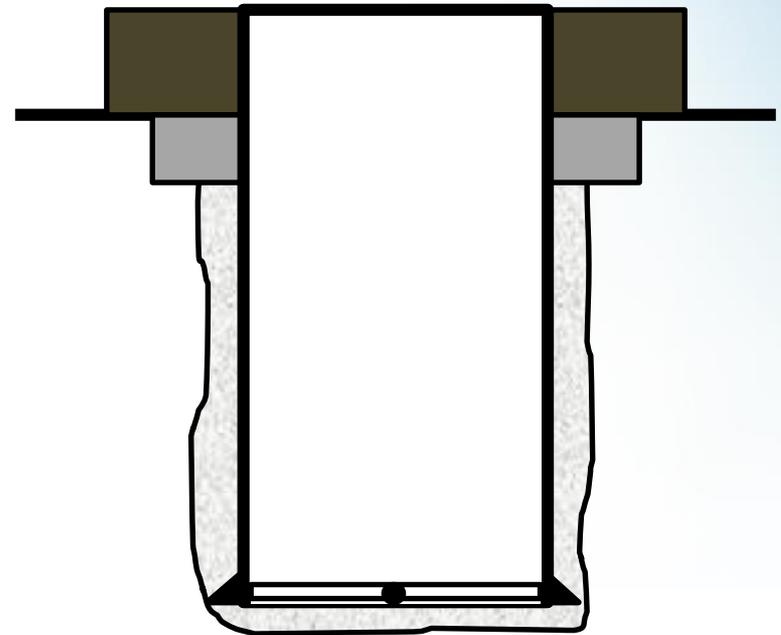
# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA GUÍA

El conductor suele ser la tubería de revestimiento, que también es la más corta.

El conductor sirve para evitar que los fluidos de perforación contaminen las arenas poco profundas, así como para evitar los derrumbes, que pueden producirse fácilmente cerca de las superficies donde hay capas superficiales o lechos de grava no consolidados o sueltos.

El tubo conductor suele tener uno de estos tres tamaños y profundidades:

- 30 a 20 pulgadas, soldado
- 20 a 16 pulgadas, roscado
- 30 a 300 pies (<100 pies es lo más común)

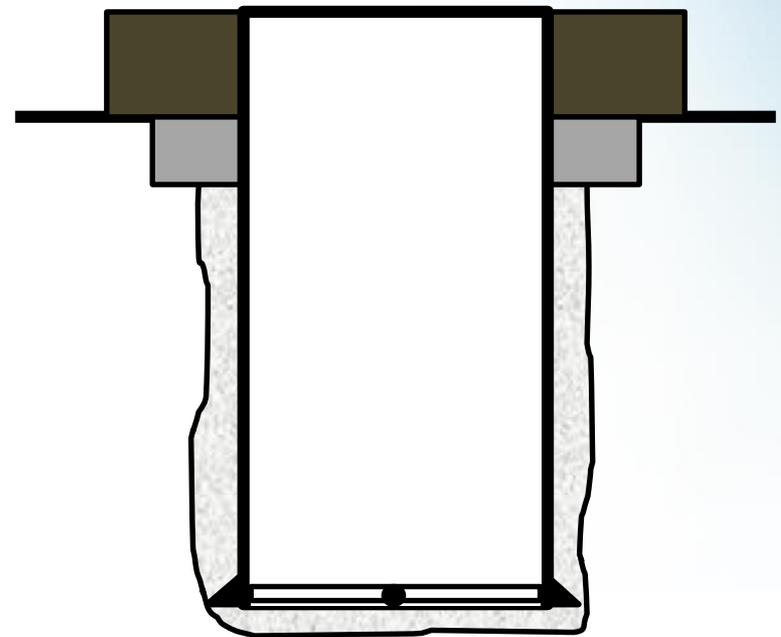


FOLD-AND-THRU T BEL T  
GEOLOGY IN CUBA

Oil reservoir

# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA GUÍA

Aunque sea necesario cementar el tubo conductor, no se suelen utilizar tapones limpiadores de cementación. Por lo general, la cementación se realiza mediante la inserción de una tubería o tubería de perforación en el tubo conductor. Este sistema ayuda a evitar la contaminación de la lechada de cementación dentro de la tubería de revestimiento, reduce de forma significativa los volúmenes de desplazamiento, y permite detener la mezcla de cemento cuando se detecta retorno en superficie.



