

ESTUDIOS DE NUEVOS FLUIDOS INHIBIDORES PARA EL CONTROL DE INESTABILIDAD DEL CAÑO DEL POZO DEBIDO A LAS ARCILLAS COMPLEJAS

Alicia Cremé Espinosa, Edgar George, Miriam Legón, Guadalupe Rodríguez, Yisell Rodríguez, Ramón Acosta⁽¹⁾.

1Centro de Investigación del petróleo Churrucá # 481 Cerro, Habana

RESUMEN

Una de las complejidades de mayor significación que se asocia al uso de fluidos de perforación, corresponde a la inestabilidad en la formación arcillosa a causa de la interacción roca - fluido. Aunque se utilizan fluidos inhibidores los problemas persisten. En la presente investigación el objetivo es formular y evaluar sistemas inhibidores que minimicen el citado problema. Para la evaluación de la interacción entre varios sistemas y las rocas de la formación Vega Alta se aplicaron técnicas como: Reología antes y después de envejecimiento en roller a temperatura de 60 °C y presión de 690 KPa, hinchamiento lineal, dispersión y tenacidad de inhibición. Sobre la base de los resultados con la utilización de muestras de formación arcillosa perteneciente a Vega Alta del pozo CANASI 1X y Bentonita comercial, se comprobaron las efectividades de los sistemas: base agua con silicato de sodio y base aceite sintético.

INTRODUCCIÓN

Durante la Etapa 2 del proyecto 2904 (Legón, George, Cremé, & Otros, 2008), (Legón, George, Cremé, & Otros, 2009) se evaluaron varios sistemas de fluidos inhibidos base agua para la perforación de zonas arcillosas inestables, de los sistemas evaluados el de base Silicato reporto mejores resultados en cuanto a la inhibición a la dispersión y al hinchamiento de las arcillas

Sobre la base de que aunque existen la prevalencia de complejidades y averías asociadas al uso de fluidos de perforación, se evaluaron dos nuevos sistemas de fluidos y se comparan sus resultados en cuanto a la inhibición a la dispersión y al hinchamiento. Los dos nuevos sistemas evaluados son: el fluido de bajo contenido de sólidos polímero-KCl al que se adiciona silicato de sodio como un aditivo estabilizador de arcillas y el fluido base aceite sintético.

Problema científico

Prevalencia de complejidades de inestabilidad de las formaciones debido al contacto de los fluidos de perforación con las arcillas reactivas.

Objeto científico

Sistemas de fluidos de perforación para minorar la inestabilidad de las formaciones.

Objetivo

Formular y evaluar nuevos sistemas de lodos para el control de la inestabilidad del caño del pozo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Materiales

- a) Sólidos arcillosos
 - 1. Muestras de núcleos pertenecientes a la formación Vega Alta: CANASÍ 1X, Núcleo -1
 - 2. Bentonita comercial
- b) Sistemas de fluidos
 - 1. Fluido base aceite sintético (SOBM)
 - 2. Fluidos base agua polimérico/KCL
 - 3. Fluido base agua polímero/silicato/KCL

Métodos

- **Análisis físico – químico de los fluidos ensayados.**

- a) Ensayos de Capacidad de inhibición al hinchamiento
Ensayo que determina el hinchamiento lineal de la muestra arcillosa frente a los fluidos ensayados.
- b) Capacidad de inhibición a la dispersión – erosión
Determina la habilidad de un sistema de fluido de perforación para inhibir la desintegración del cuerpo de la pastilla de bentonita. La prueba compara el desempeño inhibitorio de los diferentes sistemas de fluido antes y después de someter los sistemas a la influencia del tiempo, temperatura y la presión.
- c) Ensayo de Capacidad de inhibición a la dispersión de los cortes de formación.
Determina la habilidad de un sistema de fluido de perforación para inhibir la dispersión de las muestras de lutitas. Nos compara el desempeño inhibitorio de los diferentes sistemas de fluido después de someterlos a la influencia del tiempo, temperatura y la presión.
En relación al poder inhibitorio de los sistemas, se consideran resultados excelentes aquellos que posean unos valores mayores de 90 %, buenos de 81 a 90, aceptables de 65 a 80% y deficientes por debajo de 65%.
- d) Ensayos reológicos a los sistemas ensayados según las especificaciones de la ISO 10414-1 para la determinación de las propiedades reológicas y geles del fluido de perforación.
- e) Ensayos de Filtrado según las especificaciones de la ISO 10414-1.

