

DESARROLLO Y ENSAYO DE CAMPO DE NUEVO SISTEMA INHIBITORIO EN LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE.

Carlos Alberto Piracés Lubbert – Marbar SRL – Sergio Chavez – Tecpetrol – Oscar Chaulet - Tecpetrol

RESUMEN

El proceso de desarrollo de nuevas tecnologías en lodos de perforación establece que el fluido debería aportar la viscosidad necesaria, controlar el filtrado y además poseer propiedades inhibitorias en las arcillas. La búsqueda de fluidos base agua altamente inhibitorios siempre ha sido un propósito continuo de la industria de los fluidos de perforación.

Se ha diseñado en laboratorio y posteriormente se probó en campo un sistema base agua inhibitorio que además tiene la reología necesaria para asegurar la limpieza y el acarreo de los recortes manteniendo un filtrado controlado con revoques flexibles. Los parámetros de reología en los últimos tiempos se han mejorado alcanzando una gran evolución y perfeccionado debido al desarrollo de polímeros que sustituyeron a la clásica bentonita y además el fluido con bajo contenido de sólidos se ha transformado en la llave del éxito logrando muy buenos resultados.

El sistema desarrollado consiste en un inhibidor de arcilla de amonio cuaternario, un polímero controlador del filtrado, un polímero para aportar reología y estructura de geles y un inhibidor secundario de origen vegetal totalmente biodegradable. Presenta versatilidad, dado que se puede utilizar con lodos salados o dulces siendo más amigable con el medio ambiente que las tradicionales sales a base de potasio. El trabajo presenta los ensayos de laboratorio y las primeras aplicaciones en áreas de la cuenca San Jorge con sus resultados preliminares.

INTRODUCCION

Si las propiedades del fluido de perforación no son las adecuadas, se producirán desvíos comprometiendo los resultados económicos. La mejor garantía para que esto no suceda es seleccionar adecuadamente el fluido para la formación o el pozo en cuestión y para ello deben tenerse en cuenta diversos factores. El objetivo primordial es conseguir un pozo estable para entubarlo y ponerlo en producción al más bajo costo posible, y al mismo tiempo provocar el mínimo daño a las capas productoras.

Las arcillas son las causales del 90% de los problemas de inestabilidad que se producen al perforar un pozo, lo que hace que la optimización de las técnicas de perforación tenga relevancia económica ya que estas están presentes en casi el 75% de las formaciones atravesadas.

Los efectos más comunes generados por las arcillas al perforarse con lodos base agua generalmente se manifiestan en:

- Disminución de la penetración debido al embolamiento o empastamiento del trépano, portamechas y/o los estabilizadores.

- Aumento del tiempo de maniobras por cerramiento del pozo.
- Pérdidas de circulación inducidas por formación de anillos de lodo y empaquetamientos.
- Disminución del rendimiento de separación de las zarandas debido al taponamiento de las mallas.
- Altas diluciones y problemas en el manejo de la reología y el control de filtrado del lodo.
- Riesgos de pegamiento de la columna de perforación.
- Dificultades de bajar sondas de perfil y cañerías.
- Mayores torques.
- Fallas en las cementaciones primarias por empaquetamiento del anular y/o pobre remoción de los revoques resultando pobre adherencia del cemento.

Todos estos fenómenos son consecuencia de la interacción de las arcillas con el agua, hay quienes interpretan que esta reacción se produce por puente hidrógeno entre los óxidos de silicio o aluminio en la superficie de las arcillas y las moléculas de agua, alcanzando el espesor de la lámina de agua varios Angstroms (10^{-6} mm), presentando la ligadura de unión de una resistencia similar a la unión covalente. Otros autores manifiestan que la concentración y el estado de los cationes presentes juegan un papel preponderante en la estructura de la arcilla, tanto en el proceso de la hidratación como en el intercambio osmótico.

Las características de los recortes son también afectadas por el tipo de lodo y la inestabilidad de las paredes se produce en distintas clases de arcillas ya que es un proceso tiempo dependiente. El tiempo de contacto del fluido con los recortes es mucho menor que con las paredes del pozo, ya que al ser generados por fuerzas mecánicas e hidráulicas en el trépano son influenciados por efectos químicos solo en su viaje a la superficie, la mayor virtud del fluido debe ser la de mantener un pozo abierto estable en la zona de arcillas hasta finalizar la perforación del pozo.

En la mayoría de los casos, esto se resuelve utilizando fluido base hidrocarburo que impide a las arcillas entrar en contacto con agua e hidratarse evitando la migración de agua por la formación de una membrana osmótica. En la Cuenca San Jorge, si bien, se realizaron algunas experiencias, su implementación, además de los mayores costos, exige mayores recaudos ambientales no llegándose a utilizar ampliamente, más allá de algunos intentos aislados.

Por el contrario, en la cuenca, se han usado diversos tipos de lodos base agua con disímiles resultados siempre con el objetivo principal de reducir o minimizar la hidratación de las arcillas.

Se han usado glicoles que son compuestos orgánicos pertenecientes a la clase de los alcoholes donde el mecanismo de inhibición se explica por varios posibles mecanismos, adsorción del polímero en la superficie de la arcilla ya que compiten con el agua por los sitios activos de adsorción, taponamiento de los poros de la formación una vez alcanzado el punto nube, o sea, la temperatura a la cual se separa de la solución, por reducción de la actividad química del agua, por formación de puentes de hidrógeno o finalmente por aumentar la viscosidad del filtrado ya que invade más lentamente la formación.

O los silicatos, que se mantienen solubles a alto pH, precipitando al penetrar en los poros inter-cristalinos formando una barrera por la precipitación de silicato insoluble como producto de la reacción con el agua de formación de menor pH sellando los poros y evitando así la hidratación de la arcilla ya que una vez que penetraron la matriz de la roca pasan a formar parte de la estructura cristalina de la arcilla bloqueando mayor ingreso de agua.

En el mismo mecanismo de sello se basan los lodos del Complejo de Aluminio, reduciendo la permeabilidad de las arcillas al impedir el ingreso del filtrado bloqueando la acumulación de presión del poro, ya que, el aumento de la presión de poro se atribuye a las reacciones de intercambio de la arcilla con el fluido. Si el sistema empleado minimiza este aumento de presión, estaría evitando o restringiendo el ingreso del agua en los poros de la arcilla, o dicho de otra manera, minimizando la hidratación de la misma, sobre todo en las de baja permeabilidad, en las formaciones de alta permeabilidad el aumento de la presión producido por la invasión del filtrado del lodo es disipado en el volumen de la formación y la presión de poro no se ve afectada. Por el contrario en las formaciones de baja permeabilidad, que sería el caso de las arcillas, más invasión del filtrado incrementa más la presión poral y esto resultaría en una expansión hacia el pozo de parte de las arcillas y si no se cuenta con la suficiente presión de columna hidrostática nos encontramos con el fenómeno de desmoronamiento o erosión.