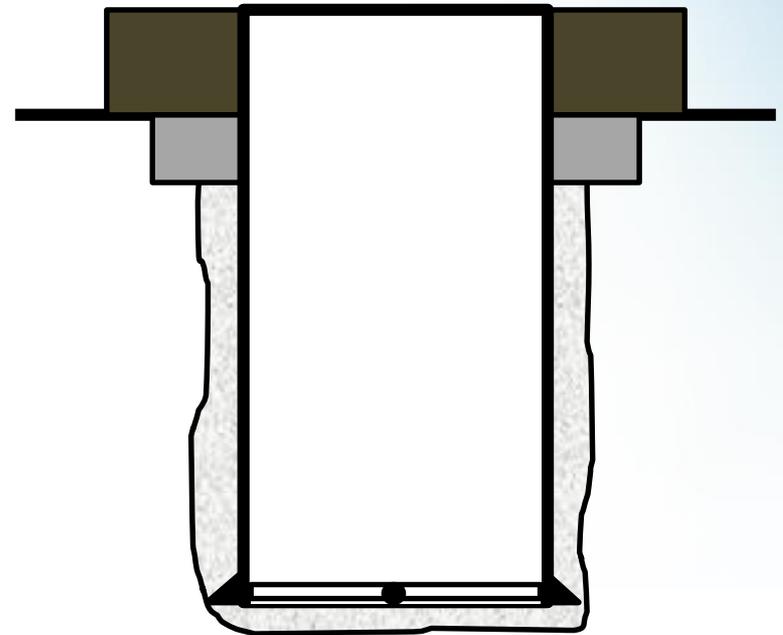
FOLD-AND-THRU T BEL T  
GEOLOGY IN CUBA

Oil reservoir



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA GUÍA

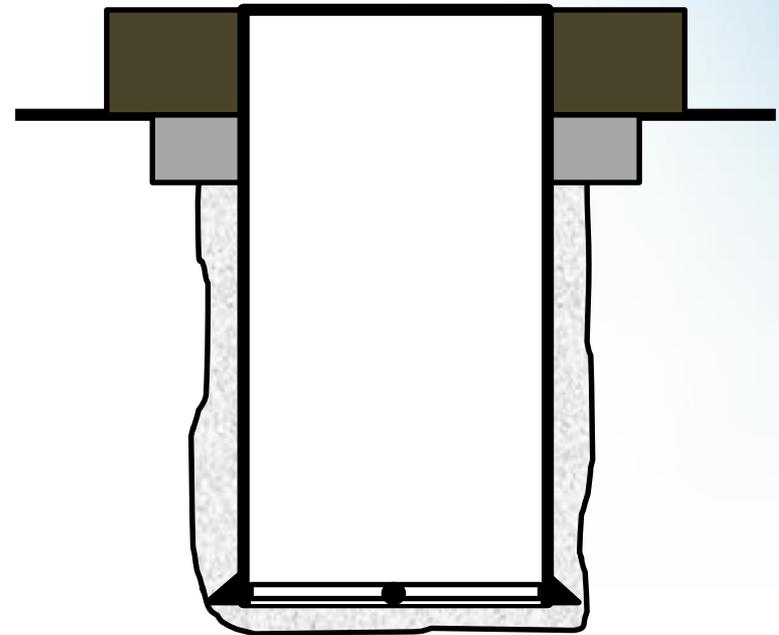
Si las formaciones situadas en la superficie o cerca de ella están muy poco consolidadas, pueden producirse grandes derrumbes; por ello, es normal aplicar excesos de cemento del 100% al 200%. Para cementar este tipo de tuberías de revestimiento se utilizan lechadas de cementación aceleradas. Las tuberías de revestimiento de gran diámetro están sometidas a una fuerza de flotación ascendente enorme debida a la presión que actúa en la superficie de la cabeza de cementación. Si esta área es suficientemente grande, puede exceder el peso sumergido de la tubería de revestimiento y expulsar la tubería fuera del agujero.



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA GUÍA

## SECUENCIA DE OPERACIONES

- Perforar hasta la profundidad final del tramo
- Circular y acondicionar el lodo.
- Sacar la herramienta.
- Bajar zapato flotador + cañería hasta la profundidad final del tramo.
- Soldar orjeras a la cañería y anclarla a las patas de la subestructura.
- Bajar Stinger
- Circular lodo
- Bombear 50 bbl de agua + lechada de cemento necesaria para cementar la cañería.
- Bombear 10 bbl de agua para limpieza.
- Desenchufar y sacar Stinger.
- Esperar que frague la lechada



# EJERCICIO

Se procederá a cementar la cañería guía del pozo RSC-X1002, cuyo antepozo tiene una profundidad de 3 m. La altura subrotaria es de 10 m. El pozo está perforado con trépano de 36" hasta los 90 m. La cañería a cementar es de 30", 180 ppf. Para la cementación se utilizará zapato flotador de 30" y stinger de 4"x3"+ HWDP de 5"x3", 49 ppf. La lechada será preparada con cemento clase "A", 46% de agua y Cloruro de Calcio 2% ppc, la densidad de lodo para desplazar la lechada será de 8,6 ppg. Realizar el diseño de la cementación considerando todos los factores de seguridad.

