

CEMENTACION DE POZOS PROFUNDOS

GENERALIDADES Y EXPERIENCIAS

EN EL YACIMIENTO NORTE

Ing. ALFREDO J. LEIVA
Ing. JOSE D. POTENZONE

HALLIBURTON ARGENTINA S.A.

INTRODUCCION

Los procedimientos básicos utilizados en pozos de poca profundidad son los mismos que se usan en la planificación de pozos profundos, sin embargo las condiciones del hueco perforado y de trabajo son más críticas y requieren un mayor esfuerzo en el diseño de lechadas y cañerías.

Dentro de este contexto se han desarrollado cementos, aditivos especiales y equipos para hacer frente a un cúmulo de situaciones, a los que hay que agregar el desarrollo de elementos de control y programas computarizados para un planeamiento y ejecución de los trabajos en forma más precisa.

Si bien los parámetros en pozos profundos son los mismos que se presentarían en los de menores profundidades, uno de ellos es el que predispone a que el enfoque para este caso sea distinto de los demás, es la temperatura, que por sus valores marca la diferencia para resolver problemas similares.

En Argentina, la mayor experiencia de este tipo de operaciones se cumple en el Yacimiento Norte debido a que los niveles productivos superan generalmente los 3.500 mts. y se presentan temperaturas estáticas superiores a 149 °C .

En este cuadro de situación durante los años 1986 /87 se desarrollaron en este Yacimiento algunos trabajos de cementación en el manto salino del área Palmar Largo y otros en las cañerías intermedias de las áreas Palmar Largo y Tineo.

CONSIDERACIONES GENERALES DE LA CEMENTACION EN POZOS PROFUNDOS

La tecnología para la cementación de pozos profundos ha experimentado un mayor desarrollo a partir de la década del 60 aproximadamente, en lo que respecta a pozos perforados por debajo de los 3800/4000 mts. y temperatura del orden de los 110 °C que pueden considerarse como críticas.

Desde el punto de vista de la entubación la mayoría de los pozos comienzan con casing de 20" o 30" y termina con liners de 5" o 7" necesitando a veces bajar dos liners (intermedio y de producción). La mayoría usa tie-back con el objeto de prolongar cañerías que sirvan para estabilizar y reforzar a la tubería anterior que puede ser dañada o debilitada por esfuerzos de la formación y/o golpes durante la perforación.

En la medida que la perforación se hace más profunda aparecen factores que deben ser considerados, tales como:

- 1- Elevadas temperaturas, zonas sobrepresionadas y fluidos corrosivos.
- 2- Incremento de la longitud de los casing, reducción de los espacios anulares y dificultades para mover las cañerías.

- 3- Sistemas de lodos más pesados.
- 4- Dificultad para obtener buen sello en el tope de los liners.
- 5- Mayores cargas mecánicas sobre las sartas de cañerías de entubación y sobre el equipo perforador.
- 6- Insumos de mayores tiempos en las maniobras con herramientas y durante la entubación de la cañería.

Los primeros dos factores nos llevan al uso de cementos y mezclas especiales con propiedades acordes a las soluciones de los problemas más críticos, mientras que las restricciones de los espacios anulares y las mayores longitudes de pozo abierto complican la remoción del lodo, dado que los cementos tienden a canalizarse a través de éste siguiendo el camino de menor resistencia; esto combinado con sistemas de lodos de alta densidad puede ocasionar pérdidas de circulación y aprisionamiento de la sarta.

En este tipo de geometría, el uso de elementos mecánicos como centralizadores y rascadores de pared contribuyen a una limpieza más efectiva, aunque su uso está limitado por las condiciones del pozo.

En el tercer punto debemos considerar una remoción efectiva del lodo, lo cual implica tener en cuenta los siguientes aspectos:

- condiciones y tipo de lodo.
- baja resistencia de gel
- homogeneización del circuito
- viscosidad plástica
- punto de fluencia
- movimiento de cañería
- uso de colchones lavadores y espaciadores

Con respecto a las dificultades para lograr un buen sello en el tope de los liners a gran profundidad, podemos considerar los pequeños volúmenes de cemento utilizados y a las dudas de colocar elevados porcentajes de exceso de lechada, que llenen una longitud considerable del anular por encima del colgador y se transformen luego en un inconveniente para reversar o sacar la sarta de sondeo.

En las consideraciones de los puntos cinco y seis como es sabido a medida que la perforación se hace más profunda, se necesitan elementos más robustos y por supuesto más pesado, lo que implica mayores cargas a soportar por el equipo perforador. Todo ello ocasiona que las maniobras insuman mayores tiempos, tanto en la perforación como en la entubación.

Todas estas consideraciones cubren partes del espectro en la planificación general de las cementaciones en pozos profundos.

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS LECHADAS DE CEMENTO

- Tiempo de bombeabilidad.

La lechada deberá permanecer fluida un tiempo suficiente para permitir desplazarla y colocarla en el espacio anular (cementación primaria), o también suficiente tiempo para presurizarla y revertirla en el caso de una cementación a presión.

- Resistencia a la compresión

Cuando se cementan largos intervalos se pueden presentar marcadas diferencias de temperaturas entre el tope y el fondo del anillo. Esto provoca que la lechada desarrolle suficiente resistencia a la compresión en el fondo y una menor resistencia en el tope del anillo, que en ciertos casos suele llegar a ser nulo debido al exceso de retardador para este caso en particular.

- Retrogresión de la resistencia a la compresión

Algunas composiciones de cementos desarrollan una adecuada resistencia inicial a altas temperaturas, pero en un periodo de tiempo posterior decrecen hasta un punto que pueden considerarse como crítico. El conocimiento de la temperatura a la cual la retrogresión tiene lugar para cierto cemento, como asimismo el conocimiento de la disponibilidad de aditivos para inhibir esta acción es fundamental.

- Permeabilidad

Esta propiedad en los cementos está ligada al proceso de retrogresión por elevadas temperaturas.

Todas estas propiedades mencionadas anteriormente que debe poseer una lechada para ser aptas en pozos profundos están íntimamente ligadas a un parámetro fundamental que es la temperatura. Del conocimiento exacto de su valor dependerá el éxito o fracaso de una cementación especialmente cuando a ello se sumen otros factores como sobrepresiones, zona de bajo gradiente, manto salino.