- f) Capacidad al Intercambio cationico (MBT) según las especificaciones de la ISO 10414-1 para fluidos de perforación.
- g) Estabilidad eléctrica para los sistemas base aceite según las especificaciones de la ISO 10414-2.

Fluido base agua polímero/silicato/KCL

Sobre la base de la búsqueda bibliográfica (Jiankang, Jienian, & Weiwang, july 2005) se obtiene la formulación de un fluido altamente inhibido base silicato de sodio.

Tabla I Formulación propuesta en la bibliografía

Productos	Concentración Kg/m ³
Bentonita	10-30
XC (viscosificador)	1-3
PAC (regulador de filtrado)	8-10
NaOH (regulador de pH)	1-3
XY-27 (Adelgazador)	5-8
KCL(inhibidor de K ⁺)	60-80
Silicato de sodio (estabilizador de arcillas)	90-110
Barita(agente pesante)	Según requerimientos

Se busca dentro de las formulaciones de lodos actualmente en uso por las compañías de servicio los productos análogos a la formulación inhibido base del fluido de Sodio de la KCL /Silicato literatura, las formulaciones propuesta se ven en la tabla II y sus propiedades la tabla III.

Tabla II
propuesta con los
compañías de

Propiedades reológicas	unidad	GWDF	DFS	FTW
Lect a 600 rpm	lb/100pie ²	118	116	114
Lect a 300 rpm	lb/100pie ²	86	80	78
Lect a 200 rpm	lb/100pie ²	72	64	63
Lect a 100 rpm	lb/100pie ²	55	46	47
Productos	unidad	Cantidad		
Lect a 60 rpm	lb/100pie ²	46	37	39
Viscosificador bentonítico	Kg/m ³	15		
Lect a 30 rpm	lb/100pie ²	37	29	31
Viscosificador polimérico	Kg/m ³	15		
Encapsulador	Kg/m ³	5		
Regulador de filtrado	Kg/m ³	8		
Inhibidor de arcillas	Kg/m ³	70		
Estabilizador de arcillas	Kg/m ³	90		

Formulación
productos de las
servicio actuales.

A partir de las Formulación propuesta en la tabla anterior se elaboraron tres sistemas con productos análogos de las compañías

Tabla III Propiedades reológicas de los sistemas propuestos.

Lect a 6 rpm	lb/100pie ²	26	18	22
Lect a 3 rpm	lb/100pie ²	25	17	21

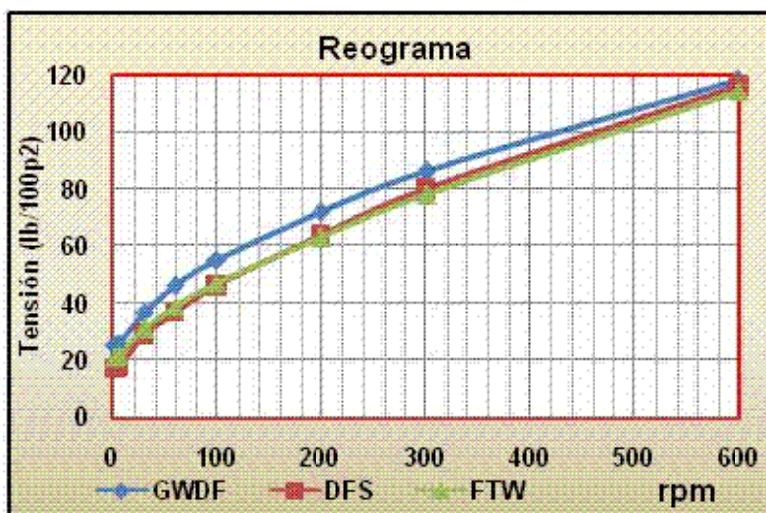


Fig.1 Reograma de los Sistemas base silicato de sodio diseñado

De los resultados obtenidos en el estudio reológico de las formulaciones, se decide llevar a cabo modificaciones en las formulación por tener alta viscosidad los fluido obtenido, se elimina el viscosificador bentonítico con vista a disminuir los sólidos en el sistema y se adiciona un polímero polisacárido como viscosificador, se redujo la concentración del PHPA (poliacrilamida parcialmente hidrolizada) para disminuir los parámetros reológicos, con los cambios realizados se obtuvo un sistema con buenas propiedades reológicas ver tabla VI columna 2.