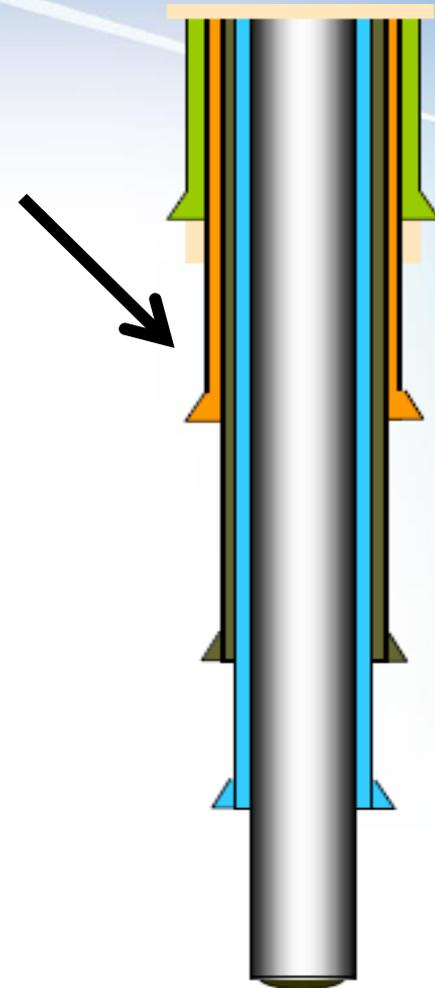


# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA SUPERFICIAL

La cañería superficial se asienta en la primera formación que sea lo suficientemente fuerte para cerrar el pozo en caso de tomar un influjo

La profundidad de asentamiento se selecciona para permitir la instalación del conjunto de Preventor de Reventones para continuar perforando.

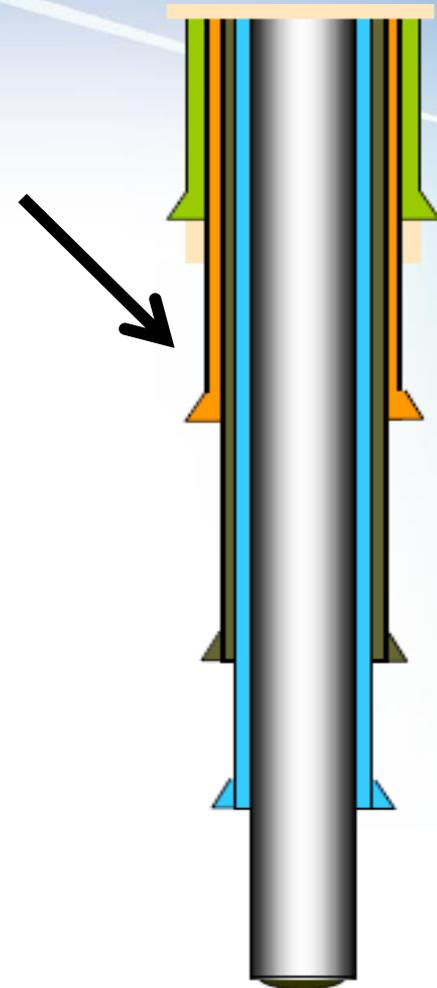
Para perforar la sección del pozo donde se introducen las tuberías superficiales, se emplean fluidos con densidades bajas, debido a que el agujero atraviesa zonas poco consolidadas que no soportan cargas hidrostáticas mayores



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA SUPERFICIAL

## Objetivos:

- Proteger las formaciones acuíferas superficiales.
- Cubrir áreas no consolidadas o de pérdida de circulación.
- Soportar las sartas de revestimiento subsiguientes.
- Proporcionar control primario de presión.



