



Aplicación de polímeros deformables en fluidos de perforación para mitigar pérdidas de filtrado en zonas susceptibles

Application of deformable polymers in drilling fluids to mitigate filtration losses in susceptible zones

Montero Castellano, Virginia del Carmen¹

Correo: virginiaadelcarmenmontero@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-1033-6403>

Lezama Montero, José Ygnacio²

Correo: lezamamjose12@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-5187-3396>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14933803>

Resumen

La investigación tuvo como objetivo analizar los polímeros deformables en fluidos base aceite para perforación en zonas productoras del pozo MOR-32 en el área Morichal. El tipo de investigación, se estableció como descriptiva y el diseño fue de campo. La población y muestra fue el pozo MOR-32, las técnicas de recolección de datos fueron la observación directa y la revisión bibliográfica. Los resultados de las pruebas de calidad arrojaron que los lodos utilizados no estaban en rangos óptimos, se observaron problemas con respecto a las propiedades reológicas. Se utilizó el fluido base aceite CRMR-04, donde el producto mostró sinergia total con los productos restantes, las mayores tasas de perforación se lograron usando el producto con densidad menor al hoyo original 40% menos de volumen perdido por filtración a la formación (400 bls) y 15% menos de volumen procesado (940 bls) los arrastres y apoyos están asociados con secciones de arcilitas en hoyos en calibre.

Palabras clave: polímeros, fluidos, perforación, CRMR-04.

Abstract

The objective of the research was to analyze deformable polymers in oil-based fluids for drilling in producing zones of the MOR-32 well in the Morichal area. The type of research was established as

¹ Ing. en Petróleo. Esp. en Fluidos de Perforación y Completación de Pozos. Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela.

² Ing. en Petróleo. Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela.



descriptive and the design was field. The population and sample was the MOR-32 well, the data collection techniques were direct observation and bibliographic review. The results of the quality tests showed that the sludge used was not in optimal ranges, problems were observed with respect to rheological properties. The oil-based fluid CRMR-04 was used, where the product showed total synergy with the remaining products, the highest drilling rates were achieved using the product with a lower density than the original hole 40% less volume lost by filtration to the formation (400 bls) and 15% less processed volume (940 bls) the drags and supports are associated with claystone sections in boreholes.

Keywords: polymers, fluids, drilling, CRMR-04.

Introducción

Cada día, la industria petrolera enfrenta un nuevo reto, el cual consiste en integrar de manera exitosa cada una de las infinitas ramas del conocimiento basado en la investigación sobre las nuevas propuestas, con el fin de optimizar cada una de las operaciones que se desarrollan en la actualidad. De la investigación no se escapan los fluidos de perforación que forman parte vital y ofrecen un medio seguro, eficaz y acorde con el medio ambiente para cada una de las operaciones de perforación.

Es pertinente denotar, que las propiedades óptimas de los lodos de perforación son obtenidas por la combinación de ciertos aditivos, estos generalmente son de fabricación extranjera haciendo que el costo se vea incrementado, considerando que en un proceso de perforación el gasto por concepto del fluido de perforación está asociado a un 10% del total, se puede tomar como punto crítico la disminución del costo por barril con la sustitución de aditivos importados, por unos de fabricación nacional que permita obtener un sistema, que cumpla con las funciones básicas de un lodo de perforación.

También es importante resaltar, que los fluidos de perforación o comúnmente conocida como lodo de perforación son necesarios para estabilizar las paredes de la perforación cuando los terrenos son inestables. Se fabrican mezclando polvo de bentonita con agua en diversas proporciones. Al respecto en yacimientos del campo Morichal existen inestabilidades en los hoyos de producción que originan pérdidas a la industria petrolera debido a que los fluidos utilizados no son capaces de evitar la pega de tubería presente en esta formación específicamente en el pozo MOR-32, por lo cual en este artículo científico se propone analizar los polímeros deformables en fluidos base aceite para

perforación en zonas productoras del pozo MOR-32. A este respecto el mismo se encuentra estructurado por: Fundamentos teóricos, metodología, resultados y análisis de los resultados, finalmente las conclusiones y consideraciones relacionadas a la investigación.

1. Fundamentos teóricos

1.1. Polímeros

La materia está formada por moléculas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes llamadas polímeros. Los polímeros se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diversas. Algunas parecen fideos, otras tienen ramificaciones. Algunas más se asemejan a las escaleras de mano y otras son como redes tridimensionales. Existen polímeros naturales como el algodón, formado por fibras de celulosas.