Anteriormente se han usado también, lodos inhibitorios dispersos de origen cálcico al yeso o a la cal de más alto pH o los clásicos conocidos con lignosulfonatos o dispersantes tánicos con o sin cromo.

El sistema inhibitorio que más se ha utilizado en los lodos base agua, ha sido la adición del Cloruro de Potasio al fluido para intercambiar el ión sodio presente en las arcillas por el ión potasio, que al tener radio atómico chico impide la absorción o adsorción de agua y por ende produce menor expansión.

En general, los lodos inhibitorios más versátiles y con mejores resultados técnico-económico aplicados en la cuenca, han sido los formulados con los polímeros poliácridamidas parcialmente hidrolizadas, (PHPA), de bajo contenido de sólidos y que en algunos casos se adiciona de sales de potasio para reforzar su capacidad de inhibición. Estos sistemas presentan el inconveniente del alto contenido salino del fluido, encareciendo el tratamiento o evitando el descarte en piletas naturales. Por esta razón los lodos que más se han perfeccionado para ser usados en la cuenca han sido los basados en PHPA dulce, sin el agregado de sales de potasio.

La PHPA actúa inhibiendo por acción física, el mecanismo que es más aceptado es el que explica su acción evitando la dispersión de los recortes arcillosos, y a su vez impidiendo el contacto de la arcilla de la pared del pozo con agua rodeando a la misma por atracción electrostática producida entre las cargas negativas de los grupos carboxílicos de la estructura del polímero PHPA y las positivas de las arcillas, o sea, se pegan a la superficie de las mismas. Esta acción recubre a los recortes e impide su mojado evitando su dispersión y así son eliminados más fácilmente en superficie, además las paredes del pozo también se recubren minimizando la dispersión o la erosión de las arcillas. Si bien es necesario comprender con más detalle este complejo

mecanismo de adsorción algunos autores sostienen que la PHPA podría inhibir por tres mecanismos, floculación, adsorción y taponamiento.

No obstante su amplio uso, en la cuenca se han experimentado, tal cual ha sido reportado en numerosos trabajos, problemas como:

- Separación de agua del sistema de lodo al adicionar la PHPA
- Pérdidas de lodo en el equipamiento de control de sólidos, principalmente en las zarandas hasta que se hidroliza completamente.
- Aumento de la viscosidad del sistema por el incremento de los sólidos perforados.
- Grandes aumentos de la viscosidad generados por pequeños agregados de polímero.
- Pérdida de polímero en las zarandas.
- Presencia de amoníaco en las piletas debido a los agregados excesivos de soda cáustica o contaminación con cemento por hidrólisis de la PHPA.
- Falta de un método continuo de determinación del polímero libre en el sistema en las piletas.

Estos problemas se presentan generalmente debido a la alta concentración de PHPA con el retorno de lodo del fondo de pozo, por el agregado en exceso en las piletas de succión de las bombas, insuficiente agitación o dispersión del polímero, o sea, insuficiente hidratación del mismo antes de bombearlo al pozo o un inadecuado control del pH produciéndose hidróxido de amonio.

Estos sistemas de fluidos son acompañados con lubricantes, reductores de filtrado a base de almidones, dextrinas o celulosa polianiónica, viscosificantes poliméricos como la goma xántica y material de puenteo para sellar la garganta poral de las arenas, tales como Carbonato de Calcio, Fibras Celulósicas y Asfaltos, Gilsonitas o Grafitos.

FLUIDO TIPO PHPA POZO S-2532

Productos	Concentraciones Promedio	Propiedades	
		Items	Rango
Bentonita	35 - 45	Densidad gr/cc.	1050 - 1120
Celulosa Polianiónica	3.5 - 4	VP, Cps.	17 - 22
Carbonato Cálcico Mallado	18 - 25	PF, lb/100 ft ² .	18 - 24
Fibra Celulósica	5.5 - 7	Geles, lb/100ft ² .	2-4/17-20/22-28
Carbonato de Calcio Malla 200	20 - 25	Filtrado API, cc.	5.5 - 6
Lubricante	7.5 - 10	pH	8.0 - 9.0
Asfalto	5.5 - 7	MBT, Kgs/m ³ .	50 - 65
PHPA	1.2 - 2	Cloruros, ppm.	800 - 1000
Goma Xántica	0.7 - 1.2		
Alcalinizante	0.5 - 1		
Defloculante	1.2 - 2		
Antiadherente	3.5 - 8		
Detergente	2.5 - 5		

El nuevo sistema base agua presentado, básicamente está formulado con un inhibidor a base de Amonio Cuaternario y un Ester Metílico derivado del aceite de soja actuando como antiadherente para minimizar la aglutinación de la arcilla, o sea, formando una barrera física retardando el contacto de las arcillas con el agua. Según

algunas patentes, el Amonio Cuaternario actúa reduciendo las cargas superficiales y retardando la tendencia osmótica de las arcillas a hincharse, provee un catión de intercambio, y a su vez los grupos alquilo crean una esfera alrededor del ión que disminuye el movimiento del agua entre las plaquetas de las arcillas y sellan las mismas impidiendo el ingreso de más agua, o sea, forman una red de rechazo al agua alrededor de las plaquetas de las arcillas.

Los restantes productos de la formulación son los necesarios para la obtención de un revoque delgado y plástico para controlar la pérdida de fluido, celulosa polianiónica y goma xántica para suspensión de los sólidos y proveer estabilidad al pozo. La PHPA solo se adiciona en forma líquida y en una mínima proporción, solo para ayudar a la floculación de los sólidos perforados en el equipamiento de superficie.

El objetivo de este trabajo es mostrar los ensayos, desarrollo y posterior aplicación en campo de un sistema con estos aditivos que iguala o en algunos casos mejora la capacidad inhibitoria del sistema PHPA con o sin Cloruro de Potasio y mucho más compatible con el medio ambiente. Su aplicación surge con el objetivo de eliminar o minimizar los problemas enumerados anteriormente con la aplicación de la PHPA o en todo caso para reforzar su capacidad inhibitoria.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Existe una gran variedad de métodos y pruebas de laboratorio para evaluar los productos con capacidad de inhibición de las de arcillas más comunes encontradas en la perforación de pozos Esmectita, Ilita, Clorita y Caolinita. La cantidad de cationes intercambiables es el método más práctico y usado en el estudio del iónico de las arcillas con el fluido de perforación y generalmente es una mejor medida que el análisis mineralógico deducido del análisis de Difracción de Rayos “X” (DRX).