FOLD-AND-THRUST BELT  
GEOLOGY IN CUBA

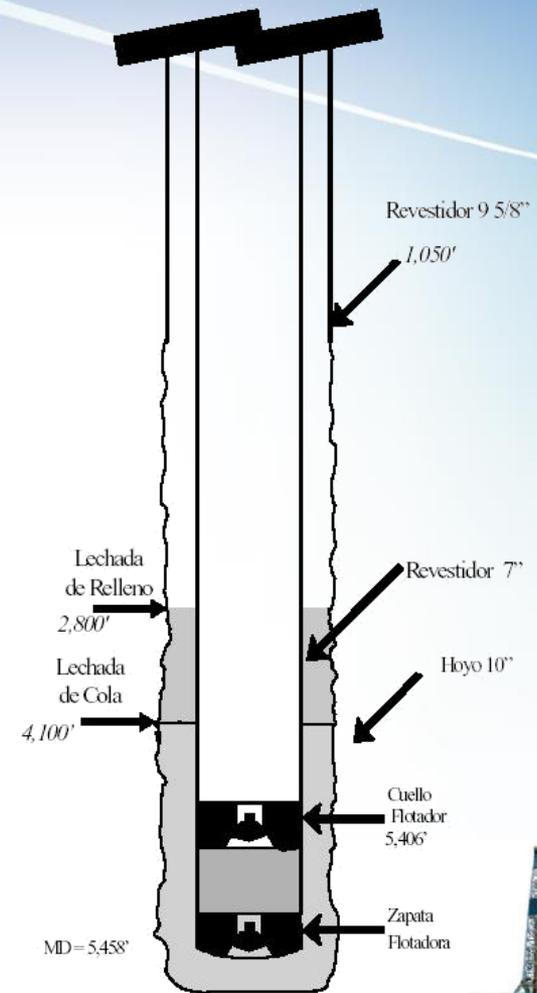
Oil reservoir



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA SUPERFICIAL

## LECHADA EXTENDIDA

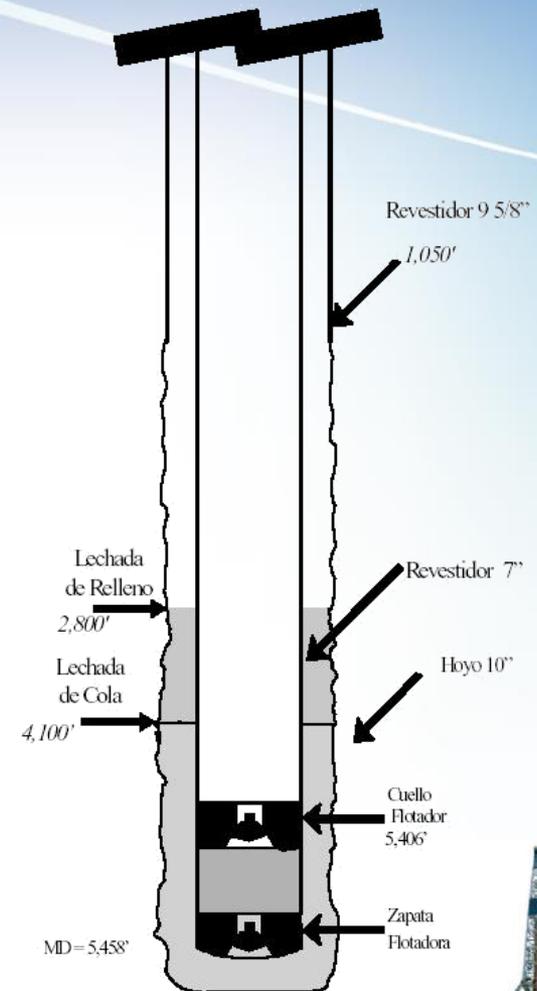
- Debe tener la mayor densidad posible sin perder de vista evitar fracturar la formación.
- El diseño de esta lechada se ajusta a un valor de filtrado. Para lograrlo se emplea un agente controlador de filtrado
- Fluidéz. Normalmente las lechadas extendidas emplean una relación alta de agua/cemento, por tanto la viscosidad tiene valores bajos.
- El tiempo de bombeo se regula usando un agente retardador de fraguado para temperaturas bajas o moderadas, con un tiempo de bombeo equivalente al tiempo mínimo necesario para la operación.
- El contenido de agua libre de la lechada deberá tener, invariablemente, un valor de 0  $\text{cm}^3$ , debido a que la liberación de agua generalmente está acompañada de precipitación de sólidos.
- Este cemento cubre la mayor longitud de la tubería que se va a cementar.



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA SUPERFICIAL

## LECHADA PRINCIPAL

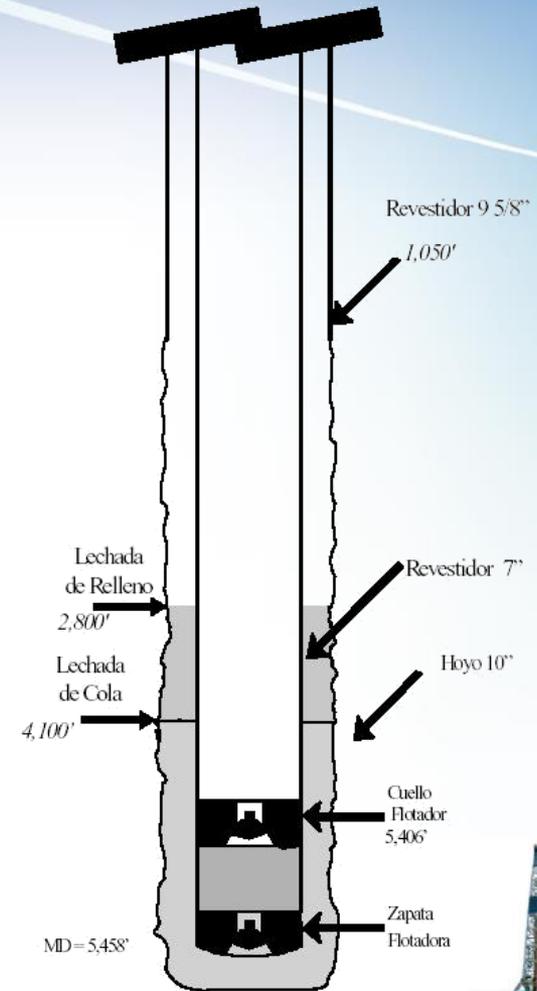
- Densidad normal, es decir se emplea el requerimiento API de agua normal de la mezcla.
- Se regula el filtrado con un agente de control para lechadas con densidad normal y un dispersante a una concentración baja del orden de 0.2 o 0.3 % por peso de cemento
- Después de obtener el valor de filtrado deseado, se procede a mejorar la fluidez de la lechada; se aumenta un poco el porcentaje del agente dispersante, de tal manera, que se reduzcan al máximo las pérdidas de presión debidas a la fricción durante el desplazamiento en el espacio anular.