1.2. Aplicaciones de los polímeros en los fluidos de perforación base aceite

El diseño de un fluido base aceite se basa en el uso de productos especiales, para lograr los valores requeridos de reología, control de filtrado, compatibilidad con fluidos de formación, tolerancia a altas temperaturas y contaminación con agua. Los polímeros son productos de control de filtración que pueden variar de almidones naturales y celulosa modificada a polímeros sintéticos complicados. Estos polímeros a veces se clasifican según su acción dentro de un sistema de fluido de perforación, así como también según su composición química. La clasificación basada en la acción depende de si el polímero se adsorbe en los sólidos o viscosifica la fase fluida. Algunos de los controladores de filtrado de origen polimérico utilizados en fluidos de perforación base aceite son:

- Polímero Hidrocarbonado
- Polímero Lipofílico
- Copolímero Hidrofóbico
- Copolímeros Provenientes de Surfactantes
- Copolímero Estireno-Butadieno

1.3. Fluido de perforación

Según el manual de fluidos de perforación de Impark Drillings Fluids (2011). El Fluido de Perforación, es uno de los componentes principales usados en un taladro. Su principal función es servir de soporte al sistema de rotación en la perforación de un pozo, retirando del fondo los fragmentos de roca cortados por la mecha.

Funciones de los fluidos de perforación

Según el manual de fluidos de perforación de Impark Drillings Fluids (2011), el propósito fundamental del lodo es ayudar a hacer rápida y segura la perforación, mediante el cumplimiento de ciertas funciones:

- Suspensión de partículas cuando se detiene la circulación.
- Control de presiones subterráneas.
- Transporte de recortes de perforación.
- Enfriamiento y lubricación de la mecha y la sarta de perforación
- Cubrir la pared del hoyo con un revoque liso, delgado, flexible e impermeable
- Soportar, por flotación, parte del peso de la sarta de perforación y de la tubería de revestimiento, durante su inserción en el hoyo
- Mantener en sitio y estabilizada la pared del hoyo, evitando derrumbes
- Transmisión de energía hidráulica
- Medio para perfilajes de cable
- Componentes de los fluidos de perforación.

Tipos de fluidos de perforación

Los fluidos de perforación líquidos por lo general son preparados:

- a) *Base agua:* En las operaciones de perforación, se usan muchos tipos diferentes de sistemas de fluidos de perforación base agua. Estos lodos de perforación generalmente son convertidos en sistemas más complejos a medida que la profundidad y la temperatura y/o presión del pozo aumentan.
- b) *Base aceite:* Los lodos base aceite deberían ser usados cuando las condiciones justifican su aplicación. Los asuntos de aceptabilidad ambiental, eliminación, costo de preparación inicial, costo de

mantenimiento diario, problemas anticipados del pozo, evaluación de la formación y daños a la formación deberían ser considerados.

c) *Base sintético*: A principios de la década de los ochenta, se hicieron esfuerzos para reducir el impacto sobre el medio ambiente de los lodos base aceite, mediante la sustitución del aceite diésel por productos petroleros más refinados, llamados aceites minerales, como fluido base en los lodos base aceite de emulsión inversa.

1.4. Descripción del CRMR-04

Es una mezcla de polímeros deformables de alto peso molecular que reduce considerablemente la invasión de fluido hacia la permeabilidad de la matriz y las microfracturas. Es una mezcla de polímeros celulósicos modificados y de sólidos orgánicos cuya superficie ha sido modificada para promover su funcionalidad. Además, cuenta con aditivos para mejorar su rendimiento a alta temperatura y en presencia de ácido sulfídrico. Los pesos moleculares de los componentes poliméricos son bajos, lo cual permite una mezcla fácil sin un aumento considerablemente de viscosidad.

Uso del CRMR-04 en fluidos de perforación, reparación y completamiento

Debido al rango de solubilidades en agua y aceite que ofrece la mezcla de polímeros CRMR-04, el aditivo trabaja bien tanto en fluidos a base de aceite sintético como diesel y a base de agua; en fluidos a base de hidrocarburo, los componentes solubles en ese medio se disuelven en vez de formar agregados mientras que los entes solubles en agua, cumplen con esa función al revés del papel que juegan en el fluido a base de agua. La barrera de muy baja permeabilidad que forma el aditivo CRMR-04 es mucho más eficiente para prevenir la invasión de fluido que los aditivos convencionales, por lo cual, se reduce considerablemente el impacto negativo sobre la formación, el riesgo de aprisionamiento por presión diferencial y (a base de controlar el drenaje hacia las microfracturas en lutitas) también aminora ciertos tipos de inestabilidad de agujero.