La cantidad de cationes que se adsorben en la superficie pueden ser cambiados por otros que se llaman cationes intercambiables de la arcilla. La cantidad de cationes por el peso unitario de la arcilla es medida y registrada como CEC (Capacidad de Intercambio Catiónico) y se expresa en miliequivalentes por 100 grs. de arcilla seca (meq/100). La CEC de las arcillas más comunes encontradas en la perforación de pozos es la siguiente:

ARCILLA	CEC (meq/ 100 grs)
Esmectita	80 - 150
Ilita	10 - 40
Clorita	10 - 40
Caolinita	3 - 10

Dada su alta Capacidad de Intercambio Catiónico la Esmectita es la más reactiva de todas.

Un análisis de difracción de Rayos “X” del Yacimiento Manantiales Behr es el siguiente:

ANALISIS DE ROCA TOTAL (%)	
CUARZO	60
FELDESPATO-K	
PLAGIOCLASA	8
CALCITA	18
DOLOMITA	
SIDERITA	
ANHIDRITA	
BATITINA	
ANALCIMA	
LAUMONTITA	
ZEOLITAS	
OXIDOS	
PIRITA	
MICAS	
MINERALES ARCILLOSOS	14

COMPOSICION DE ARCILLAS (%)	
CAOLIN	3
CLORITA	1
ILLITA	
ESMECTITA	96

Como puede observarse en los resultados se trata de una muestra compuesta por Cuarzo, algo de Calcita y Plagioclasa con un contenido arcilloso del 14%. Dentro de este 14% de arcillas, el 96% se trata de Esmectita arcilla altamente hidratable al contacto con agua, o sea, de alta reactividad.

Normalmente para la evaluación de un aditivo se comienza con ensayos físicos y químicos y la optimización de su dosificación comparando su grado de inhibición frente a otros inhibidores ya conocidos y evaluados. Posteriormente se determinan la existencia de reacciones adversas al ser incorporado a la formulación básica, luego la reacción que se produce al contaminarse el sistema sometido a envejecimiento estático y dinámico y por último se observa el grado de dispersión de los recortes arcillosos en contacto con el lodo formulado comparado con un blanco.

Está demostrado que un producto catiónico provee una más efectiva acción inhibitoria por adherirse más firmemente a la carga negativa de las arcillas que los polímeros aniónicos, pero a su vez, su aplicación es más restringida debido a que pueda reaccionar con la bentonita y polímeros aniónicos, provocando floculación y precipitación, o sea, produciéndose una incompatibilidad de productos en la formulación. Por esta razón, los ensayos se comenzaron con una prueba visual de compatibilidad del producto a base de amonio cuaternario, con los polímeros integrantes del sistema, como las Celulosas Polianiónicas y XCD-Polímero.



El grado de hidratación de las arcillas depende de la carga libre que tenga en las láminas y la carga del catión, o sea, es dependiente de la energía de hidratación del catión. La Tabla siguiente muestra que si bien el ión Potasio presenta una baja energía de hidratación, el Amonio hidratado es más beneficioso ya que por ser su radio atómico más chico puede penetrar mejor entre las láminas de las arcillas. La energía de atracción entre catión y la lámina es mayor que la energía de atracción entre el agua y el catión (energía de hidratación) y de esta manera mantiene unidas las láminas impidiendo el ingreso de más moléculas de agua hidratando la arcilla.

Tamaños IONES Hidratado y Deshidratado y ENERGÍA DE HIDRATACION

I O N		Deshidratado A°	Hidratado A°	Energía de Hidratación Kcal/mol
Sodio	Na^+	1.9	11.2	97
Potasio	K^+	2.66	7.6	77
Calcio	Ca^{++}	1.98	19.2	377
Magnesio	Mg^{++}	1.3	21.6	459.1
Amonio	NH_4^+	2.16	5	72.5

Como la energía de hidratación del Amonio es menor que la del catión Potasio es previsible suponer que un tratamiento con Amonio será más efectivo.

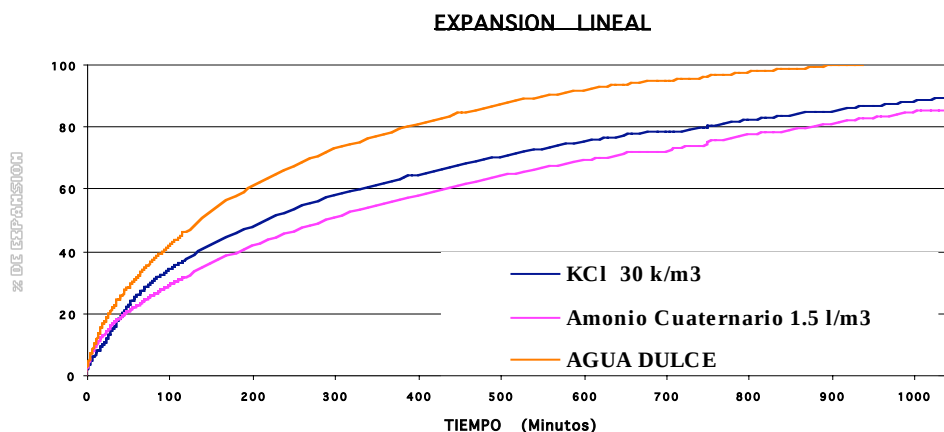
El siguiente método bastante conocido nos permite rápidamente y en forma preliminar determinar la capacidad inhibitoria de un fluido. El procedimiento es el siguiente:

Se disuelven en agua el producto a evaluar y un inhibidor conocido y se contamina la mezcla con bentonita, en este caso se usaron el equivalente a 50 kgs/m³.