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA SUPERFICIAL

## LECHADA PRINCIPAL

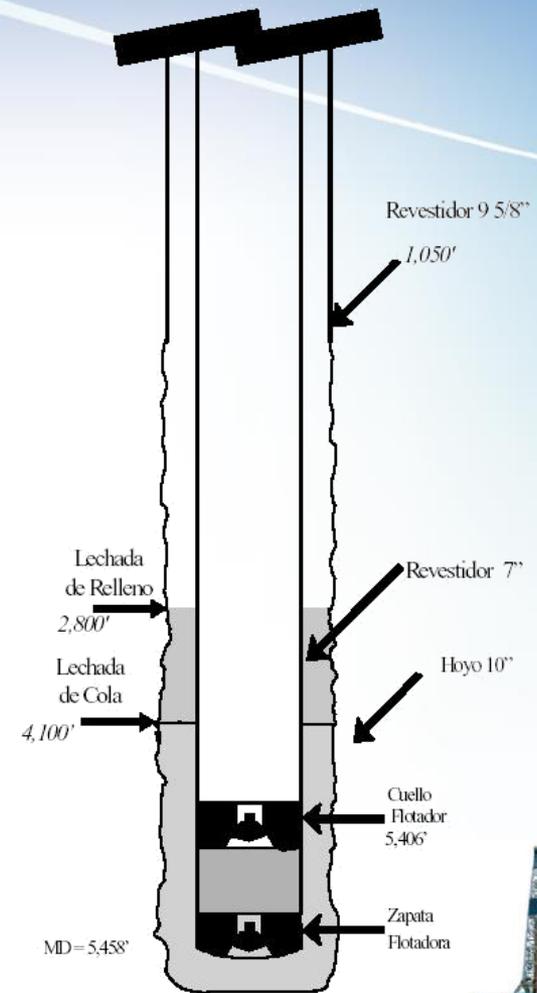
- El tiempo de bombeo debe considerar únicamente el tiempo de mezclado y bombeo de este último cemento, más el tiempo de desplazamiento al mayor gasto posible sin fracturar la formación y un factor de seguridad máximo de 1 hora.
- El contenido de agua libre de la lechada debe tener, invariablemente, un valor de  $0 \text{ cm}^3$ , debido a que la liberación de agua generalmente está acompañada de precipitación de sólidos.
- Debe desarrollar alta resistencia a la compresión bajo condiciones de temperatura estáticas de fondo, dentro de las primeras 12 horas de reposo después del desplazamiento, debido a que sirve de amarre a la zapata; este cemento comúnmente se proyecta para cubrir de 300 a 400 metros del fondo hacia arriba.



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA SUPERFICIAL

## SECUENCIA DE OPERACIONES

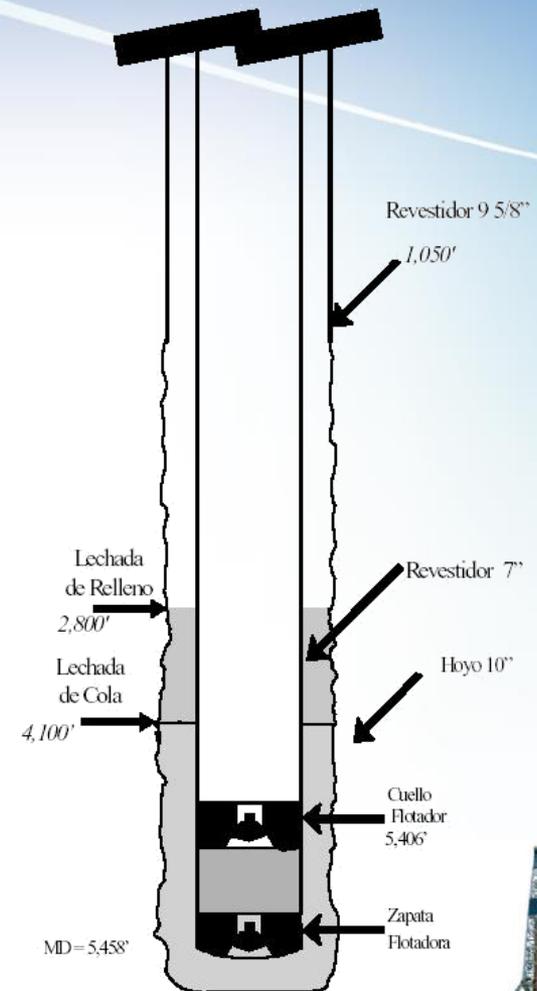
- Perforar hasta la profundidad final del tramo
- Circular y acondicionar lodo para registros
- Sacar herramienta
- Correr registros eléctricos
- Bajar herramienta hasta el fondo, repasar si hay necesidad.
- Circular y acondicionar lodo para bajar cañería
- Realizar maniobra corta
- Volver a bajar la herramienta hasta el fondo
- Circular y acondicionar lodo
- Sacar herramienta
- Alistar para bajar cañería superficial



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA SUPERFICIAL

## SECUENCIA DE OPERACIONES

- Bajar zapato flotador + 3 piezas de cañería + collar flotador + cañería hasta 3 m a 5 m por encima del fondo del pozo.
- Instalar cabeza de cementación
- Iniciar circulación a  $Q_{mín}$  (para romper geles) y aumentar hasta llegar al caudal óptimo para desplazamiento de la lechada.
- Bombear colchón químico (40 bbl) + colchón mecánico (60 bbl).
- Largar tapón inferior
- Bombear lechada de relleno
- Bombear lechada de cola
- Bombear lechada principal
- Largar tapón superior
- Bombear fluido de desplazamiento.