2. Metodología

Según Hernández et al. (2014) y Sabino (2007), la investigación es descriptiva y de campo, orientada a recolectar información sobre el comportamiento de productos deformables en la

formulación de un fluido de perforación a base de aceite para el pozo MOR-32 en Morichal. Se presentan resultados de pruebas de campo sin manipular variables, evaluando el rendimiento de los polímeros deformables CRMR-04 durante la perforación.

El diseño de campo implica recolectar datos directamente del laboratorio de la empresa Impark Drillings Fluids y a partir de observaciones durante la perforación. La población y muestra corresponde al pozo MOR-32. Las técnicas de recolección de datos incluyeron revisión bibliográfica y observación directa.

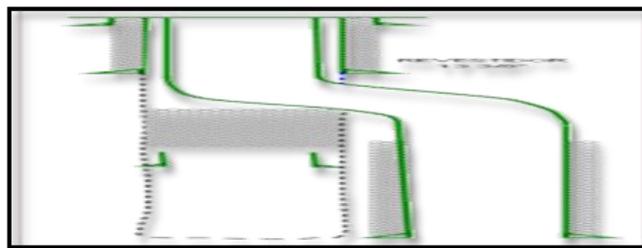
3. Resultados y análisis

3.1. Identificación y condiciones y parámetros de operación de perforación del área objeto de estudio

Luego de tener que abandonar el hoyo intermedio del pozo MOR-32 por la pega del revestidor de 9 5/8" a 8.479' la empresa propone a PDVSA, evaluar el aditivo sellante CRMR-04, correspondiente a la nueva tecnología de ultra baja invasión desarrollada por I.S.G., como solución innovadora a los problemas:

- Pegas diferenciales
- Severos de inestabilidad y en consecuencia arrastres y apoyos frecuentes

Figura 1. Hoyo intermedio del pozo MOR-32.



Fuente: Impark Drillings Fluids (2017)

La operación normal de perforación se desarrollará en el espacio entre ambos gradientes. Es decir, se utilizará un fluido de perforación que cumpla con las siguientes condiciones:

1. Debe generar una presión hidrostática mayor que la presión de poros para poder controlar el pozo.
2. Al mismo tiempo debe generar una presión menor que la de fractura, para que no comience a invadir la formación.

3.2. Determinación de Fluidos de perforación base aceite utilizados en las operaciones de perforación en el área objeto de estudio

Anteriormente se han utilizado los siguientes fluidos base aceite en el pozo MOR-32: HGA-65 y EZ-PLUG. El HGA-65 es un complejo organometálico formulado principalmente como entrecruzante de fluidos de fractura con base en hidrocarburos, pero usado a bajas concentraciones y en combinación con el viscosificante HGA-70, produce excelentes valores de viscosidad en aceites del tipo mineral o diésel.

El producto utilizado para el control del filtrado es un copolímero hidrofóbico a base de un acrilato estireno modificado, usado en fluidos de perforación a base de aceites orgánicos o sintéticos, usado como controlador primario de pérdida de filtrado y con una contribución secundaria a las propiedades reológicas del sistema. El producto forma suaves microgeles coloidales que ayudan a formar un revoque poco permeable, siendo estable el producto hasta los 500 °F-

Tabla 1. Formulación del sistema HGA

Productos	Concentraciones (lbs/bbl)
Controlador de Filtrado Polimérico	4
Entrecruzante	1.3
Viscosificante	2
Material Ponteante y Densificante 20-25	7.56
Material Ponteante y Densificante 10-15	10
Aceite Mineral de Baja Gravedad Específica	332.83

Fuente: Montero y Lezama (2020)

Tabla 2. Formulaciones de los fluidos de perforación EZ-PLUG

Aditivo	Tiempo de mezclado, min	Formulación utilizada
Aceite mineral, bbl/bbl	-	0,604
Ácido graso de Tall-Oil, lbs/bbl	5	6,0
Cal hidratada, lbs/bbl	5	12,0
Copolímero controlador de filtrado, lbs/bbl	15	3,0