Se agita durante 15 minutos en un mezclador Hamilton Beach y luego se coloca cada mezcla en probetas graduadas de 500 ml. Se observa y controla la velocidad de separación del agua clara de la solución con bentonita disuelta. Se anota agua separada en función del tiempo hasta alcanzar valores relativamente estables, usualmente a 4-5 hs. Este ensayo para el caso del Amonio Cuaternario arrojó, después de 6 hs., los resultados siguientes:



Otro método para evaluar la capacidad de inhibición del Amonio Cuaternario es el ensayo de Hinchamiento Lineal, que se basa en la medición del cambio de volumen experimentado por la arcilla o en la medición de la presión necesaria que se debe aplicar para impedir el hinchamiento cuando la muestra se la pone en contacto con el fluido. Si bien no es un estudio exacto, relativamente permite observar el comportamiento de la muestra arcillosa frente a diversos aditivos. Los resultados obtenidos se muestran seguidamente:



También se realizó el ensayo de desintegración, dispersión y/o erosión, rolando el fluido al que se adicionó una cantidad conocida de arcilla de la zona y por diferencia de peso se obtiene comparativamente la cantidad incorporada de la misma al sistema de lodo. Los resultados se informan en porcentaje de erosión (% disuelto o incorporado al sistema), dividiendo la cantidad pesada después del rolado y secada en las mismas condiciones que antes del mismo.

LODO TIPO	
PRODUCTOS	CONCENTRACION
Bentonita	30 kgs/m3
Antiadherente	15 lts/m3
Celulosa Polianiónica	4 kgs/m3
Amonio Cuaternario	2 lts/m3
Goma Xántica	2 kgs/m3

Sobre la formulación 30 kgs/m³ de una lutita seleccionada, previo pesado y tamizado por Malla 6 y retenido en Malla 12 Rolado de 16 hs a 150°F (65.5 °C)-

Posterior pesada del pasante Malla 6 y retenido en Malla 12

RETENIDO	EROSION
40%	60%

Una vez confirmado las propiedades inhibitorias de estos aditivos, si bien se visualizó la compatibilidad con los polímeros integrantes de la formulación, faltaba comprobar la incidencia de los mismos en las propiedades típicas de los lodos, viscosidad, reología, gelificación y filtrado y como actuaban respondiendo a variaciones de la temperatura (rolado o envejecimiento). En la Tabla siguiente se muestran las propiedades típicas antes y después del calentamiento o rolado.

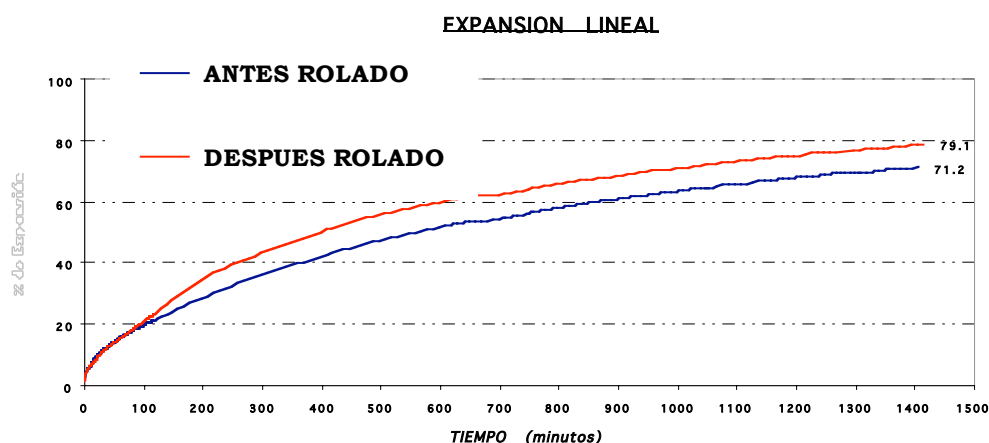
MUESTRA POZO - SANTA CRUZ NORTE

PRODUCTOS	CONCENTRACIONES Kgs-Lts/ m3
AMONIO CUATERNARIO	2.4
ANTIADHERENTE	14.7
PHPA Líquida	0.7
Celulosa Polianiónica	5.6
Poliacrilato de Sodio	2.8
Gilsonita	10
Fibra Celulósica	8.6
Bentonita	22
Carbonato Cálcico Malla 200	258

PROPIEDADES DESPUES ENVEJECIMIENTO

PROPIEDADES	ANTES	ROLADO 20 HS/212°F
Viscosidad Plástica, Cps.	15	12
Fluencia, lb/100 ft ²	12	11
Geles 10"/10"/30", lb/100 ft ²	6/35/41	8/27/35
Filtrado API, cc./30 min.	6.1	8.1
pH	8.25	8.13
Densidad, gr/lt.	1140	1140
Sólidos, % Volumen	10	10
MBT, Kgs/m3.	97	97
PHPA Libre, Kgs/m3.	3.6	3.6
Impurezas, % Volumen	0.3	0.3
Cloruros, ppm.	1300	1300
Calcio, ppm.	160	160
Pf, cc.	0	0
Mf, cc.	0	0
Pm, cc.	0.95	0.95

Se realizó el ensayo a temperatura ambiente por el término de 23 hs, sobre muestra original, sin alteración alguna, luego la muestra fue envejecida durante 20 hs a 212 °F (100°C).



Por último, se simuló en laboratorio la capacidad del sistema para evitar o disminuir la adherencia de las arcillas, para lo cual se realizó el ensayo siguiente:

Se pesaron dos tubos metálicos de adherencia, los cuales se sumergieron en tres celdas de envejecimiento, las cuales fueron previamente llenadas con 350 ml. de un fluido base adicionado con los aditivos inhibidores del sistema a ensayar y la otra sin el. Ambos fluidos se expusieron dinámicamente a 65 °C durante un breve tiempo, 5 minutos. Luego se incorporó 30 grs. de arcilla de formación pasantes por un tamiz 6 y retenidas en malla 12. Se rolaron nuevamente 30 minutos. Posteriormente, sin lavar, se sacaron los tubos de las celdas y se escurrieron por 20 minutos, se secaron 1 hora en horno y se pesaron nuevamente para determinar la cantidad de material adherido:

FORMULACION FLUIDOS

Productos	LODO A	LODO B	LODO C
Bentonita	20	20	20
Celulosa Polianiónica	4	4	4
Goma Xántica	1	1	1
Derivado Aceite de Soja		15	15
Amonio Cuaternario			1.5

El fluido adherido se calculó como la diferencia del Peso final – Peso inicial.

El porcentaje de adherencia se determinó referido a los 30 grs. de los recortes de arcilla de formación contaminante arrojando lo siguiente:

RESULTADOS ADHERENCIA

LODOS	Inicial	Final	% Adherido
LODO A	158.955	166.325	25
LODO B	158.903	165.036	20
LODO C	159.931	160.318	1



Estos ensayos permitieron contar con suficientes elementos para pasar a la segunda etapa, la experiencia de campo.