# EJERCICIO

## CEMENTACIÓN DE UNA CAÑERÍA SUPERFICIAL

Se procederá a bajar cementar una cañería superficial en un pozo perforado con trépano de 17 ½” hasta los 1905 m, la cañería es de 13 3/8”; N-80; 72 lb/ft; ID = 12.347” y se asienta en 1900 m, el collar flotador está en 1881 m. Cañería anterior de 20”x19” asentada en 150 m.

Para la cementación de esta cañería se utilizarán dos tipos de lechada:

- Lechada principal de 15.8 ppg, rendimiento = 0.225 bbl/saco del fondo hasta 1000 m.
- Lechada de relleno de 12 ppg, rendimiento = 0.454 bbl/saco de 1000 m hasta superficie.

A la derecha se tienen los datos de diámetros en el pozo:

Tramo (m)	Diámetro (pulg)
150-350	17.5
350-680	17.9
680-900	18
900-1200	17.6
1200-1480	17.4
1480-1750	18.1
1750-1905	17.6

Considerar 10% de exceso para la lechada principal y para la de relleno.

Determinar el tiempo de bombeabilidad que deben tener las lechadas para que puedan ser colocadas en su posición final sin que las mismas se fragüen en el camino.

Para preparar y bombear las lechadas se tiene una capacidad de 25 sacos/min para la lechada principal y 20 sacos/min para la lechada de relleno.

Las lechadas se desplazaran con un caudal de 7 BPM hasta que la lechada principal llegue al collar flotador, luego se desplazará con un caudal de 5 BPM.



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA INTERMEDIA

En la perforación del agujero en donde se introducen las tuberías intermedias, también se emplean fluidos de control de baja densidad, del orden de  $1.40 \text{ gr/cm}^3$ , debido a que se atraviesan zonas débiles poco consistentes.

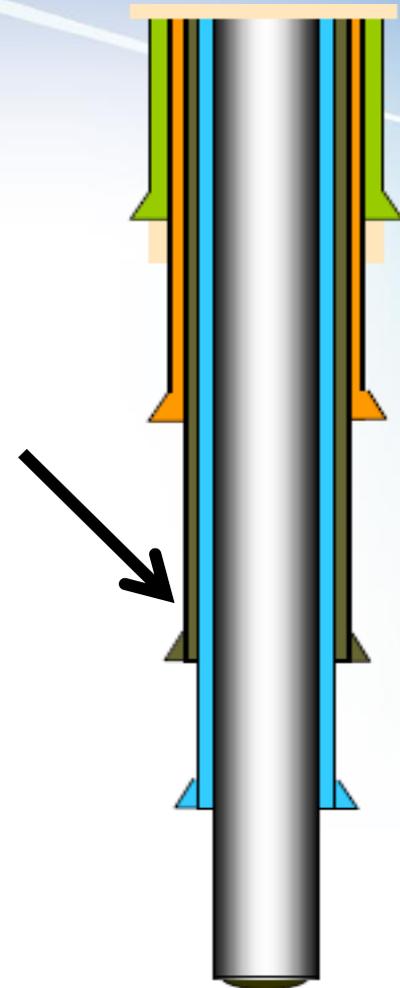
Funciones de la cañería Intermedia:

- Mantener la integridad del pozo abierto.
- Aislar zonas con pérdida de circulación
- Aislar formaciones salinas
- Aislar zonas de alta presión.

Los procedimientos de diseño de esta lechada son similares a los descritos para las tuberías de revestimiento superficiales, es decir:

Una lechada de relleno.

Una lechada principal.



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA DE PRODUCCIÓN

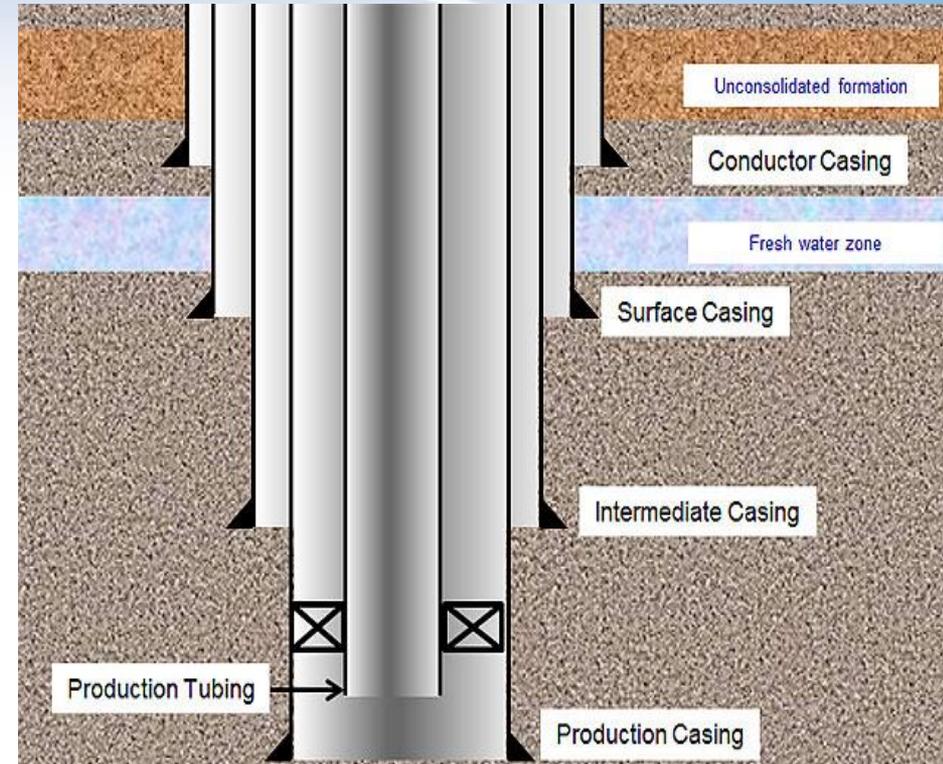
En la mayoría de los pozos del sistema, la tubería de revestimiento de explotación cementada es una tubería corta de 7" de diámetro.