Aditivo	Tiempo de mezclado, min	Formulación utilizada
Lignito organofilico, lbs/bbl	10	10,0
Arcilla organofilica, lbs/bbl	15	8,0
Glicerol, lbs/bbl	10	8,0
EZ-PLUG	5	10,0
Grafito resiliente	5	10,0
CaCO ₃ 20-25	5	85,0
CaCO ₃ 40-45	5	85,0
CaCO ₃ 115-120	5	85,0
Barita	10	81,0
Agente humectante	10	0,5

Fuente: Montero y Lezama (2020)

Por su parte el EZ-PLUG son fluidos utilizados para la perforación de la zona productora, son sistemas especiales, que disminuyen el daño de formación y previenen la invasión de sólidos y líquidos dentro de la formación permeable por sellado con revoques de baja permeabilidad, se conoce como sistemas “DRILL-IN”. Dentro de esta clasificación Halliburton Fluid Systems posee cinco sistemas únicos para cumplir cada necesidad requerida. Las características deseables de los fluidos “Dril-In” se generan con la combinación de partículas solubles y polímeros polisacáridos. Los polímeros viscosificantes y reductores de filtrado se concentran en el revoque con estas partículas solubles.

3.3. Diseñar la formulación del fluido base aceite con la tecnología de polímeros deformables CRMR-04

La formulación de este fluido es muy similar a las utilizadas por PDVSA para la perforación de un hoyo intermedio y se refiere al desarrollo de un sistema que combina aceite como medio base con polímeros que pueden cambiar de forma o estructura bajo ciertas condiciones.

Tabla 3. Propiedades de los fluidos de las pruebas antes de envejecer

Muestra	A	B	C
Propiedades			
L 600	40	47	54
L 300	24	29	35

Muestra \ Propiedades	A	B	C
L 200	16	21	27
L 100	10	15	21
L 6	3	8	14
L 3	2	7	13
Vp	16	18	19
Pc	8	11	16
Gel inicial	4	9	12
Gel 10 min	8	13	17
Gel 30 min	13	18	22
HP-HT	5	4.4	4.2
Revoque	1	2	2
% agua	4	2	2
% aceite	78	76	70
% solidos	18	22	24
Densidad	11.7	12.0	12.5

Fuente: Montero y Lezama (2020)

Tabla 4. Propiedades de los fluidos después de envejecer

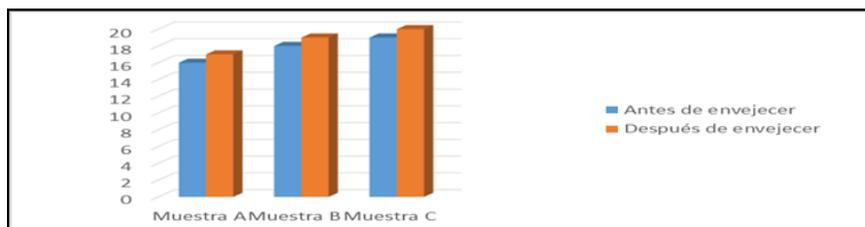
Muestra \ Propiedades	A	B	C
L 600	42	49	57
L 300	25	30	37
L 200	18	23	29
L 100	12	17	23
L 6	8	10	16
L 3	5	9	13
Vp	17	19	20
Pc	8	11	17
Gel inicial	6	11	13
Gel 10 min	10	15	19
Gel 30 min	15	20	24
HP-HT	4.8	4.2	4.0
Revoque	1	1	1
% agua	3	2	2
% aceite	82	78	75
% solidos	15	20	23
Densidad	11.9	12.2	12.7

Fuente: Montero y Lezama (2020)

3.4. Viscosidad plástica

Se puede observar que en las pruebas realizadas antes y después de envejecer que hubo un rango de viscosidad plástica entre 16 cps hasta 20 cps, entendiendo por viscosidad plástica el roce entre partículas o fricción mecánica en el sistema; su variación dependió de la concentración utilizada del CRMR-04. Se observa un aumento progresivo de los valores de viscosidad plástica desde la muestra A, hasta la muestra C, ya que aumentan los porcentajes de sólidos con el aumento de la concentración del CRMR-04.