También es sabido que algunos aditivos son afectados por la temperatura, especialmente los reductores de filtrado. La tabla No 1 muestra la degradación térmica de un reductor de filtrado.

Con respecto a los cementos es importante señalar que los de tipo común o básico no están diseñados para trabajar a altas temperaturas, debido a la sobre-aditivación en que podemos incurrir para poder cumplir con ciertas propiedades. En la mayoría de las operaciones el cemento clase "G" ó "H", con características especiales de alta a moderada resistencia a los sulfatos, son aptos para usarse en situaciones críticas de alta presión y temperatura. En nuestro país el desarrollo del cemento "ATP" introdujo una mejora en el diseño de las lechadas actualmente en uso.

- Mezcla de aditivos

Un intervalo de tiempo considerable se insume en el diseño de lechadas. Este aspecto involucra a:

- Tiempo de bombeabilidad
- Control de filtrado
- Resistencia a la compresión
- Otros ensayos standard

El método de mayor aceptación para la realización del control de calidad de una mezcla de cementos más aditivos, es el tiempo de bombeabilidad. El mismo se realiza a la muestra de diseño para ser confrontados con la mezcla de campo. Las dispersiones que resultan de éstas comparaciones han sido tema de estudio en los últimos años. Las causas de las mismas pueden ser atribuidas a los siguientes factores:

- Proporción inadecuada de aditivos en la mezcla
- Mezclado deficiente
- Muestreo mal realizado

Estas diferencias en los tiempos de bombeabilidad puede dar origen a ciertos inconvenientes como son, las demoras ocasionadas por nuevos ensayos, homogeneización de la premezcla y pérdidas de tiempo para el equipo perforador.

Debido a ello entonces un cuidado especial deberá prestarse al diseño de la lechada, comenzando desde el ensayo de la muestra piloto y siguiendo a través de todas las fases en el proceso de cementación, tales como mezclado de cemento a granel, muestreo y mezcla de la lechada.

- Planta de mezcla a granel (Laboratorio)

Para estudiar a nivel de laboratorio el efecto de las mezclas y técnicas de muestreo se montó una planta (Figura 1) que consistía de lo siguiente:

- Tanque balanza
- Tanque de mezcla
- Compresor de aire
- Líneas de descarga de 5"

Para determinar la uniformidad de la mezcla se tomaron muestras a través de 12 válvulas colocadas en el tanque balanza. Se examinó la composición de formulaciones que contenían aditivos de baja densidad (retardador) y alta densidad (baritina).

Además, se instalaron cuatro tipos distintos de muestreadores, que fueron colocados en la línea de descarga, entre los dos tanques. (Figura 1)

- Muestreador de 1" en cañería (Figura 2) con distintos ángulos respecto del flujo de cemento

- Muestreador automático (Figura 3)
- Muestreador en " T " (Figura 4)
- Muestreador en " U " (Figura 5)

- Planta de mezcla a granel (de Campo)

El equipamiento de mezcla utilizado en los estudios de campo se muestra en la Figura 6. Consiste de los siguientes elementos:

- Tanque balanza
- Tanque receptor/mezcla sobreelevado
- Muestreador elevado

Como resultado de los ensayos realizados podemos decir que la uniformidad de la mezcla en función del número de transferencias, indican que un mínimo de cuatro movimientos se requieren para obtener una adecuada homogeneización. (Tabla No 2)

Con respecto a la eficiencia de los muestreadores la Tabla No 3 indica que los de tipo automático y tipo " U " son los más efectivos.

Para determinar los factores que afectan a la repetibilidad en la obtención de los tiempos de bombeabilidad, fué realizado un gran número de ensayos entre los distintos laboratorios.

Esta falta fue atribuida en primera instancia a diferencias en las condiciones de ensayo entre los laboratorios participantes.

Por ésta razón fué realizado un ensayo simple de tiempo de bombeabilidad, realizandose entre 113/300 oF usando una selección de equipos y procedimientos normalizados. Los resultados de éstos ensayos se muestran en la Tabla No 3 Bis.

Aparentemente, un determinado grado de incertidumbre en los resultados puede ser minimizado por standarización de equipos y procedimientos, pero no es totalmente eliminado.

Además éstos estudios indicaron que éstos límites de incertidumbre pueden aumentar cuando se incrementan las temperaturas de ensayos.

Como sugerencia para una gran mayoría de condiciones de pozos a cementar se puede formular que:

$$TB = TMD * FS$$

TB = Tiempo de bombeabilidad
TMD= Tiempo de mezcla y desplazamiento
FS = Factor de seguridad (1.7 a 2.3)

Ensayo de mezcla piloto $TB \pm 15\%$

Ensayo de mezcla de campo $TB \pm 40\%$

CEMENTOS ADITIVADOS PARA ALTA TEMPERATURA

Vamos a hacer un análisis sobre las mezclas de cemento que son para el uso de altas temperaturas, mediante el agregado de aditivos complementarios que mejoran las propiedades físicas del cemento fraguado.

Los cambios experimentados en valores de permeabilidad y resistencia de los cementos expuestos a temperaturas mayores de 110 °C, normalmente encontrados en pozos profundos, geotérmicos y de inyección de vapor, hace que los cementos especiales clase "G" y "H" deban ser aditivados para estabilizar estas propiedades.

Una de las primeras mezclas utilizadas a tal efecto fue la de la puzolana con cal hidratada, que al mezclarse con agua forman un material ligante. Un mayor desarrollo encontró que el sílice en polvo inhibía la retrogresión de la resistencia en altas temperaturas. La explicación de este fenómeno se basa en que los cementos en su proceso de fraguado presentan dos productos de reacción: Hidróxido de calcio y Alfa Silicato Dicálcico hidratado los cuales aparecen juntos o separados según la temperatura y el tiempo de exposición. Cuando se agregó sílice al cemento, una parte de él reacciona con el hidróxido de calcio para formar alfa silicato dicálcico hidratado, mientras que la parte remanente reacciona con los alfa hidratos para formar una fase denominada "tobermorita", la cual tiene mejores propiedades ligantes que el alfa silicato dicálcico hidratado, dando como resultado una mayor resistencia a la compresión y una baja permeabilidad. Normalmente el porcentaje de uso del sílice está comprendido entre el 20% al 40% respecto al peso del cemento en pozos de petróleo y gas, llegando hasta un 60% a 80% en los pozos geotérmicos y de inyección de vapor. Generalmente el sílice se encuentra disponible en el mercado en dos tamaños: uno de tipo fino y uniforme pasante a malla 200, de máxima reactividad usado para densidades normales de hasta 1.950 gr/lt y otro de tipo grueso, de granulometría variable (malla 50 a + 150), usado para densidades superiores por su menor requerimiento de agua.