Fluido base aceite sintético

Sobre la base de la propuesta inicial de la compañía se reformularon las dos relaciones propuesta 70/30 y 80/20 (aceite / agua) ya sea en el orden de adición de los productos, sus concentraciones y en algunos casos la suspensión de algún producto con vista a obtener una formulación estable eléctricamente, con geles para suspender la barita y aumentar la alcalinidad en el sistema. Ver tabla IV donde se observa las concentraciones empleadas

para cada relación y en la tabla V y en el reograma de la fig. 2 el comportamiento de las viscosidades a diferentes revoluciones, geles y estabilidad eléctrica.

Tabla IV formulaciones del sistema de lodo base aceite (SOBM)

Relación aceite /agua	unidad	70/30	80/20
Aceite sintético	Kg/m ³	1,64	1,43
Bentonita organofílica	Kg/m ³	17,11	8,56
Emulsificador primario	Kg/m ³	17,11	17,11
Regulador de alcalinidad	Kg/m ³	42,78	37,08
Viscosificador	Kg/m ³	17,11	11,41
CaCl ₂	Kg/m ³	81,28	81,28

Tabla V Propiedades reológicas de los fluidos SOBM

Propiedades	Unidad	1	2
Lect a 600 rpm	lb/100pie ²	56	41
Lect a 300 rpm		35	23
lect a 200 rpm		27	16
Lect a 100 rpm		20	10
Lect a 60 rpm		17	8
Lect a 6 rpm		8	3
Lect a 3 rpm		7	3
Visc aparente	mPa .s	28	20.5
Visc plástica		21	19
Pto cedencia	lb/100pie ²	14	5
Gel 0/10		7/10	5/13
Estabilidad eléctrica	volt	340	642
Densidad	Kg/m ³	1.50	1.50

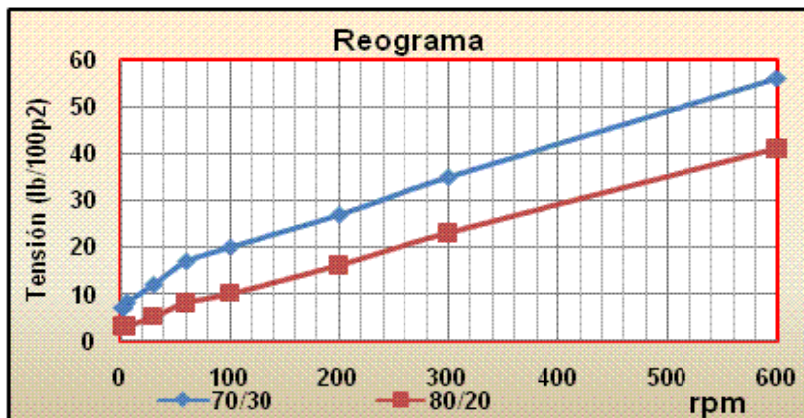


Fig 2. Reograma del sistema SOBM

En el caso del sistema SOBM para las pruebas de capacidad de inhibición a la dispersión erosión y de hinchamiento se empleo la formulación de relación aceite/agua igual a 80/20.


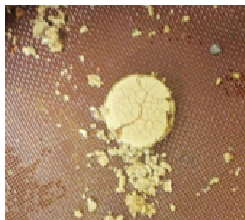

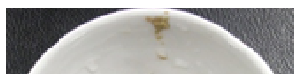


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba de inhibición a la dispersión con pastillas de bentonita

Fig 4 Capacidad de inhibición a la dispersión–erosión de sistemas inhibidos con pastillas de