Gráfico 1. Variación de la viscosidad plástica

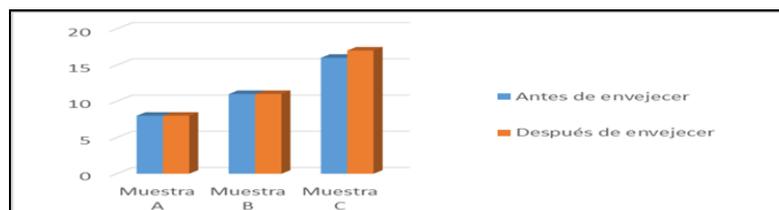


Fuente: Montero y Lezama (2020)

3.5. Punto cedente

En el caso del punto cedente, en las muestras antes de ser sometidas a condiciones de pozo no hubo mayor variabilidad en las pruebas realizadas antes y después de envejecer dando resultados entre 8 y 17 lbs/100pie². Haciendo una comparación entre ellos se pudo observar que solo existió una variación en el punto cedente de la muestra C las demás muestras se mantuvieron constantes. Ver gráfico 2.

Gráfico 2. Variación del punto cedente

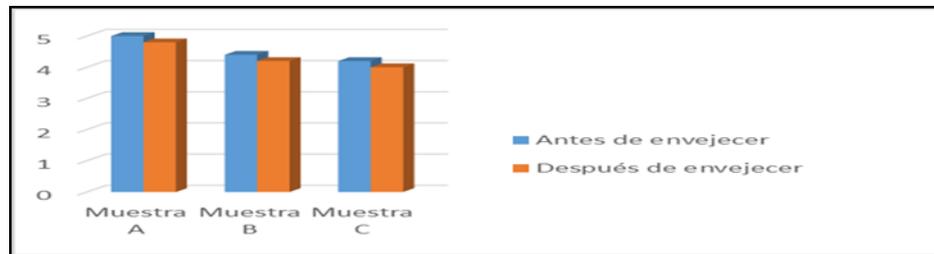


Fuente: Montero y Lezama (2020)

3.6. Filtración

Los datos de las Tablas 3 y 4 muestran que el CRMR-04 mejora el control de filtrado HTHP, evidenciado por la reducción del volumen de filtrado a medida que aumenta la concentración del aditivo. Tras el envejecimiento de las muestras, se mantienen estas tendencias, confirmando el mejor control de filtrado y la disminución del volumen con mayores concentraciones de CRMR-04, ilustrado en el Gráfico 3.

Gráfico 3. Variación del filtrado

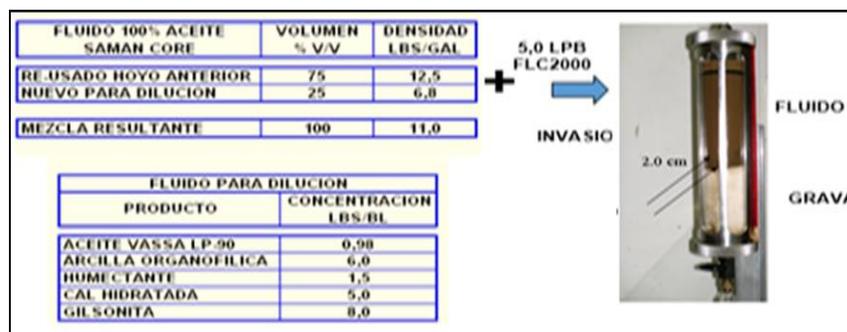


Fuente: Montero y Lezama (2020)

3.7. Establecimiento de la efectividad de la formalización del fluido de perforación base aceite con polímeros deformables por medio de pruebas de sellamiento de permeabilidad y filtración

Para predecir la capacidad de sellamiento del fluido a utilizarse en el hoyo desviado, se mezcló fluido remanente del MOR-32 con fluido nuevo en las proporciones programadas y se midió la capacidad de invasión del fluido dentro del lecho de arena.

Figura 2. Prueba de eficiencia de Puenteo



Fuente: Montero y Lezama (2020)

Se formuló un fluido de laboratorio de densidad 12,8 lbs/gal y se trató con 4,0 lbs/bl y 6,0 lbs/bl respectivamente para medir el efecto del agregado del producto sobre las propiedades reológicas. No se observaron cambios significativos en estas propiedades.