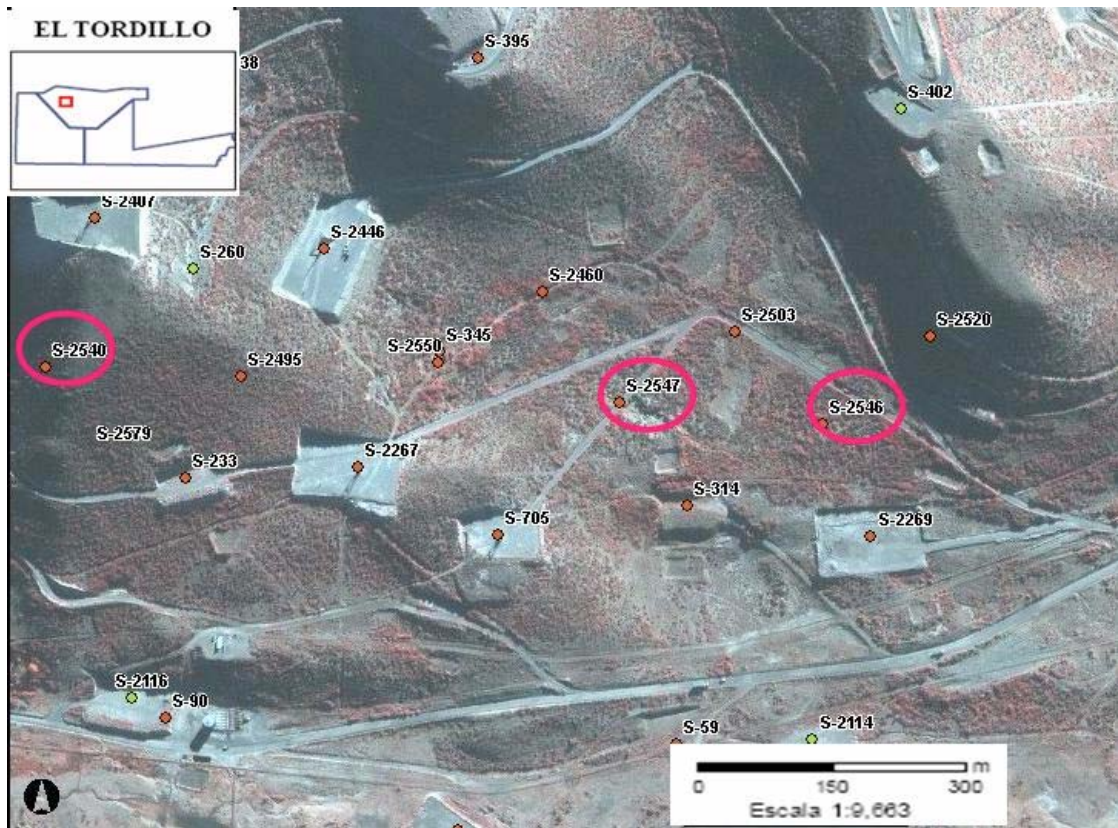
Se evaluó la efectividad de este aditivo inhibidor de arcillas y se comparó a uno de los más conocidos y aplicados en la cuenca.

Si bien no existe el mejor fluido inhibitorio, ni el mejor inhibidor, la elección más adecuada de acuerdo a las características de las formaciones arcillosas a atravesar permite, en general, acercarnos a la mejor solución respecto a los problemas de inestabilidad de pozo. Por supuesto que el resultado depende también de otras variables como, el tipo de formaciones a perforar, presencia de fallas, permeabilidad, sobre-presiones, mineralogía, presencia de fracturas, depletamiento, etc.

APLICACIÓN DE CAMPO

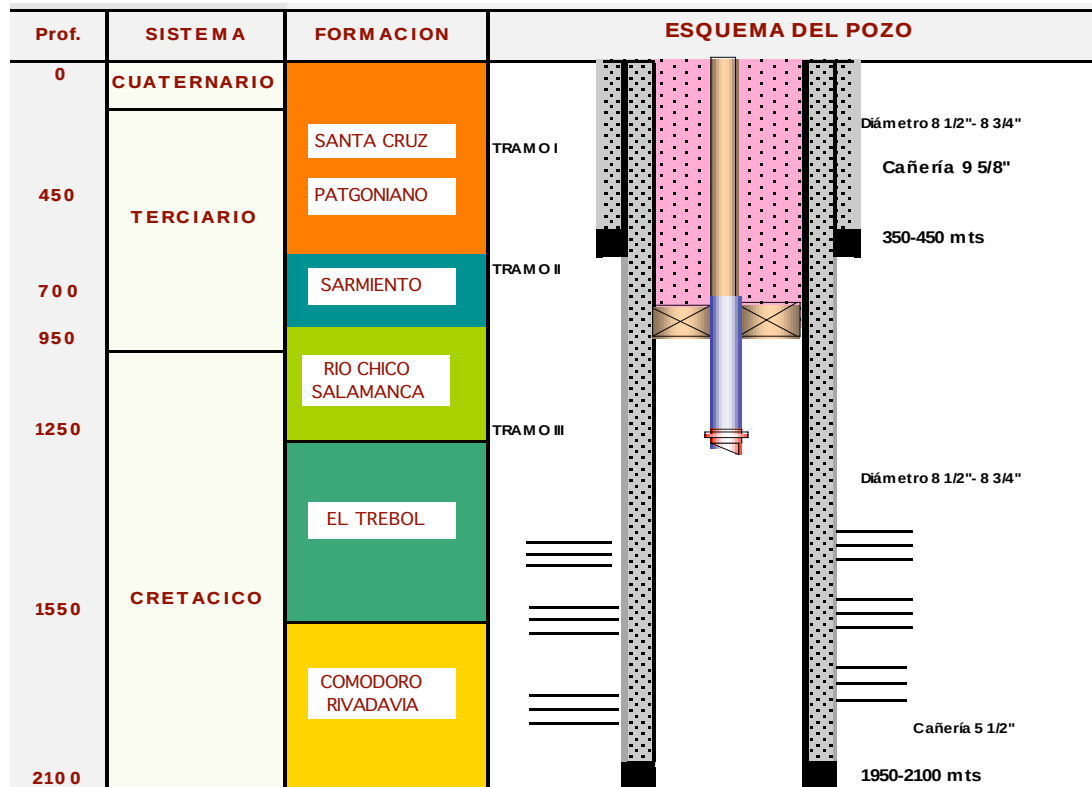
POZOS: S-2540 – S-2546 – S-2547 – TECPETROL S.A.