Funciones de la cañería de producción:

- Aislar zonas de producción entre sí o de otras de menor interés, permite selectividad de producción.
- En su interior se producen las funciones de terminación de pozo.
- Contiene los componentes de producción.
- Cubre la cañería intermedia en caso de que ésta se encuentre corroída o dañada.

En la cementación de estas tuberías de revestimiento se emplean las siguientes alternativas de lechada:

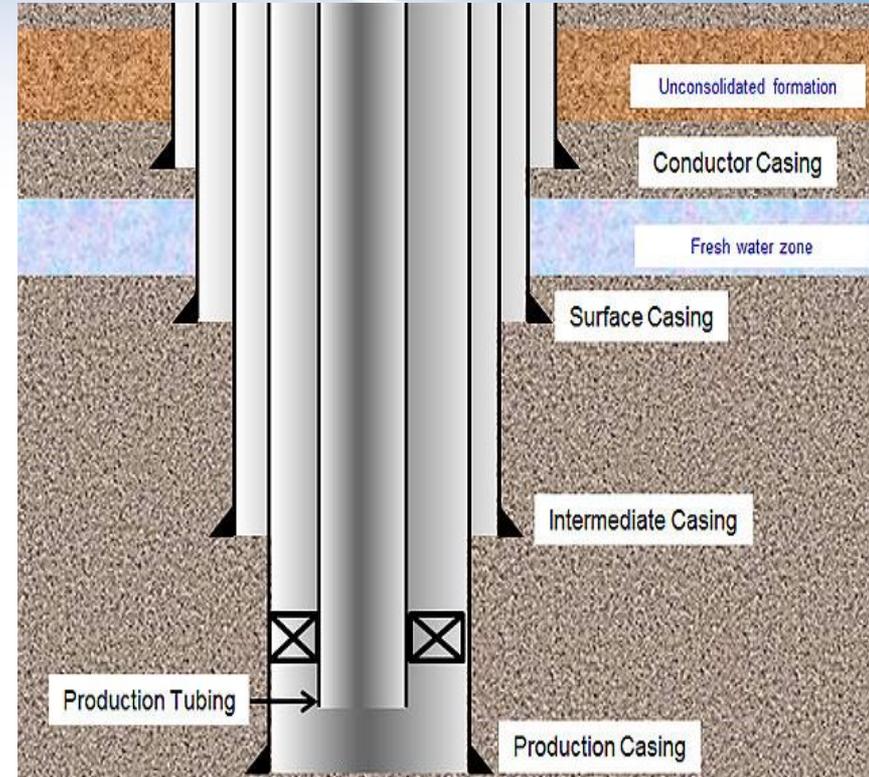
- Lechadas con densidad normal
- Lechadas de alta densidad
- Lechadas de baja densidad



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA DE PRODUCCIÓN

## LECHADAS CON DENSIDAD NORMAL

- En este caso, la densidad está alrededor de  $1.93 \text{ gr/cm}^3$  con cemento clase "H" y 52% de agua.
- Se agrega un agente de control de filtrado para lechadas de densidad normal, combinado con un porcentaje bajo de fluidizante del orden de 0.3% por peso de cemento a manera de reducir al máximo las pérdidas de presión por fricción durante el desplazamiento en el espacio anular.
- Se incrementa el tiempo de bombeabilidad mediante la dosificación de un retardador del fraguado para alta temperatura.
- El contenido de agua libre de la lechada debe tener siempre un valor de  $0 \text{ cm}^3$ . El agua, al liberarse de la lechada, es atraída por cargas electrostáticas a las caras de la tubería y de la formación. Tiende a ascender y a dar lugar a la formación alterna de puentes de agua.
- En la práctica se asume una resistencia a la compresión de  $35 \text{ kg/cm}^2$ , como mínimo, para que la capa de cemento soporte el peso de la tubería.