Sistema		
Polímero/KCL	Polímero/Silicato/KCL	SOBM

bentonita

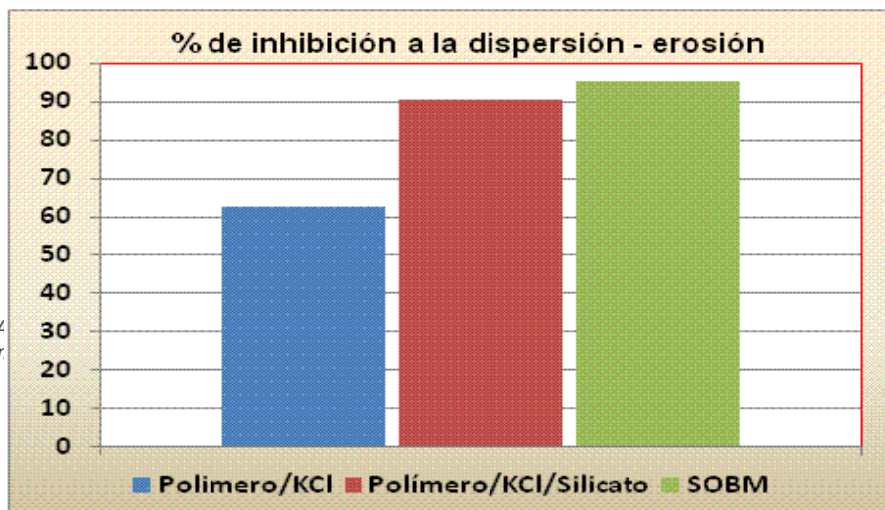
						
						
Propiedades	1	2	3	4	5	6
Lect a 600 rpm, lb/100pie ²	61	80	47	61	73	45
Lect a 300 rpm, lb/100pie ²	39	59	27	40	53	34
lect a 200 rpm, lb/100pie ²	28	47	20	32	44	20
Lect a 100 rpm, lb/100pie ²	18	34	13	22	32	13
Lect a 60 rpm, lb/100pie ²	14	27	10	16	25	10
% de Capacidad de inhibición a la dispersión del fluido						
62.5		90.4		95.1		

En la tabla VI se muestran las propiedades reológicas, de filtrado y de bentonita equivalente para los sistemas estudiados y en la fig 3 se muestran los resultados del ensayo de dispersión. Las propiedades reológicas de los lodos ensayados no se ven afectadas apreciablemente con el envejecimiento. La pastilla en el fluido polímero/KCL muestra el mayor porcentaje de Dispersión – Erosión por lo tanto el sistema es el de menor capacidad inhibidora a la dispersión (62.5%), sin embargo es un valor no despreciable. Se pueden apreciar mejor los resultados de los fluidos con silicato de sodio y el fluido base aceite sintético los cuales muestran una capacidad de inhibición a la dispersión erosión de 90.4 y 95.1 % respectivamente.

Tabla VI Resultados reológicos de los ensayos de dispersión erosión.

Lect a 30 rpm, lb/100pie ²	9	20	7	12	19	7
Lect a 6 rpm, lb/100pie ²	5	11	4,5	6	10	5
Lect a 3 rpm, lb/100pie ²	4	9	4	5	9	4
Visc apa, mPa.s	30,5	40	23,5	30,5	36,5	22,5
Visc plast, mPa.s	22	21	20	21	20	11
Pto cedencia, lb/100pie ²	17	38	7	19	33	23
Gel a 10 seg	5	10	6	6	8	10
Gel a 10 min	6	12	16	7	11	21
Estabilidad Eléctrica, Volt	----	----	922	----	----	978
Filtrado, ml/30min	6,4	19	----	6.0	19.5	----
MBT, Kg/m3	1,4	1,4	----	2,9	2,1	----
1. Lodo Polímero/KCL 2. Lodo Polímero/Silicato/KCL + barita hasta densidad 1.3g/cm ³ . 3. Lodo Base Aceite Sintético + barita hasta densidad 1.3g/cm ³ . 4. 1 + 16horas de rolado a 60°C y 690 Kpa de presión. 5. 2 + 16horas de rolado a 60 °C y 690 Kpa de presión. 6. 3 + 16horas de rolado a 60 °C y 690 Kpa de presión.						