A los efectos de eliminar el uso de la PHPA en el Bloque H del Yacimiento El Tordillo, donde se cuenta con muchos pozos perforados con este sistema como para poder realizar una comparación confiable, se decidió ensayar en tres pozos perforados con el mismo equipo perforador. La distancia del pozo S-2546 al S-2547 es de 210 mts. y desde el S-2540 al S-2547 de 590 mts. La ubicación satelital es la siguiente:



En líneas generales para la programación y ejecución el fluido de perforación se divide en tres tramos:

ESQUEMA TIPO AREA EL TORDILLO
Formaciones de Interés: EL TREBOL - COMODORO RIVADAVIA



TRAMO I: Convencional agua-bentonita entubando la cañería Guía de 9 5/8".

TRAMO II: El que presenta mayor actividad de las arcillas, de 500 a 1300 mbbp., terminando en el techo de la Formación El Trébol.

En los tres pozos se siguió la misma metodología, se rotó cemento y elementos de entubación con agua y se convirtió con lodo de concentración programada, la densidad varió de 1040 a 1060 gr/lit con viscosidades más elevadas que otros sistemas, pero con geles frágiles. Se apreció buena capacidad de acarreo, verificando que los recortes en zaranda, mostraron un aspecto seco en el interior.

Se usó defloculantes de la misma forma que el sistema PHPA convencional, para ayudar a la floculación de los sólidos en superficie. El valor del MBT fue el esperado, igual a otros sistemas usados.

La dosificación del amonio cuaternario se realizó por goteo continuo controlando el aspecto de los recortes en la salida, esto debido que no se contaba con un método de determinación del amonio libre en el sistema. Se comenzó con 2 lts/m³ alcanzando el máximo de 3 lts/m³ frente a las arcillas más reactivas.

Se adicionó el antiadherente logrando estabilidad reológica, permitiendo disminuir la adición del detergente y ayudando a la lubricidad del sistema en los pozos direccionales logrando un coeficiente de fricción de 0,22.

TRAMO I I

Productos / POZOS	Concentraciones Programadas	Concentraciones REALES Promedio		
		S-2540	S-2546	S-2547
Bentonita	25	39	16	29
ANTIADHERENTE	20	21	15	18
AMONIO CUATERNARIO	3	2.5	1.8	2.4
Detergente	3	6	1.8	1.2
Defloculante	0	3	1.4	1.8

TRAMO III: Se comenzó con las concentraciones del tramo anterior recuperando gran parte del volumen y perforando las Formaciones El Trébol y Comodoro Rivadavia.

Al detectarse en zarandas mayor presencia de areniscas y disminuyendo las arcillitas se disminuye levemente la dosificación del amonio cuaternario y se van incorporando la sistema los reductores de filtrado y estabilizadores reológicos en forma paulatina para evitar picos de viscosidades o excesiva floculación. Luego se continúa con los selladores y material de puenteo.

En el pozo dirigido S-2546 fue necesario adicionar lubricante para minimizar los problemas que se presentaban al deslizar, el coeficiente de lubricidad se bajó de 0.22 a 0.15.

En general los pozos se mostraron estables, buenas maniobras con calibres mejorados de pozo a pozo.

La formulación funcionó cumpliendo las expectativas ya que la calidad del pozo obtenido fue similar a los del área con otros sistemas base agua, restando para más adelante la optimización de costos ya que en promedio, el costo de la formulación real utilizada fue alrededor del 10% mayor al de la tradicional con PHPA dulce.

TRAMO I I I

Productos / POZOS	Concentraciones Programadas	Concentraciones REALES Promedio		
		S-2540	S-2546	S-2547
Bentonita	40	10	24	34
AMONIO CUATERNARIO	3	4.3	3	2.4
Celulosa Polianiónica	5	2.6	2.6	2.6
PHPA Líquida	1.5	2.8	1.8	2
Defloculante	2	1.9	1.5	1
ANTIADHERENTE	20	17.8	20	14.8
XCD-Polímero	1	1	0.7	0.5
Asfalto Natural	10	7.3	3.3	3.8
Fibra Celulósica	7	5.5	7	1.7
Carbonato Cálcico Marmolado	25	13.7	16	13.7
Lubricante	4	3.7	12	7.5
Carbonato Cálcico Malla 200	90	43	82	91

Posteriormente se perforó el pozo S-2537 utilizando el sistema, luego el S-2541 con el sistema convencional con PHPA como inhibidor y nuevamente en el S-2542, para hacer un seguimiento más riguroso de la eficiencia del sistema. En estos casos el costo del lodo con el sistema ensayado fue menor al de los pozos perforados

los resultados finales de las cementaciones primarias no pudieron evaluarse debidamente debido a fallas operativas en la operación de cementación.

DAÑO DE FORMACION

Con la muestras de las coronas extraídas del Pozo S-2380 se realizaron ensayos de Retorno de Permeabilidad para el fluido a base de PHPA y para el nuevo fluido en estudio en un laboratorio independiente.

Presión Litostática tomada 5500 Psi, Presión Poral 2400 Psi, luego la Presión Neta de Confinamiento fue de 3100 Psi.

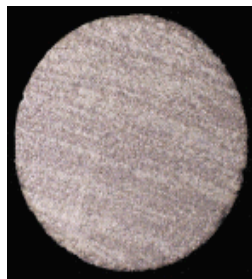
Temperatura de reservorio. Gradiente 1.8°F/100 ft y 80°F en superficie dando aproximadamente 180°F.

Las muestras de los fluidos se prepararon sin los materiales de puenteo (carbonatos mallados, fibras celulósicas, gilsonitas y/o derivados asfálticos), para no formar revoque y así simular el ingreso de lodo entero a la formación en lugar del filtrado, que sería la condición más desfavorable.

ENSAYOS RETORNO DE PERMEABILIDAD

Muestra de Nuevo Sistema Inhibitorio		
MUESTRA 2-7-6B1	Pozo S-2480	
Profundidad	1684.2	mts.
Porosidad STD Muestra Base	20.0	%
Permeabilidad al Gas STD Muestra Base	6.94	mD
Permeabilidad absoluta al AGUA antes pasaje del lodo.	0.125	mD
Permeabilidad absoluta al AGUA después pasaje del lodo.	0.071	mD
Variación de la permeabilidad	-43 %	

Cara de Salida de la Muestra pre-ensayo

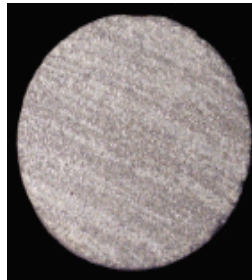


Cara de Salida de la Muestra post-ensayo



Muestra de Nuevo Sistema Inhibitorio		
MUESTRA 2-7-6C2	Pozo S-2480	
Profundidad	1684.58	mts.
Porosidad STD Muestra Base	18.7	%
Permeabilidad al Gas STD Muestra Base	9.41	mD
Permeabilidad absoluta al PETROLEO antes pasaje del lodo.	0.0955	mD
Permeabilidad absoluta al PETROLEO después pasaje del lodo.	0.0469	mD
Variación de la permeabilidad	-51 %	