En base a las consideraciones que justifican el uso de sílice con el cemento, existe otro material que también cumple con los fines de proveer la estabilidad térmica necesaria a altas temperaturas. El material mencionado es la puzolana, la que mezclada en proporciones con cemento y cal hidratada da origen a distintas lechadas de excelentes propiedades en lo que hace a la estabilidad térmica

Las puzolanas son materiales silíceos y silicoaluminosos que en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio liberado del cemento, dando como resultado una mezcla más resistente a los sulfatos y salmueras corrosivas.

Además, algunas de las razones de orden técnico que sugieren la utilización de las puzolanas, se relacionan con propiedades como calor de hidratación, resistencia química y permeabilidad.

Asimismo estas mezclas cemento-puzolanas con adecuada cantidad

de agua permiten una excelente trabajabilidad y reducida gelificación.

Otra consideración que debe destacarse de las puzolanas es su baja densidad comparada con la del cemento, lo que permite la formulación de lechadas más livianas que las obtenidas con los cementos puros. Esta última propiedad y la de baja gelificación son las que justifican su uso para la obtención de largas longitudes de anillos y bajas presiones de circulación.

Con referencia a los valores de resistencia a la compresión, las mezclas cemento-puzolanas presentan valores inferiores al del cemento puro, disminuyendo las diferencias cuanto menor es el contenido de puzolana en las mezclas y a medida que aumentan las temperaturas de curado. La permeabilidad que presentan estas mezclas es muy baja debido a la formación de geles suplementarios que reducen la porosidad global del material.

Finalmente, otra propiedad de este aditivo, que mejora las propiedades de las mezclas en altas temperaturas, es el bajo calor de hidratación, el cual es dependiente de la cantidad de cemento que es sustituido por puzolana.

Como corolario y considerando el carácter silíceo de las puzolanas, ya sean naturales o artificiales, este tipo de mezclas "cemento-puzolanas" resultan en una lechada con propiedades muy similares a las mezclas de cemento y sílice en lo que se refiere a la retrogresión de la resistencia del cemento fraguado en pozos de más de 110 oC.

En la Tabla No 4, se resúmen las propiedades mencionadas

EXPERIENCIAS EN YACIMIENTO NORTE

El Yacimiento Norte de Argentina no escapa a los problemas críticos que se presentan en operaciones de pozos profundos y con alto gradiente geotérmico (3,5 a 7,3 oC/100 mts) en las zonas de Palmar Largo -Formosa y Tineo -Salta. Otras áreas, si bien son profundas presentan gradientes geotérmicos normales.

Por los años de desarrollo del yacimiento muchas han sido las soluciones propuestas para superar diversos problemas presentados. Nosotros vamos a comentar solamente dos experiencias realizadas.

1- Cementación en el Manto Salino de Palmar Largo

El Yacimiento Palmar Largo y áreas circundantes presentan un manto salino en profundidades promedio de 3.660 a 3.770 mts. con acuíferas sobrepresionadas y sobresaturadas en su parte inferior de 600 kg/cm², y en su parte superior con presiones del orden de los 400 kg/cm² aproximadamente. Este manto salino tiene tendencia a fluir creando cargas excesivas en la cañería. La Fig. No 7 presenta un esquema normal de entubación en ésta área y la ubicación del tramo de sal.

En el planeamiento previo para poder solucionar la deficiencia de las cementaciones se acordó perforar el tramo de sal con emulsión inversa y alta densidad, y luego ensanchar dicho tramo a los efectos de lograr:

a) Contar con una capa de cemento primario de alta resistencia a la compresión, a fin de distribuir uniformemente la carga de la formación alrededor de la superficie exterior del casing.

b) Asegurar una luz suficiente entre la cañería y la formación móvil mientras se coloca el cemento y durante el tiempo de curado.

Estos beneficios sumados al de disponer de cañerías de alta resistencia previenen en gran medida la posible falla por colapsos de la cañería.

La lechada de cemento propuesta, lograda luego de numerosos ensayos consistió de una mezcla compresibles de alta resistencia a la compresión y buena adherencia a la sal. El empleo de material expansivo generador de gas en la lechada se utilizó a los fines de prevenir flujo de sal durante el tiempo de transición en que el cemento no transmite hidrostática. La bombeabilidad fue fijada en el menor tiempo compatible con el desarrollo de la operación, teniendo una característica especial de fluidez casi hasta el final del tiempo bombeable, para desarrollar en pocos minutos las 100 unidades consistométricas.

Además como se observa en las Figuras No 8 y No 9, una vez que se alcanzaba el frague inicial había aumento de resistencia a la compresión en un corto lapso de tiempo.

Las lechadas usadas en un principio fueron mezcladas con agua saturada; en esta oportunidad la mezcla se hizo con una solución salina al 10% a los efectos de no sobreretardar la lechada por acción salina, aditivándose en este caso con el 35% de sílice grueso, para lograr una mayor densidad con una baja relación agua cemento. La composición y propiedades de la lechada pueden observarse en la Tabla No 5. Cabe destacar que los ensayos de bombeabilidad se corrieron en un consistómetro HT-HP, en un vaso diseñado especialmente para este caso de lechadas, el cual varía completamente su geometría interior al haberse variado el número y tamaño de las paletas, lo que disminuye también el volumen interior. Esta modificación tiende a evitar que prematuras gelificaciones en lechadas especiales, como la que señalamos, pueden dar valores de bombeabilidad erróneas (Figura No 10).

Considerando que las operaciones se desarrollaban en cementaciones de liners y teniendo en cuenta los ajustados tiempos de bombeabilidad logrados, más las características de frague de la lechada, se combinaron dos lechadas; una de mayor bombeabilidad (convencional) que cubría el cruce y tope del liner, y otra de corto tiempo, en la parte del pozo abierto.