Fig3 Resultados de los ensayos de dispersión erosión



Propiedades	1	2	3	4	5	6
Lect a 600 rpm, lb/100pie ²	63	76	41	62	84	40
Lect a 300 rpm, lb/100pie ²	42	54	25	47	60	23
Lect a 200 rpm, lb/100pie ²	33	45	18	36	49	16
Lect a 100 rpm, lb/100pie ²	22	32	12	23	36	11

Capacidad de inhibición a la dispersión de sistemas inhibidos con núcleos.

a. Prueba de Dispersión con núcleo de la formación Vega Alta.

Las propiedades reológicas (tabla VII) de los lodos Polímero/KCL y Base aceite sintético con el envejecimiento, no tienen variación significativa, excepto el Gel a 10 min que en el SOBM aumento. El sistema de menor capacidad inhibidora es el fluido sin silicato de sodio mientras los otros dos sistemas se comportaron de modo similar entre sí. fig. 5.

b. Prueba de tenacidad de la inhibición

Las muestras de núcleo no dispersas en el ensayo de Dispersión con núcleo de formación, para cada sistema fueron roladas en agua dulce por espacio de 4 horas a 60°C, después tamizadas y secadas. Determinándose el porciento de tenacidad del inhibidor en el núcleo arcilloso una vez que estén en contacto con agua dulce. Los resultados se muestran en la fig. 6.

Esta prueba es una medida de la tenacidad con que el agente encapsulador se fija a las partículas de lutitas y a la vez también nos da una idea de la extensión de la inhibición química. El sistema SOBM que fue el de mayor inhibición tanto a la dispersión como al hinchamiento, para esta prueba tiene un % de tenacidad casi cero esto es debido a que la fase externa del lodo es aceite y no permite que la formación este en contacto con el agua, sin embargo una vez que la formación se pone en contacto con el agua esta se dispersa completamente, no ocurriendo así en los sistemas base agua que la tenacidad a la inhibición reporto valores de 78 % para el sistema polímero /KCL y 91% en el sistema Polímero/Silicato/KCL. Resultando este ultimo el de mayor tenacidad en la inhibición.

Tabla VII Propiedades reológicas de los sistemas ensayados con núcleos

Lect a 60 rpm, lb/100pie ²	16	26	10	18	29	9
Lect a 6 rpm, lb/100pie ²	11	19	7	13	21	6
Lect a 3 rpm, lb/100pie ²	5	11	4	6	12	4
Lect a 6 rpm, lb/100pie ²	4	10	4	5	10	4
Viscapa, mPa.s	31,5	38	20,5	31	42	20
Viscplast, mPa.s	21	22	16	15	24	17
Yield point, lb/100pie ²	21	32	9	32	36	6
Gel 0	6	9	4	8	10	4
Gel 10	7	11	8	8	12	17
EstabilidadEléctrica, Volt	----	----	209	----	----	452
Filtrado, ml/30min	6	21,5	-----	7,5	30	----
MBT, Kg/m3	1,425	1,425	-----	2,137	2,137	----
1. Lodo Polimérico /KCL + barita hasta densidad 1.3g/cm ³ . 2. Lodo Polimérico/Silicato/ /KCL + barita hasta densidad 1.3g/cm ³ . 3. Lodo base aceite Sintético + barita hasta densidad 1.3g/cm ³ . 4. 1 + 16horas de rolado a 60 °C y 690 Kpa de presión. 5. 2 + 16horas de rolado a 60 °C y 690 Kpa de presión. 6. 3 + 16horas de rolado a 60 °C y 690 Kpa de presión.						