Cara de Salida de la Muestra pre-ensayo

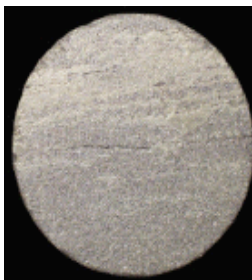


Cara de Salida de la Muestra post-ensayo



Muestra de PHPA		
MUESTRA 2-7-6C1	Pozo S-2480	
Profundidad	1684.56	mts.
Porosidad STD Muestra Base	18.7	%
Permeabilidad al Gas STD Muestra Base	9.41	mD
Permeabilidad absoluta al AGUA antes pasaje del lodo.	0.0921	mD
Permeabilidad absoluta al AGUA después pasaje del lodo.	0.091	mD
Variación de la permeabilidad	-79 %	

Cara de Salida de la Muestra pre-ensayo



Cara de Salida de la Muestra post-ensayo



FORMULACIONES		
PRODUCTOS/Sistemas	Nuevo	PHPA
Bentonita	20	20
Amonio Cuaternario	1.5	
Celulosa Polianionica	3	3
PHPA	0.5	2
Goma Xántica	0.5	1
Derivado Aceite de Soja	20	
Detergente		4
Lubricante		5
Poliacrilato de Sodio		1

Se probó con agua y con petróleo para ver como afectaba y se notó la validez de usar el barrido por agua. En los ensayos se determinó que cualquiera de los fluidos si ingresa lodo entero produce daño, pero relativamente el nuevo sistema afectaría bastante menos.

MEDIO AMBIENTE

En un laboratorio independiente se analizaron los contaminantes de una muestra del sistema de lodo para determinar su adecuación con la Ley Nacional de Residuos Peligrosos N° 24051 y el Decreto Reglamentario 831/93 a la cual la Pcia. de Chubut adhiere, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

COMPOSICION DE LA MUESTRA				
Parámetros	Analizados	Resultado	Obtenido	LIMITES LEY 24051
	pH		Unidad	Dto. 831/93
pH 30'			8.50	6-12#
pH 60'			8.90	6-12#
pH 90'			8.92	6-12#
BTX			mg/kg	Límites LEY 24051 ANEXO II - Tabla 9
				Agrícola Residencial Industrial
Benceno, mg/kg		<0.005 (*)		0.05 0.5 5
Tolueno, mg/kg		<0.005 (*)		0.1 3 30
Etilbenceno, mg/kg		<0.005 (*)		0.1 0.5 30
m-p Xileno, mg/lt		<0.005 (*)		
o Xileno, m/kg		<0.005 (*)		0.1 0.5 50
COMPOSICION DEL LIXIVIADO				LIMITES LEY 24051
(EPA SW-846 - Method 1310)			mg/lt	ANEXO VI
Arsénico (As)		0.013		<1
Bario (Ba)		1.68		<100
Cadmio (Cd)		0.018		<0.5
Zinc (Zn)		0.958		<500
Cobre(Cu)		<0.003 (*)		<100
Cromo (Cr)		<0.006 (*)		<5
Mercurio (Hg)		<0.010 (*)		<0.1
Niquel (Ni)		<0.01 (*)		<1.34
Plata (Ag)		<0.002 (*)		<5
Plomo (Pb)		0.05		<1
Selenio (Se)		<0.10 (*)		<1
PAH'S			-g/l	<0.28
Naftaleno		<0.2 (*)		
Acenaftileno		<0.2 (*)		
Acenafeno		<0.2 (*)		
Fluoreno		<0.2 (*)		
Fenantreno		<0.2 (*)		
Antraceno		<0.2 (*)		
Fluoranteno		<0.2 (*)		
Pireno		<0.2 (*)		
Benzo(a) antraceno		<0.2 (*)		
Criseno		<0.2 (*)		
Benzo (b) fluoranteno		<0.2 (*)		
Benzo (k) fluoranteno		<0.2 (*)		
Benzo (a) pireno		<0.2 (*)		
Dibenzo (a,h) antraceno		<0.2 (*)		
Indeno (1,2,3-cd) pireno		<0.2 (*)		
Benzo (g,h,i) pirileno		<0.2 (*)		

(*) Límite del Método

TERMINACION

Para todos los pozos mencionados las operaciones típicas de la completación fueron:

Montar equipo, bajar fresa plana armando tubing, calibrar y rotar cemento para cámara, cambiar el fluido existente por petróleo deshidratado.

Registrar CBL-VDL y Gamma Ray.

Sacar fresa y punzar con equipo de cable con cañones de 4" de diámetro a 4 o 6 tpp y cargas de 32 grs.

Bajar conjunto de packer y tapón para ensayar punzados por agotamiento, solos y/o por paquetes.

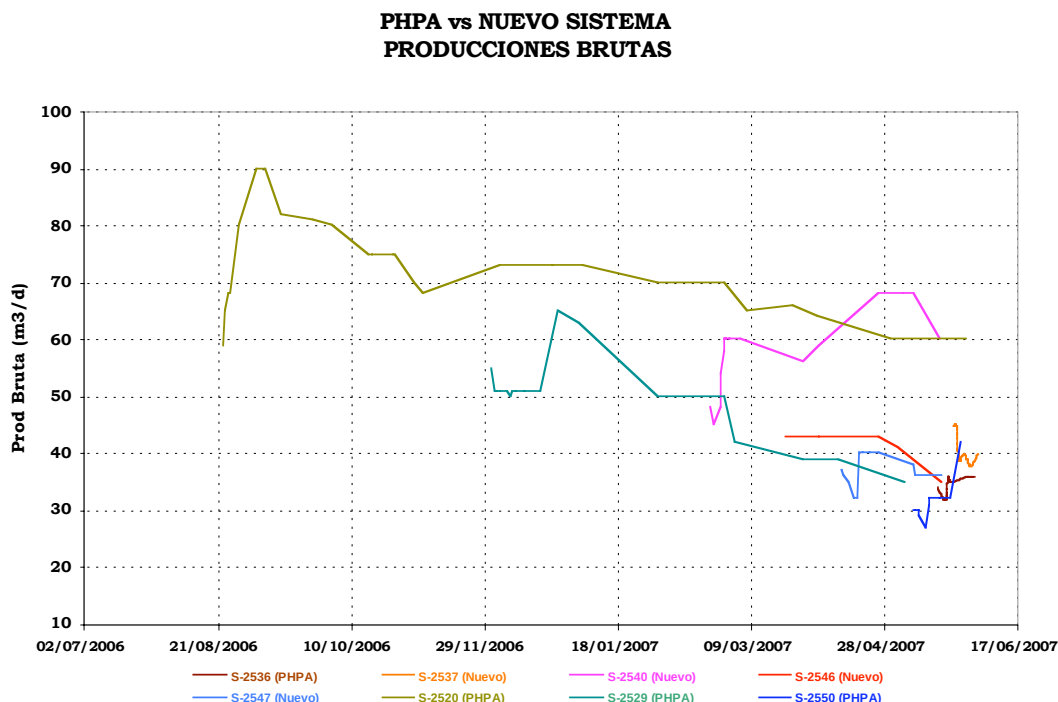
Fracturar en forma localizada alguna zona de punzados, lavar arena y sacar para bajar instalación de producción.