Este tipo de lechada configuró un avance en solucionar problemas de adherencia del cemento frente a mantos salinos y poder controlar entradas de agua sobrepresionadas y sobresaturadas despues de cementar. Sin embargo, por encima de las mejoras en los diseños de lechadas, los colgadores de liner se bajan con empaquetadores que soportan altas temperaturas y presiones, una vez perforado el tramo final del pozo, se bajó otro liner con el que se recubrió todo el tramo de sal, es decir, se realizó un reencamisado sobre el liner anterior, lo que hizo mucho más resistente al sistema.

2- Cementos livianos para Altas Temperaturas

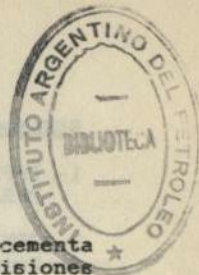
En la mayoría de las áreas del Yacimiento Norte los pozos superan los 3.500 mts. con temperaturas de circulación del orden de 119oC a 145oC, tambien es mucho el tiempo en que las cañerías intermedias son sometidas a maniobras de perforación, lo que ocasiona debilitamiento y posibilidades de roturas. Por ello en la planificación de cementaciones de este tipo de cañerías se pensó en cementar largas longitudes de anillos que sirvieran de soporte de protección a la vez.

A los efectos de poder cubrir largas longitudes de anillo e impedir grandes diferencias de presión, se buscó trabajar con una lechada que cumpliera todas las condiciones para rellenar el anular en altas temperaturas. Las características que indicaron su uso fueron: baja densidad, buen control de filtrado, en altas temperaturas y resistencia a la compresión aceptable en las condiciones de temperatura en el tope.

Esta mezcla resultó de la combinación de cemento y puzolana cuyas propiedades están explicitadas en la Tabla No 6. Otras bondades de este tipo de mezcla ya han sido explicadas anteriormente.

En esta oportunidad la programación tambien incluyó la combinación de dos lechadas; una con cemento y sílice en la parte inferior, con una densidad de 1870 gr/lt. de alta resistencia a la compresión; y otra en el tramo superior, de mayo longitud, con cemento liviano para alta temperatura.

Este tipo de lechada fue utilizado en varios pozos de la zona mencionada, y por encima de las bondades técnicas que se argumentan, otro factor que merece destacarse es el económico.



CONCLUSIONES

- 1- En el desarrollo de la planificación de operaciones de cementaciones en pozos profundos deben tomarse las mismas previsiones que en cualquier otro tipo de cementación.
- 2- La temperatura es un factor preponderante que se hace crítico por encima de los 110°C. y que lleva a realizar un conciente análisis en el uso de cementos y aditivos especiales.
- 3- Un correcto conocimiento de los valores de temperatura nos proporcionará valores correctos de tiempo de bombeabilidad y resistencia a la compresión. Un valor incorrecto de la misma producirá problemas en el bombeo o sobreaditivación de químicos.
- 4- Se deberá efectuar una correcta mezcla de cemento-aditivos, por lo cual se tendrá que planificar y controlar las mezclas de campo.
- 5- La retrogresión de la resistencia a la compresión y aumento de la permeabilidad de los cementos fraguados expuestos a altas temperaturas, es estabilizada mediante el agregado de material silíceo, generalmente sílice en polvo.
- 6- Las lechadas cemento-puzolana tienen las siguientes propiedades: baja resistencia de gel, durabilidad, resistencia química a fluidos corrosivos y baja permeabilidad. Los valores de densidad y resistencia a la compresión son menores a los obtenidos con cemento puro.
- 7- Los mantos salinos en condiciones de altas temperaturas se presentan como fluidos plásticos o formaciones móviles, por lo que los cementos deben poseer: tiempo mínimo de bombeabilidad controlado, corto tiempo de transición y rápido frague inicial. Esta consideración es aplicable para el control de cualquier otro tipo de fluido.
- 8- Las lechadas de "cemento liviano para altas temperaturas" con puzolanas son aptas para cubrir largos anillos de cementos en pozos profundos, ya que los valores de resistencia a la compresión y filtrados, entre otros, son muy aceptables considerando su baja densidad.

BIBLIOGRAFIA

- 1- IMPROVED COMPOSITIONS FOR CEMENTING WELL WITH EXTREME TEMPERATURES. JPT. March 1961.
- 2- CEMENTING - Monograph Series - SPE.1976
Dwight Smith
- 3- DEEP WELL AND LINER CEMENTING STUDIES - Compilation
Halliburton Services
- 4- PUZOLANAS - Su utilización en cementación de pozos de petróleo
Gerencia Investigación y Desarrollo Y.P.F. - F. Varela
- 5- PUZZOLANIC SLURRIES FOR INJECTION WELL
W. F. Ball - K. A. Slagle World oil Feb. 1958
- 6- SILICA FLOUR - Mechanism for improving cementing composition for high temperature well conditions.
D. Smith - Reporte API Standardization Committee 10
- 7- ANALYTICAL CHEMISTRY OF PORTLAND CEMENT AND ITS OIL FIELD ADMIXTURES.
B. E. Simpson - SPE - May 1988
- 8- WHAT TO CONSIDER WHEN CEMENTING DEEP WELLS
T.D. Pugh - World Oil Set. 1967
- 9- CEMENTING CONSIDERATIONS - Compilation
Halliburton Services

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE
REDUCTORES DE FILTRADO DE CEMENTOS

Densidad de la mezcla Kg/lt	Tipo de Red. de Filtrado	Porcentaje Aditivo %	Pérdida de Fluido API cc/30 min.	
			26°C	87°C
1.85	R	1.0	60	396
1.85	R	1.5	26	95
1.89	R	1.0	40	348
1.89	R	1.5	20	119
1.95	H	1.0	104	193
1.95	H	1.5	11	50

R - Reductor de Filtrado para moderadas temperaturas

H - Reductor de Filtrado para altas temperaturas

RESULTADOS DE MEZCLAS POR TRANSFERENCIA

CEMENTO CLASE " H " + 0.4 % RETARDADOR + 10 % BARITA

DETERMINACION DE CONCENTRACION DE ADITIVOS EN 16 MUESTRAS

No de Transferen- cias antes del muestreo	RETARDADOR			BARITA		
	Promedio %	Desviación Standard	2 Vc %	Promedio %	Desviación Standard	2 Vc %
2	0.37	0.112	61	7.9	2.49	63
4	0.40	0.026	13	8.3	0.40	9.6
6	0.40	0.024	12	8.6	0.27	6.2