Fig.5 Capacidad de inhibición a la dispersión de cortes de formación

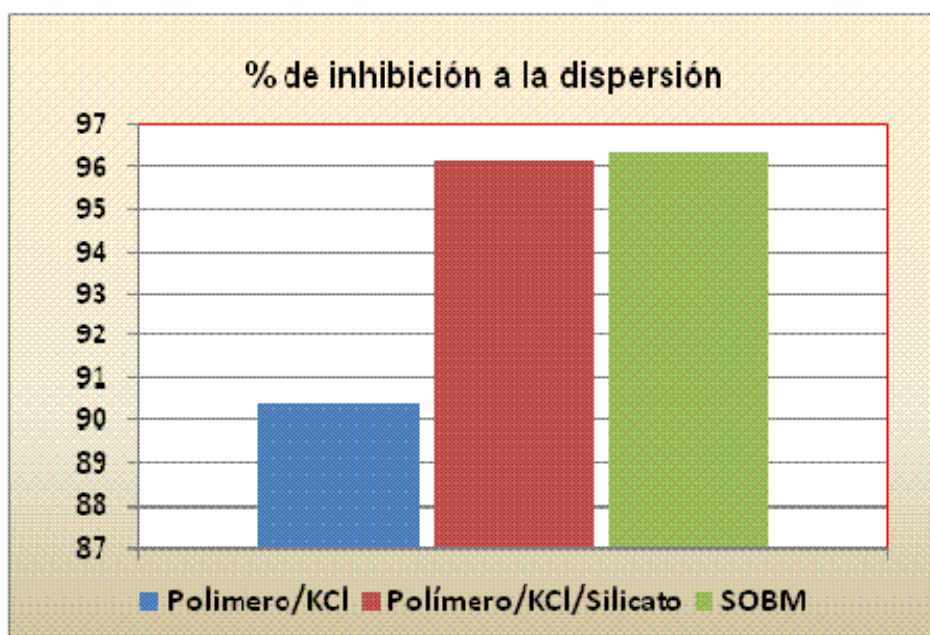
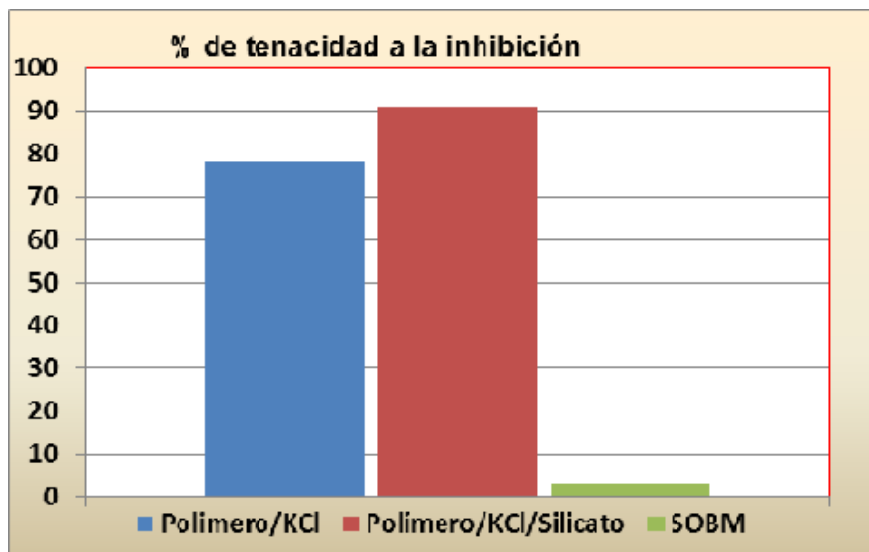


Fig. 6 Resultados del comportamiento de la tenacidad a la inhibición



Prueba de hinchamiento lineal.

Los resultados de los ensayos de hinchamiento lineal se comportaron de modo similar a los de inhibición a la dispersión. Los resultados se muestran en la fig. 7 y 8, de los sistemas en estudio el sistema base aceite sintético reporto menor hinchamiento lineal de la muestra arcillosa, por su condición de aceite, y de los sistema inhibido base agua el de Polímero//Silicato/KCL.