Figura 3. Formulación

PRODUCTO	CONCENTRACION, LBS/BL		
	BASE	MUESTRA 1	MUESTRA 2
ACEITE VASSALP-90	0,72	0,72	0,72
ARCILLA ORGANOFILICA	8,0	8,0	8,0
FLC2000	4,0	4,0	6,0
HUMECTANTE	1,5	1,5	1,5
CAL HIDRATADA	5,0	5,0	5,0
GILSONITA	8,0	8,0	8,0
CaCO3 100 TT	60	60	60
BARTA	250	250	250

PROPIEDAD	BASE	MUESTRA 1	MUESTRA 2
DENSIDAD, LBS/GAL	12,8	12,8	12,8
L600 / L300, LBS/100 PIE ²	40 / 24	50 / 30	55 / 33
L200 / L100, LBS/100 PIE ²	17 / 10	23 / 15	24 / 15
L6 / L3, LBS/100 PIE ²	6 / 4	7 / 6	9 / 7
GELES 10" / 10", LBS/100 PIE ²	4 / 7	3 / 9	4 / 12
VISC. PLASTICA, CPS	16	20	22
P.CEDENTE, LBS/100 PIE ²	8	10	11

PROPIEDADES MEDIDAS DESPUES DE ENVEJECIMIENTO A 300°F

Fuente: Montero y Lezama (2020)

3.8. Tratamiento recomendado y aspectos operacionales/densidad del fluido

Se hizo tratamiento inicial de 5 lpb de CRMR-04, el cual se mantuvo en el sistema mediante el bombeo de píldoras y agregado directo al sistema. La adición se realizó dependiendo de la prueba de sellamiento del fluido en un medio filtrante de arena inconsolidada de 20/40 mesh realizada periódicamente (sello de lecho de arena), la cual indicaba la necesidad, o no, de adición del producto.

Se usaron densidades más bajas que el hoyo original, motivado a problemas de arrastres, apoyos y torque al final, fue necesario incrementar la densidad hasta valores más altos que aquéllos con los cuales se finalizó el primer hoyo.

Figura 4. Efecto en la densidad del fluido

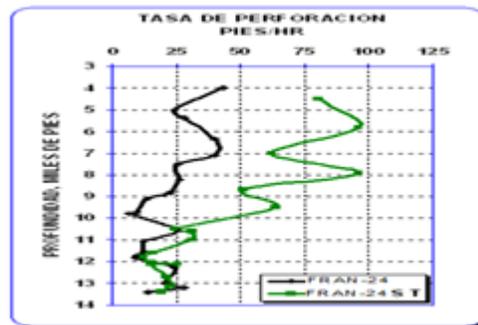


Fuente: Montero y Lezama (2020)

3.9. Tasa de perforación

La perforación del intervalo fue más rápida, pero al final se sintieron los efectos de falta de soporte adecuado. Diferencias significativas en la tasa de perforación pueden observarse hasta la profundidad de 10500 pies.

Figura 5. Efecto en la Tasa de Perforación

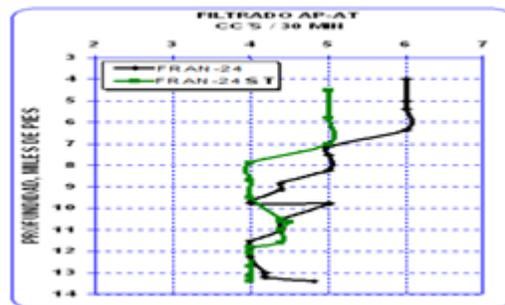


Fuente: Montero y Lezama (2020)

3.10. Filtración Ap-At

Se logró un menor filtrado AP-AT durante la etapa de desvío hasta la profundidad de aproximadamente 10000 pies.

Figura 6. Efecto en el Filtrado AP-AT

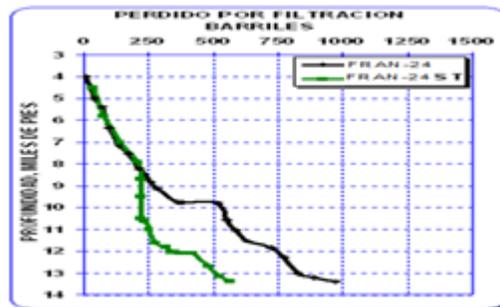


Fuente: Montero y Lezama (2020)

3.11. Filtración a la formación

Mejoras considerables en las pérdidas de volumen de fluido por filtración en la sección arenosa por debajo de 9000 pies. 401 barriles menos (40%) perdidos por filtración a la formación y 15% menos de volumen total procesado.

Figura 7. Efecto en la pérdida de filtración



Fuente: Montero y Lezama (2020)

Los puntos de apoyo están relacionados con formaciones con alto porcentaje de arcilitas en secciones en calibre (referencia: caliper y master log tomados en pozo MOR-32).