RESULTADO DEL ESTUDIO DE MUESTREO
CEMENTO clase "H" + RETARDADOR + BARITA

<u>Muestreador</u>	<u>No de Muestras</u>	<u>Diferencia Retardador Promedio %</u>	<u>Diferencia Barita Promedio %</u>
Diversor de flujo tipo U	24	1.9	2.6
Automático	21	3.7	3.2
Válvula de 1" - Loc T	12	2.6	4.3
Válvula de 1" - Loc S	18	6	2.3
Tipo T	14	4.2	6
Válvula de 1" - Loc R	18	6.6	5.3
Válvula de 1" - Loc U	18	6.1	8.5
Válvula de 1" - Loc Q	12	14.3	3.9

ENSAYO DE REPETIBILIDAD DEL TIEMPO DE BOMBEABILIDAD

CEMENTO "H" + R a/c 0.38

ENSAYO No	CONC. RETAR. %	API TEST SCHEDULE	DNCT No DE OF	DE OBSER.	TIEMPO DE BOMBEAB.			S MIN.	Z Vc. %
					PRON.	MAX.	MIN.		
1	II	4	113	15	2:25	2:33	2:19	4:51	6:2
2	0.3 B.T.	6	144	17	3:06	3:28	2:41	15:20	16:4
3/A	0.3 B.T.	8	206	15	2:47	2:57	2:38	6:11	7:3
3/B	0.4 B.T.	8	206	15	4:06	4:28	3:54	9:18	7:5
3/C	0.5 B.T.	8	206	15	5:55	6:28	5:31	17:45	7:8
4/A	2 A.T.	10	300	15	3:56	4:40	3:16	22:43	19:0
4/B	1 A.T.	10	300	15	3:43	4:14	3:10	17:89	16:0

Tiempo de bombeabilidad - 70 u consistometricas

Ensayos 4/a y 4/b con - Cto H + 3% Silica Flour + R a/c 0.54

TABLA N°3 Bis

PROPIEDADES GENERALES DE LAS PUZOLANAS

ENSAYO	EFFECTOS DE LA PUZOLANA	COMENTARIOS
* Tiempo de espesamiento	No Altera	La acción puzolánica se manifiesta después que la mezcla / cemento-puzolana se endurece / (la puzolana es inerte químicamente).
* Resistencia a la compresión	Menor a cortos tiempos; igual o mayor a tiempos superiores	Desarrolla una resistencia adecuada.
* Gelificación	Reduce	Todas las mezclas ensayadas // presentan una excelente trabajabilidad, sin gelificación.
* Resistencia química	Aumenta	Adquiere importancia con mezclas en contacto con aguas y / suelos agresivos.
* Compatibilidad	Total	Presentan excelentes compatibilidad con todos ellos.
* Retrogresión en la resistencia a la compresión	No Presenta	A diferencia de las lechadas / de cemento, las mezclas de cemento/puzolana no retrogresionan a altas temperaturas.
* Permeabilidad	Disminuye	Al reaccionar la puzolana con la cal, se originan sales suplementarias, disminuyendo su permeabilidad.
* Calor de hidratación	Disminuye	Se reduce el calor total desarrollado, y las temperaturas / máximas alcanzadas en el seno de la reacción de hidratación.

TABLA N°4

CEMENTACION MANTO SALINO PALMAR LARGO

TIPO DE TRABAJO: CEMENTACION LINER 7"

COMPOSICION Y PROPIEDADES DE LAS LECHADAS USADAS:

1 - LECHADA DE CABEZA: (Mayor Bombeabilidad)

<u>Productos</u>	<u>Porcentajes</u>
------------------	--------------------

CEMENTO TIPO ATP

SILICE FINA	35	1
-------------------	----	---

REDUCTOR DE FILTRADO (CMHEC).	0,8	1
-------------------------------	-----	---

DENSIFICANTE (Hematita)	17	1
-------------------------------	----	---

RETARDADOR DE FRAGUE	0,15	1
----------------------------	------	---

AGUA SATURADA CON SAL	64	1
-----------------------------	----	---

Propiedades:

BOMBEABILIDAD P/LINER A 126°C 4 Hs. 12 min.

FILTRADO ALTA (82°C) 40 cc.

2 - LECHADA DE FONDO:

<u>Productos</u>	<u>Porcentajes</u>
------------------	--------------------

CEMENTO ATP

SILICE GRUESO	35	1
---------------------	----	---

REDUCTOR DE FILTRADO (CMHEC).	0,5	1
-------------------------------	-----	---

DISPERSANTE RED. DE FRICCION.	0,8	1
-------------------------------	-----	---

RETARDADOR DE FRAGUE	0,25	1
----------------------------	------	---

AGUA + 10% SAL	46	1
----------------------	----	---

ADITIVO ESPECIAL INHIBIDO AL 12,5%	4 Envases cada 10 Dbl. de Agua de Mezcla	
---	--	--

Propiedades:

BOMBEABILIDAD P/LINER A 126°C 3 Hs.

FILTRADO ALTA (82°C) 40 cc.

RESISTENCIA A LA COMPRESION
(149°C - 24 Hs.) 290 Kg/cm2 (destructivo)

CEMENTO LIVIANO PARA ALTA TEMPERATURA

YACIMIENTO NORTE

COMPOSICION Y PROPIEDADES DE LA LECHADA

DATOS DEL POZO:

PROFUNDIDAD: 3.600 MTS.
LODO EMULSION INVERSA
DENSIDAD: 1150-1250 gr/lt
TEMPERATURA DE CIRCULACION: 120°C
TEMPERATURA DE TOPE DE CEMENTO: 93°C
LONG. ANILLO LECHADA INFERIOR (NORMAL): 350 MTS.
LONG. ANILLO LECHADA SUPERIOR (LIVIANA): 950 Mts.