Desmontar equipo.

En el pozo S-2537 solo se fracturó el intervalo 2163 a 2154 mbbp. habiendo punzado en: 2224,5-2228,0 – 2184,0-2186,0 - 2168,5-2171,5 - 2151,0-2153 - 2139,5-2133,0 -1876,5-1881,0 – 1850,5-1852,0 – 1832,5-1836,0 – 1822,5-1827,5 – 1817,5-1819,5 -1813,0-1816,5 – 1751,0-1754,0.

En el pozo S-2540 se fracturó en dos zonas: 2204,0-2207,5 mbbp. y 1730,0-1734,5 mbbp. habiéndose punzado con 640 tiros a 4 tpp y 160 tiros a 6 tpp.

PRODUCCION



Se muestran las curvas de producción de varios pozos perforados con PHPA y otros con el sistema ensayado, si bien no se cuenta con suficiente información como para obtener una conclusión definitiva.

CONCLUSIONES

Se usó un nuevo sistema base agua para atravesar arcillas reactivas de la Cuenca del Golfo San Jorge. En laboratorio se consiguió un nivel de inhibición similar o aún mejor, en algunos casos, al logrado con la aplicación de los clásicos lodos a base de poliacrilamida parcialmente hidrolizada. La PHPA se ve limitada en su concentración de tratamiento debido a la creación de una viscosidad adversa y además, el enlace covalente que produce con las arcillas puede afectar la inhibición impidiendo la acción de otros productos inhibidores involucrados.

El aditivo inhibidor a base de Amonio Cuaternario mostró alta estabilidad de recortes, evitando la dispersión, tolerancia a los contaminantes más comunes, tales como cemento, petróleo crudo, anhídrido carbónico, no modifica las propiedades de reología del sistema al que es incorporado, no actúa sobre el filtrado, minimiza la

disposición de residuos, es de más fácil aplicación por su estado líquido, siendo el 0,1% de Amonio cuaternario tan eficiente como al 2% de Cloruro de Potasio.

Lo necesario es encontrar un método de determinación del amonio libre en el sistema para optimizar las dosificaciones.

Una aplicación práctica del amonio cuaternario es el reemplazo de las sales cloradas en las salmueras de intervención o completación de pozos ya que, debido el más bajo nivel de cloruros, lo hace más amigable con el ambiente, además de menor transporte y manipuleo y más fácil aplicación sin afectar la densidad del fluido.

Se adjunta un esquema de desempeño operacional comparativo entre el sistema convencional utilizando PHPA como inhibidor principal versus el sistema ensayado de amonio cuaternario y aceite vegetal.

RESUMEN DESEMPEÑO OPERACIONAL	Sistema	Conver	Sistema	Ensay
	SI	NO	SI	NO
Efectividad para controlar pérdidas de circulación.		x		x
Capacidad inhibitoria.	x		x	
Estabilidad fisico-química.	x		x	
Resistencia térmica.	x		x	
Eficiencia Hidráulica y capacidad de transporte.	x		x	
Embolamiento de trépano y/o BHA	x			x
Problemas en maniobras.	x			x
Problemas durante el perfilaje.		x		x
Suspensión óptima de los sólidos en piletas.	x		x	
Tamaño del Caliper excesivo.		x		x
Problemas en la entubación.	x			x
Resultados de las cementaciones.	x		x	

Cabe mencionar finalmente que, sea el sistema que se aplique, el gran desafío en la Cuenca San Jorge actualmente es y en mayor medida será conseguir la estabilidad de las formaciones debido a la inyección de agua para recuperación secundaria que opera sobre las condiciones químicas y físicas de las formaciones afectando sus propiedades.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades de Tecpetrol S.A. y Marbar SRL por permitir la presentación de este trabajo y especialmente a Mirtha Espenet por su contribución y empeño puesto en los ensayos de laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- An Environmentally Acceptable and Field-Practical, Cationic Polymer Mud System - SPE 23064.

- New Chemical Package Produces an Improve Shale Inhibitive Water-Based Drilling Fluids System- SPE 16687.
- New Water-Based Mud for Tertiary Shale Control - SPE 23077.
- Design and Synthesis of Sale Stabilizing Polymers for Water-Based Mud Drilling Fluids - SPE 18033.
- Field Evaluation of a Novel Inhibitive Water-Based Drilling Fluids for Tertiary Shale - SPE 24979.
- O'Brien, D.E. and Chenevert "Stabilizing sensitive Shale with Inhibited Potassium-based Drilling Fluids" J. Petrol. Technology (1973).
- The effect of Various Polymers and Salts of Borehole and Cutting Stability in Water-Base Shale Drilling Fluids - IADC/SPE 14802.
- Laboratory Study Provides Guidelines for Selecting Clay Stabilizers- SPE 21556.
- Método Práctico para la Evaluación de Inhibidores de Arcillas. SEFLUCEMPO Mayo 2006 - Isla de Margarita. Venezuela.
- Adsorption Characteristics of PHPA on Formation Solids - IADC/SPE 19945
- Progression of Water-Based Fluids Based on Amine Chemistry – Can the Road Lead to True Oil Mud Replacements?- AADE-03-NTCE-36.
- Design and Synthesis of Shale Stabilizing Polymers for Water-Based Drilling Fluids- SPE 18033.
- Drilling Fluids Optimization. A Practical Fluids Approach. James L. Lummus – J. J. Azar-
- Erodability of Partially Deshydrated Gelled Drilling Fluids and Filter Cake – SPE 24571