# CEMENTACIÓN DE LA CAÑERÍA DE PRODUCCIÓN

## LECHADAS CON DENSIDAD ALTA

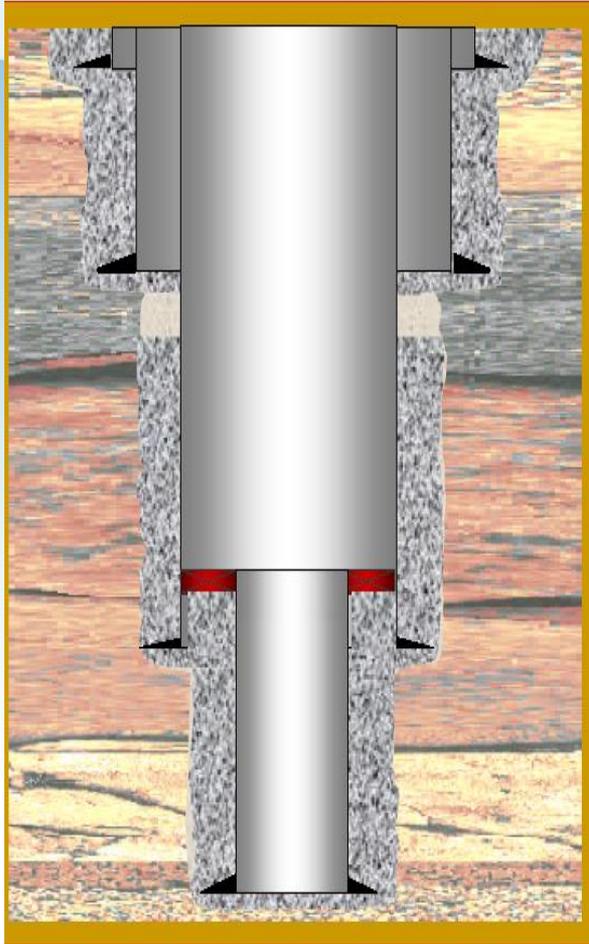
- El incremento de la densidad se logra empleando un agente densificante de alto peso específico que no requiera de la adición de agua, tal como la hematita y la limadura de fierro. Otro material densificante es la barita, sulfato de bario, el cual es empleado comúnmente en los lodos de perforación para darle peso al fluido; pero para usarlo en las lechadas es poco recomendable por su bajo grado de pureza.
- Estos materiales densificantes se emplean a porcentajes relativamente altos con respecto a los aditivos comunes, siempre calculando que se obtenga el peso de lechada deseado mediante balance de materiales.
- En estos casos, se incrementa el porcentaje del agente dispersante para contrarrestar el incremento de la viscosidad.

## LECHADAS CON DENSIDAD BAJA

- El diseño completo de esta lechada es similar al procedimiento descrito para las cañerías anteriores con lechadas de baja densidad.
- En pozos direccionales y horizontales el factor de estabilidad de la lechada se torna crítico debido a que el agua libre puede formar un canal en la parte alta del espacio anular a lo largo del intervalo cementado. Esto favorece el flujo de fluidos de las capas a través de éste.



# LINER DE PRODUCCIÓN



El liner es una tubería que no se extiende hasta la cabeza del pozo, sino que se cuelga de otra tubería que le sigue en diámetro y ésta hasta la boca del pozo. La tubería colgada permite reducir costos y mejorar la hidráulica en perforaciones más profundas. Los liners pueden funcionar como tubería intermedia o de producción, normalmente cementada en toda su longitud

Es recomendable utilizar dos tipos de lechada en la cementación del liner, una lechada principal que es de mayor peso y la lechada liviana que es de menor peso.

FOLD-AND-THRUST BELT  
GEOLOGICAL CUBA

Oil reservoir



# EJERCICIO

Se tiene una cañería de 9 5/8"; P-110; 43.5 lb/ft; ID=8,755", Presión de colapso 5090 psi, reventamiento 8150 psi, asentada en 3500 m. El último tramo fue perforado con trépano de 8 1/2" hasta 4505 m MD. Diámetro mayor 9 7/8", Diámetro menor 8 1/2" y Diámetro promedio 9.5".

El programa a seguir indica bajar y cementar liner de producción de 7"; 29 lb/ft; P-110; ID=6,184", Drift 6,059", Presión de colapso 8510 psi, reventamiento 11220 psi, zapato casing en 4500 m, overlap 100 m, collar flotador en 4480 m. landing collar en 4440 m, Sondeo a utilizar 5", 19.5 lb/ft, S-135, ID = 4.276".

Tipo de Lodo base agua, Densidad 12 ppg, VP 25 cp, PC 24 lb./100ft<sup>2</sup>.

Colchón Químico 50 bbl, densidad 8.34 ppg. Colchón Mecánico 30 bbl, densidad 13 ppg.

Lechada principal:

Cemento clase H, tiempo de bombeabilidad 6 hrs.

Retardador 0.14% ; PE 1,6. Bloqueador de gas 1.5%; PE 1,43. Antiespumante 0.25% PE 1. Agua 5,39 gal/saco.

VP 180 cp; PC 34 lb/100ft<sup>2</sup>.

Lechada de cemento hasta el tope liner

Determinar la presión de fondo y presión de superficie a condiciones estáticas cuando la lechada ha llegado hasta el tope liner.

Determinar si es necesario agregar más retardador a la lechada si el caudal óptimo de circulación es de 1.5 BPM.