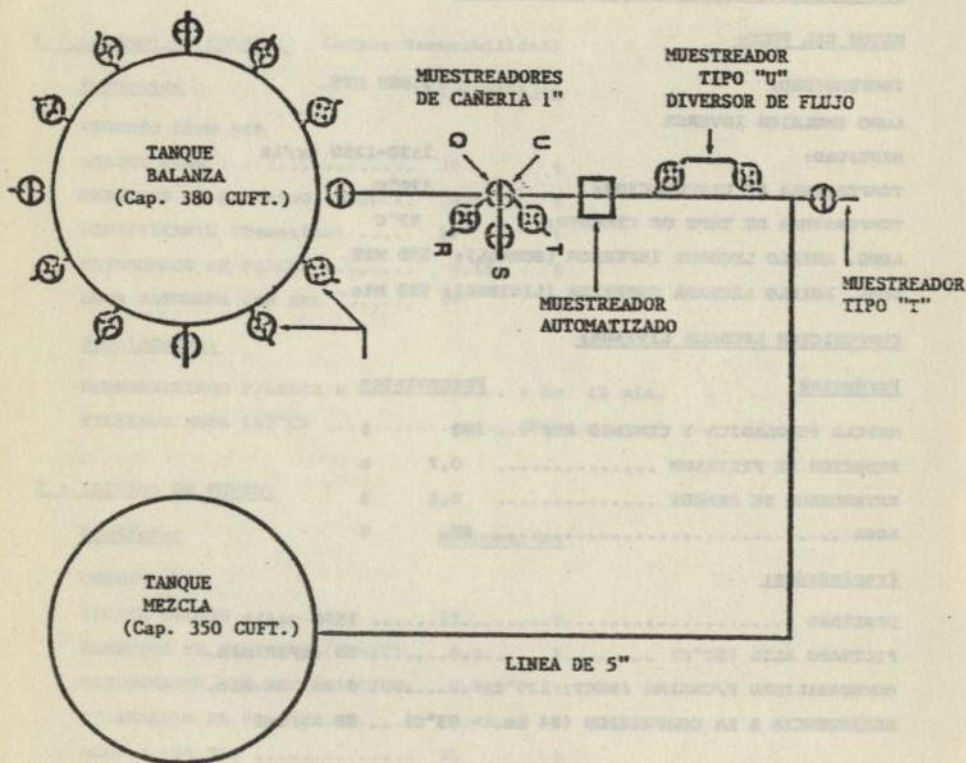
COMPOSICION LECHADA LIVIANA:

<u>Productos</u>	<u>Porcentajes</u>	
MEZCLA PUZOLANICA Y CEMENTO ATP ...	100	1
REDUCTOR DE FILTRADO	0,7	1
RETARDADOR DE FRAGUE	0,1	1
AGUA	66	1

Propiedades:

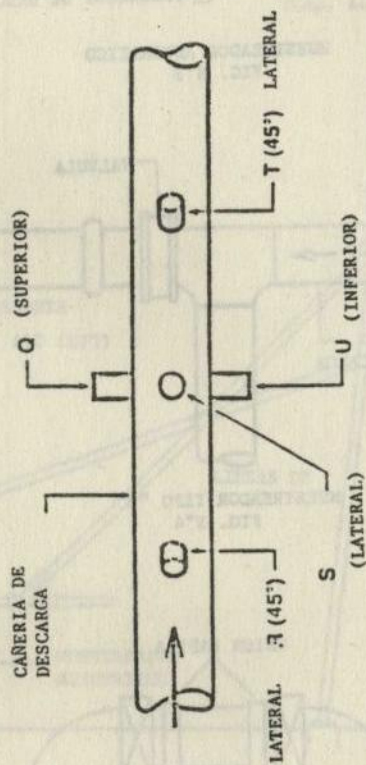
DENSIDAD 1550 gr/lt
FILTRADO ALTA (82°C) 60 cc/30 min.
BOMBEABILIDAD P/CASING (DHCT: 120°C) 4 Hs. 38 Min.
RESISTENCIA A LA COMPRESION (24 Hs. - 93°C) .. 88 Kg/cm²

TABLA N°6

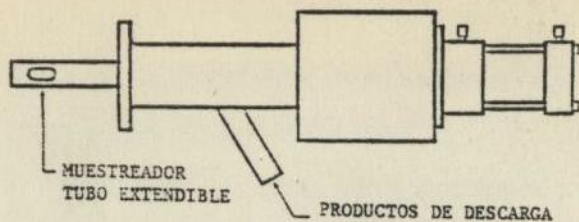


MEZCLADOR A GRANEL (LABORATORIO)

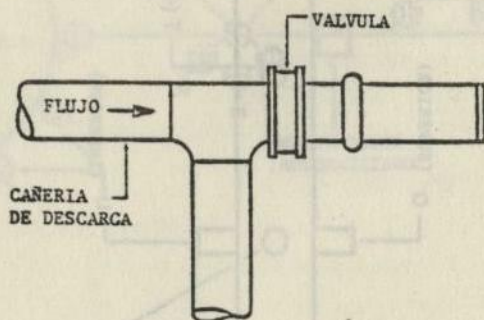
FIG. N°1



POSICION DE MUESTREADORES
DE CAÑERÍA DE 1"