Figura 8. Puntos de apoyo

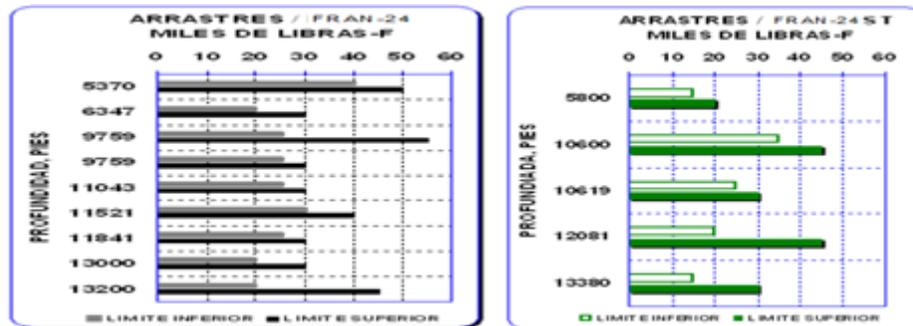
PROFUNDIDAD PIES	CALIBRE PULGS	LITOLOGIA
5370	12 1/4	ARCILITA
6347	12 1/4	ARCILITA
9759	12 1/4	ARCILITA
11043	12 1/4	ARCILITA
11521	12	ARCILITA
11841	14	ARCILITA
13000	13 1/2	ARCILITA
13200	13	LUTITA

Fuente: Montero y Lezama (2020)

- El producto CRMR-04 mostró sinergia total con los productos restantes del sistema.
- Mayores tasas de perforación se lograron usando el producto con un perfil de densidad menor al hoyo original.

- 40% menos de volumen perdido por filtración a la formación (aproximadamente 400 bls) y 15% menos de volumen procesado (940 bls).
- Los arrastres y apoyos están asociados con secciones de arcilitas en hoyos en calibre.

Figura 9. Arrastre



Fuente: Montero y Lezama (2020)

Se utilizaron mallas 140 mesh en los ecs, logrando un contenido de arena inferior al ½ %v/v. El hoyo desviado se completó con una densidad de 12.8 lbs/gal, y fue necesario aumentar la densidad a mayor profundidad por la inestabilidad de la formación paúj. No se encontraron indicios de pega diferencial en el hoyo desviado.

3.12. Prueba de sello

Resultados de pruebas de sello o reducción de permeabilidad en discos porosos de 20 micrones.

Tabla 5. Variación en el resultado de la prueba de sello

Muestra	A	B	C
Propiedades			
Spurt Loss, cc	2.0	1.7	1.5
Volumen total, cc	10.0	8.0	8.0

Fuente: Montero y Lezama (2020)

En la Tabla 5 se observa los valores de volumen de filtrado obtenido en las pruebas de sello, reflejado en los valores de spurt loss y volumen final. Como en anteriores pruebas de filtrado discutidas, existe un mayor control de filtrado con el uso del CRMR-04, al obtener resultados entre 2.0

y 1.5 de filtrado. Este valor de spurt loss es el filtrado que se produce hasta la formación del revoque, siendo este filtrado inicial la principal causa de daño a la formación.

Gráfico 4. Variación del resultado en la prueba de sello

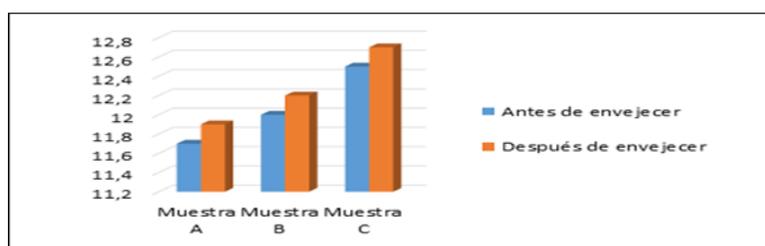


Fuente: Montero y Lezama (2020)

3.13. Densidad

Se puede observar que en las pruebas realizadas antes y después de envejecer hubo un rango de densidad entre 11.7 lbs/gal hasta 12.7 lbs/gal, entendiendo por densidad a la materia medida como masa por volumen unitario, expresado en libras sobre galón; su variación dependió de la concentración utilizada del CRMR-04. Se observa un aumento progresivo de los valores de densidad desde la muestra A, hasta la muestra C, ya que aumentan los porcentajes de la concentración del CRMR-04.