Fig. 7 Curva de hinchamiento

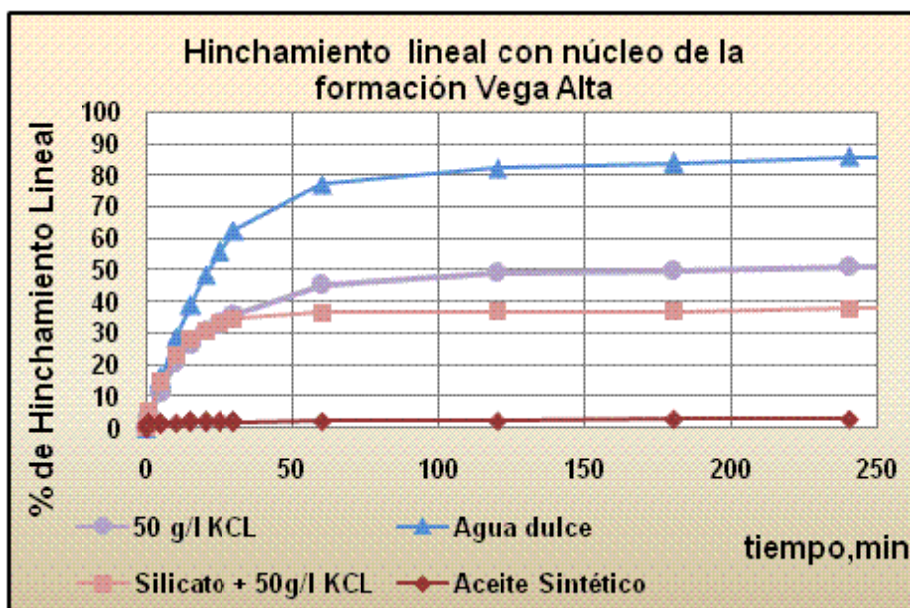
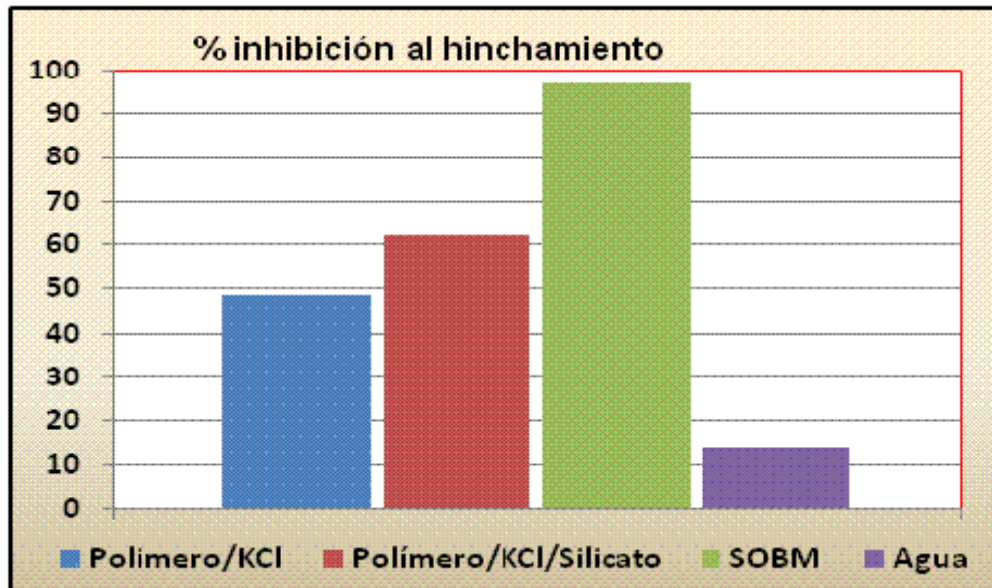


Fig.8 Capacidad de inhibición al hinchamiento lineal



CONCLUSIONES.

- Se formularon dos nuevos sistemas de lodos para el control de la inestabilidad del caño del pozo debido a las arcillas complejas.
- Se evaluaron los mismos en cuanto a la inhibición a la dispersión e hinchamiento en lutitas obteniéndose resultados satisfactorios.

RECOMENDACIÓN

- Se recomienda que al emplear un fluido base aceite (SOBM) para perforar de zonas arcillosas, se evite la sustitución de este por un fluido base agua no inhibido.

BIBLIOGRAFÍA

ISO 10414-2 Petroleum and natural gas industries Field testing of drilling fluids Part: 2 oil-based fluids 2007.

ISO 10414-1 Petroleum and natural gas industries Field testing of drilling fluids Part: 1 Water-based fluids 2007.

Jiankang Guo, Jienian Yan, & Weiwang Fan, Hongjing Zhang. july 2005.Applications of strongly inhibitive silicate-based drilling fluids in troublesome shale formations in Sudan .journal of Petroleum Science and Engineering.

Legón, M., George, E., Cremé, .A., et. Al, 2009. Informe Etapa 2 proyecto 2904. Evaluación de Complejidades, Fluidos Inhibidos y cementos adecuados para la Perforación de Pozos Horizontales. Archivo técnico Ceinpet.