MUESTREADOR AUTOMATICO
FIG. N°3



MUESTREADOR TIPO "T"
FIG. N°4

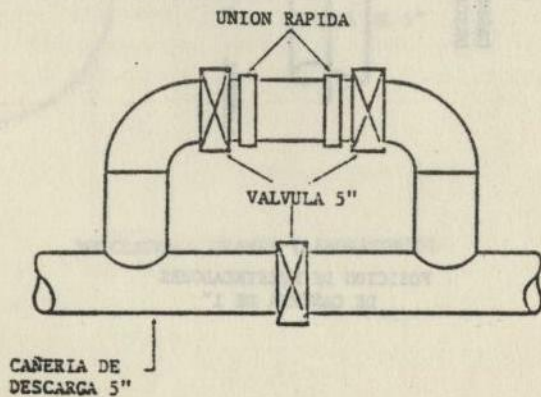
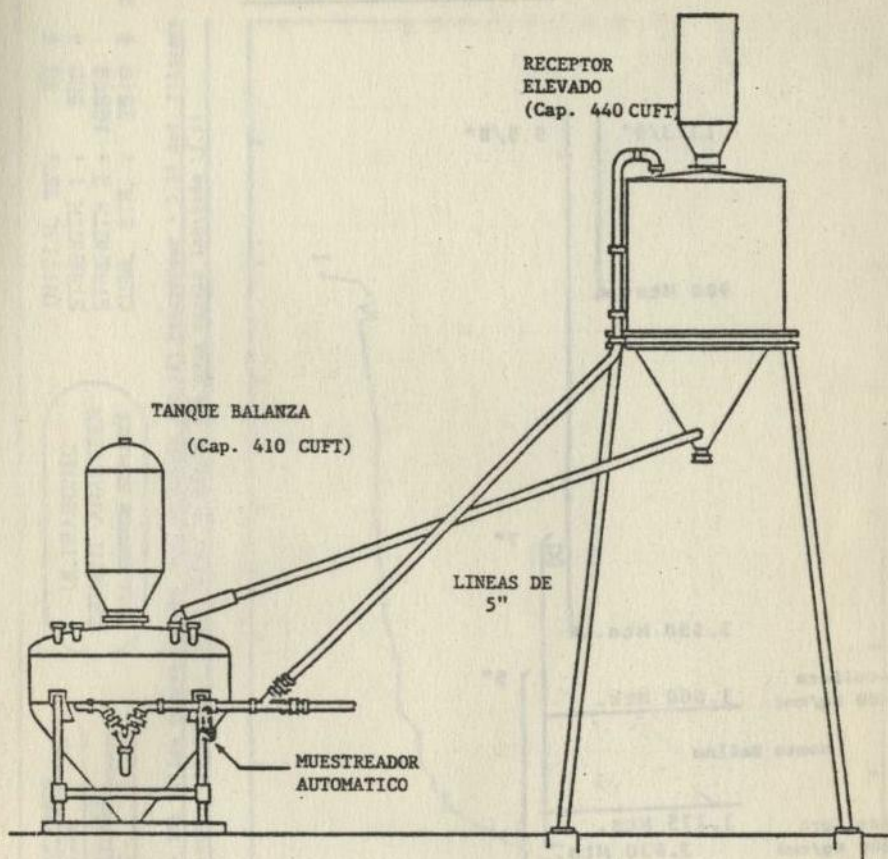


FIG. N°5



PLANTA MEZCLA A GRANEL (DE CAMPO)

FIG. N°6

ESQUEMA NORMAL DE ENTUBACION EN AREA PALMAR LARGO
UBICACION HANTO SALINO

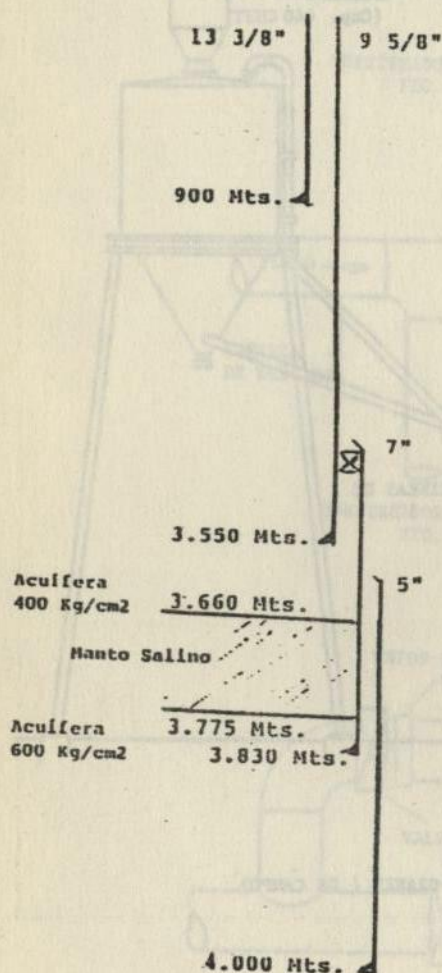


FIG. N°7

FIG. N° 8

PROJECT NO.: PALMAR LARGO

DATE: 12/09/86

PRESSURE: 215 kg/cm²

TEMPERATURE: 149°C

ULTRASONIC
CEMENT ANALYZER
HALL-BURTON SERVICES

INITIAL SET: 50 s 21:25
STRENGTH 1: 500 s 21:16
STRENGTH 2: 1999
CURR. STR.: 3549 s 23:40

CEMENT: CEMENTO A72 + 35% sílice gruesa + 0.8% Red. Fricción + 0.25% Retardador + 0.51 Red. Filtrado
Pa/ci 0.46 (Agua + 10% Sal) - Adic. Eso.: 4 Env/10 Bbl Agua mezcla inhibido 12.5%

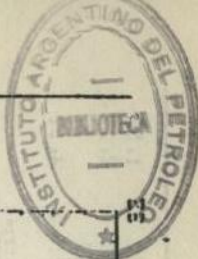
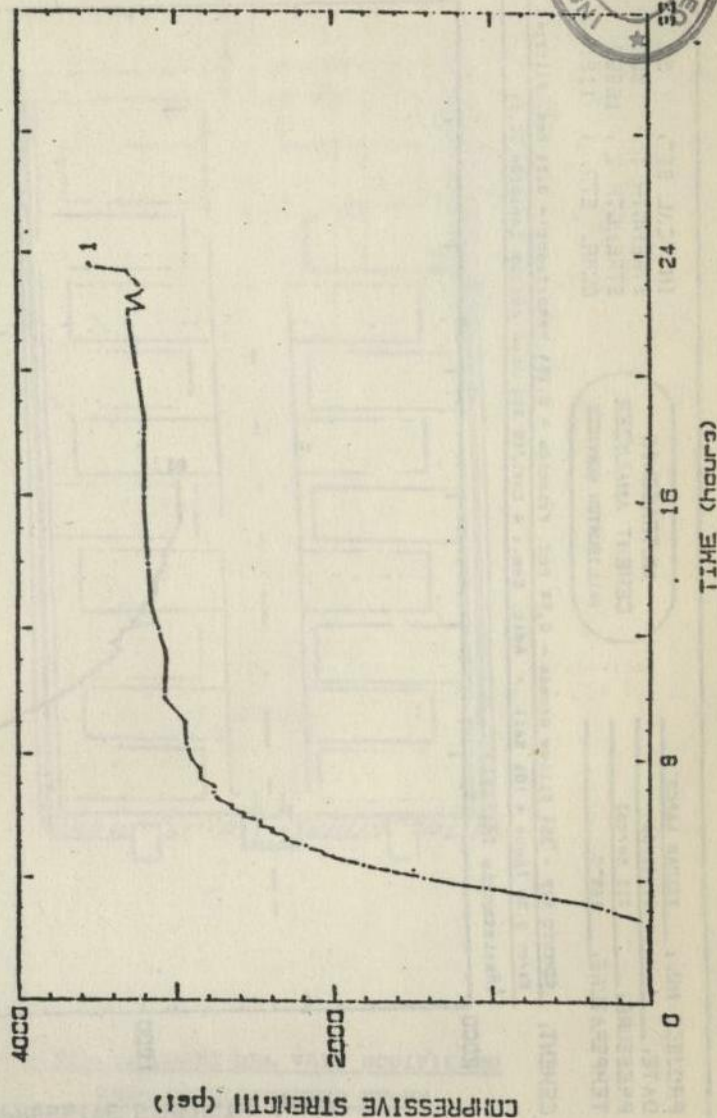