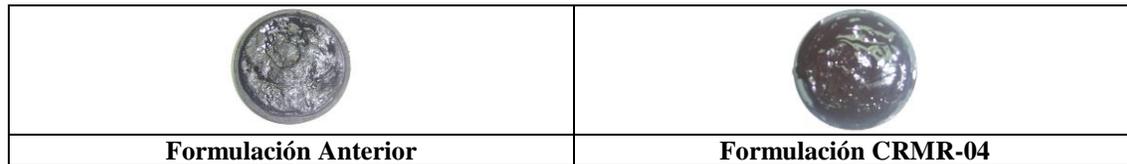
Gráfico 5. Variación de la densidad



Fuente: Montero y Lezama (2020)

El espesor del revoque en ambos fluidos de perforación es de 2 octavos de pulgadas, siendo delgado y liso. Como se puede observar en las fotos anexas.

Figura 10. Revoques PPT Sobre Disco de Aloxita de 20 μ



Fuente: Montero y Lezama (2020)

Conclusiones

Los resultados de laboratorio indican lo siguiente:

- Se optimizó el fluido base 100% aceite mineral en el pozo MOR-32, reduciendo el contenido de sólidos.
- El fluido CRMR-04 presenta bajo filtrado sin causar hinchamiento en las arcillas de las arenas productoras de petróleo.
- El PPT es efectivo para simular condiciones de presión y temperatura y determinar el puenteo del fluido de perforación.
- Los fluidos de perforación en el pozo MOR-32 mantuvieron sus propiedades reológicas, incluso con el aditivo evaluado.
- Se establecieron las propiedades reológicas estándar del fluido, que combina agua y glicol, ofreciendo buena estabilidad térmica y control de inestabilidad en secciones reactivas.
- La prueba de sellado de apertura de poro puede ser utilizada en el taladro para un monitoreo eficiente, y la reducción del filtrado PPT se puede lograr con materiales puenteantes.
- Una distribución adecuada de partículas puede minimizar la invasión de fluidos y sólidos, incrementando la productividad del yacimiento.
- La prueba de filtración dinámica ofrece una simulación más precisa al considerar variables de torque, presión y temperatura.

Referencias

- Álvarez, J. (2005). *Uso de la tecnología Inteflow® aireado, como fluido de completación y rehabilitación de pozos en yacimientos de baja presión*. IUTC.
- Araujo, H. (2007). *Evaluación de un polímero como agente sellante en el fluido de perforación utilizado en la perforación del pozo MGB-52*. LUZ-COL.
- Bakker, E., Behrman, L., Milton, P., Salsman, A., Stutz, L. y Underdown, D. (2003/2004). La nueva dinámica de operaciones de disparos en condiciones de bajo balance. *Oilfield Review*.
- Barberi, E. (1998). *El pozo ilustrado* (4ª ed.). Fonciéd.
- Behrman, L., Brooks, J., Farrant, S., Fayard, A., Brown, A., Michael, C., Smith, P. y Underdown, D. (2000). Técnicas de diseño de disparos para optimizar la productividad. *Oilfield Review*.
- Bozzi, R. y Gutiérrez, C. (2006). *Curso para el control de sólidos*. Oiltools de Venezuela.
- Brito, L. y Monasterio, J. (2004). *Diseño de un sistema de fluido de perforación 100% aceite mineral con bajo contenido de sólidos para perforar yacimientos de bajas presiones*. IUTC.
- Craft, B. y Hawkins, F. (1959). *Applied petroleum reservoir engineering*. Prentice Hall.
- Economides, M., Hill, D. y Economides, C. (1994). *Petroleum production system*. U.S.A.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Material mimeográfico. (2008). *Introducción a la perforación direccional*.

Declaración de conflicto de interés y originalidad

Conforme a lo estipulado en el *Código de ética y buenas prácticas* publicado en *Revista Ethos*, los autores *Montero Castellano, Virginia del Carmen y Lezama Montero, José Ygnacio*, declaran al Comité Editorial que no tienen situaciones que representen conflicto de interés real, potencial o evidente, de carácter académico, financiero, intelectual o con derechos de propiedad intelectual relacionados con el contenido del artículo: *Aplicación de polímeros deformables en fluidos de perforación para mitigar pérdidas de filtrado en zonas susceptibles*, en relación con su publicación. De igual manera, declaran que el trabajo es original, no ha sido publicado parcial ni totalmente en otro medio de difusión, no se utilizaron ideas, formulaciones, citas o ilustraciones diversas, extraídas de distintas fuentes, sin mencionar de forma clara y estricta su origen y sin ser referenciadas debidamente en la bibliografía correspondiente. Consienten que el Comité Editorial aplique cualquier sistema de detección de plagio para verificar su originalidad.