FIG. N°9

PROJECT NO.: PALMAR LAPCO
 DATE: 11/09/86
 PRESSURE: 211 Kg/cm²
 TEMPERATURE: 149°C

ULTRASONIC
 CEMENT ANALYZER
 HALLIBURTON SERVICE

INITIAL SET: 50 s 1.50
 STRENGTH: 500 J 2.11
 STRENGTH 2: 1999
 CURR. STR.: 1191 s 4.11

CEMENT: CEMENTO ATP + 35% sílice gruesa - 0.8% Red. Fricción + 0.15% Retardador - 0.5% Red. Filtizado

Pa/Ct 0.46 (Agua + 10% Sal) - Adit. Eco.: 4 Env./10 bbl Agua mezcla añadido 12.5%

(Resistencia Inicial)

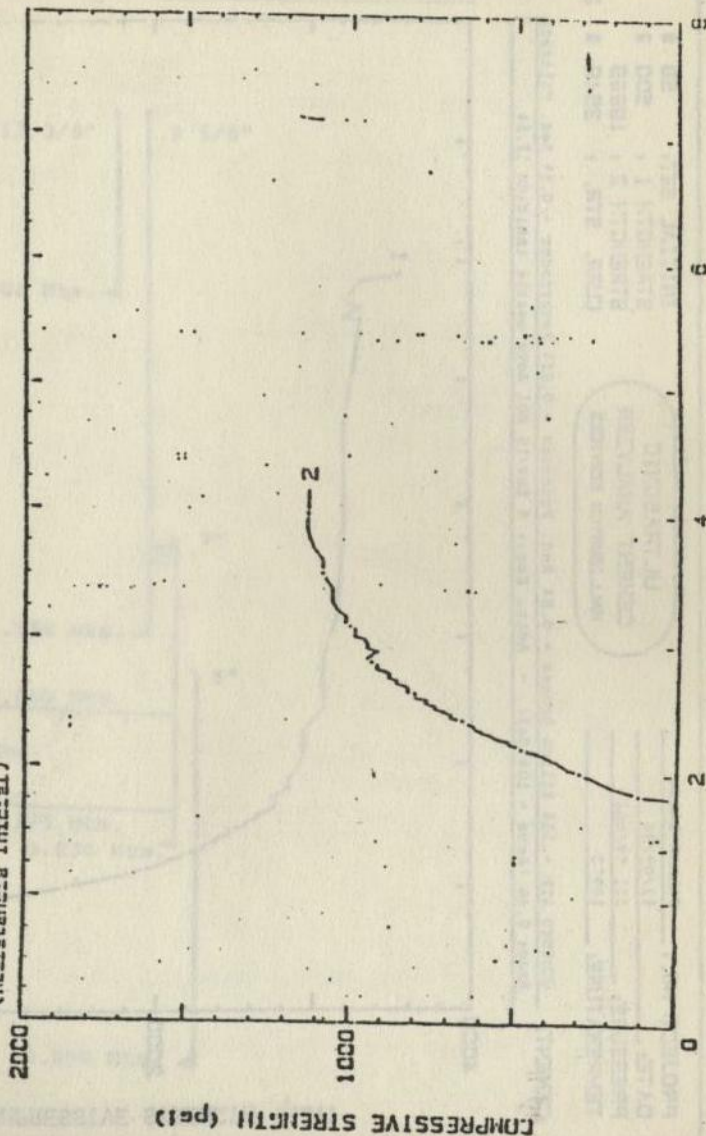
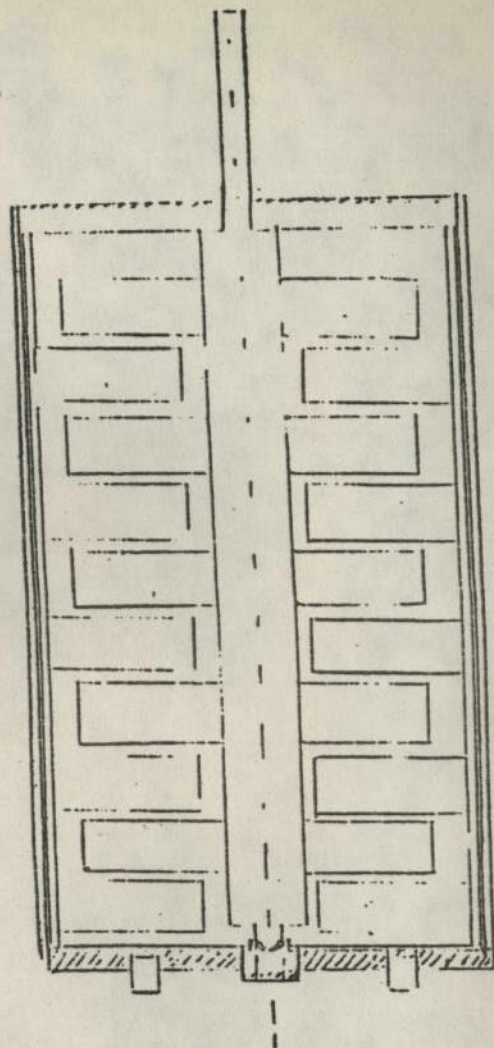


FIG. N°10



VISTA EN CORTE DEL VASO MODIFICADO
PARA CONSISTOMETRO HT-HP
PARA LECHADAS ESPECIALES Y THIXOTROPICAS