

21/9

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE INGENIERIA

"Análisis del comportamiento de la goma xantana en fluidos de control base agua dulce y salmueras"

T E S I S

Que para obtener el Grado de:

INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A:

BECERRIL RAMIREZ ANDRES
CORCHADO GOMEZ FRANCISCO JAVIER



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	PAGINA
I. GENERALIDADES	
I.1. Definición de un fluido de terminación y reparación	2
I.2. Importancia de las operaciones de Terminación y Reparación.	2
I.3. Problemas frecuentes durante la Terminación y Reparación de Pozos	3
I.4. Parámetros de selección del fluido de control.	7
I.5. Clasificación de los sistemas y materiales tradicionales y actuales empleados en la elaboración de un fluido de Terminación y Reparación.	8
I.5.1. Fluidos con un alto contenido de sólidos dispersos no tratados.	8
I.5.2. Lodos bentoníticos tratados	9
I.5.3. Lodos cálcicos	9
I.5.4. Sistemas no-tratados a base de polímeros y bajo contenido de sólidos dispersos	10
I.5.5. Lodos saturados de sal	10
I.5.6. Lodos base aceite	11
a) Lodos de emulsión inversa	11
b) Lodos de emulsión directa	12
I.5.7. Fluidos a base de aire, niebla, espuma y gas.	12
I.5.8. Materiales tradicionales	13
I.5.9. Materiales actuales	14
I.6. Goma Xantana	17
II FUNCIONES Y PROPIEDADES DE UN FLUIDO DE CONTROL.	
II.1. Funciones y propiedades de un fluido de control	22

	PAGINA
III. EVALUACION A ESCALA LABORATORIO	
III.1. Elaboración de fluidos de control tradicionales y a base Goma Xantana	28
III.2. Recomendaciones de usos del equipo utilizado	33
III.3. Procedimiento de integración de los sistemas.	40
III.3.1. Fluído tradicional sin tratar.	40
III.3.2. Fluído no-tradicional sin tratar.	41
III.3.3. Fluído tradicional tratado	41
III.3.4. Fluído no-tradicional tratado.	42
III.3.5. Salmuera/bentonita sin tratar	43
III.3.6. Salmuera/Goma Xantana sin <u>tra</u> tar.	44
III.3.7. Salmuera/bentonita tratada	44
III.3.8. Salmuera/Goma Xantana tratada	45
III.4. Resultados de las pruebas efectuadas	47
IV. ANALISIS DE RESULTADOS	
IV.1. Análisis de los sistemas agua dulce	71
IV.2. Análisis de los sistemas agua salmuera	74
CONCLUSIONES	92
BIBLIOGRAFIA	95

INTRODUCCION

Durante la historia de la industria del petróleo en México una de las actividades de mayor importancia, han sido la perforación, terminación y reparación de pozos, operaciones en las cuales el fluido de terminación y reparación adquieren una gran relevancia, debido a que una inadecuada selección de estos ocasionan daños en las formaciones del tipo irreversible, lo que viene repercutiendo en la vida productiva de los pozos.

Por tal motivo, día con día se han estado mejorando la tecnología de los fluidos de terminación y reparación, para minimizar daños y reducir costos en las diferentes operaciones de mantenimiento.

De ahí que surja la necesidad de que el personal con acceso a las operaciones que se hacen con estos tipos de fluidos, tengan los conocimientos necesarios sobre las propiedades y el manejo de estos sistemas para así obtener una selección adecuada de los mismos.

Tomando en consideración lo anterior en este trabajo se evaluo la goma xantana, en sistemas a base agua dulce y salmueras para evitar el uso de la barita en la elaboración de fluidos de control, y con este reducir el contenido de sólidos en sistemas de altas densidades para evitar el daño permanente a la formación.

CAPITULO I. "GENERALIDADES"

I.1.- Definición de un fluido de terminación y reparación.

Un fluido de control es aquel fluido que se coloca frente a la formación productora mientras se realizan operaciones tales como: limpieza, estimulación, perforar, disparar, obturar o matar el pozo. Sus funciones básicas son facilitar el movimiento de los fluidos de tratamiento hasta una profundidad determinada para remover sólidos, chatarra del pozo y controlar las presiones de la formación.

I.2.- Importancia de las operaciones de terminación y reparación.

Dentro de la terminación y reparación a pozos, se ha vuelto un objetivo importante que estas operaciones provoquen un daño mínimo a la formación productora, además de controlar las presiones de formación.

Ya que usar sistemas de fluidos deficientes traerá consecuencias de daños a las formaciones productoras independiente al causado por las operaciones de perforación, esto incrementará aún más los costos operacionales, además de una notable baja en la producción. Por lo que hoy día se requiere de un mayor conocimiento en el uso adecuado de los diferentes sistemas de fluidos de control. Y sea cual fuera el sistema seleccionado este debe de tener un mínimo de sólidos en suspensión, fil-

trados que no alteren la permeabilidad de las formaciones, enjarrés o películas que puedan removerse fácilmente y no obture la formación productora.

Otro elemento que es de suma importancia dentro de las operaciones de control es el equipo que debe emplearse, el cual es necesario seleccionarlo de acuerdo a las características de la región y las condiciones del pozo: presión, tipo de fluidos contenidos en los yacimientos y el grado de protección deseado.

Estas condiciones son diversas debido a que las intervenciones a pozos se efectúan en lugares muy variados como: plataformas, barcazas, zonas rurales aisladas y agrestes.

I.3. Problemas frecuentes durante la terminación y reparación a pozos.

En las operaciones de terminación y reparación a pozos se presentan varios problemas, los cuales originan daños a la formación, ver Tabla 1.1, estos provocan la pérdida de productividad tanto en pozos productores o inyectores, debido al contacto con fluidos o materiales extraños que obstruyen poros y alteran la permeabilidad en el proceso natural de producción. La Tabla 1.2 muestra el tipo de daño que podemos provocar a la formación productora.

En procesos de recuperación secundaria si no se emplea

agua o gas debidamente tratado se ocasionará también daño a la formación productora, debido al acarreo de sólidos, grasa, contenido de sales no compatibles, escamas de corrosión, etc.

La Tabla 1.3 muestra otro tipo de problemas que son inherentes a la explotación de pozos petroleros.

TABLA 1.1 PROBLEMAS QUE OCASIONAN DAÑOS A LA FORMACION

Incompatibilidad de fluidos	<ul style="list-style-type: none">- Reducción de la permeabilidad- Bloqueo de agua o emulsión- Hinchamiento de arcillas- Cambios de mojabilidad
Exceso de presión diferencial contra las zonas productoras.	<ul style="list-style-type: none">- Pérdidas de circulación
Invasión de sólidos	<ul style="list-style-type: none">- Corrosión- Desgaste de partes mecánicas de bombas- Incrustación en tuberías- Pegaduras de tubería- Taponamientos- Cambios de mojabilidad

TABLA 1.2. NATURALEZA DEL DAÑO A LA FORMACION

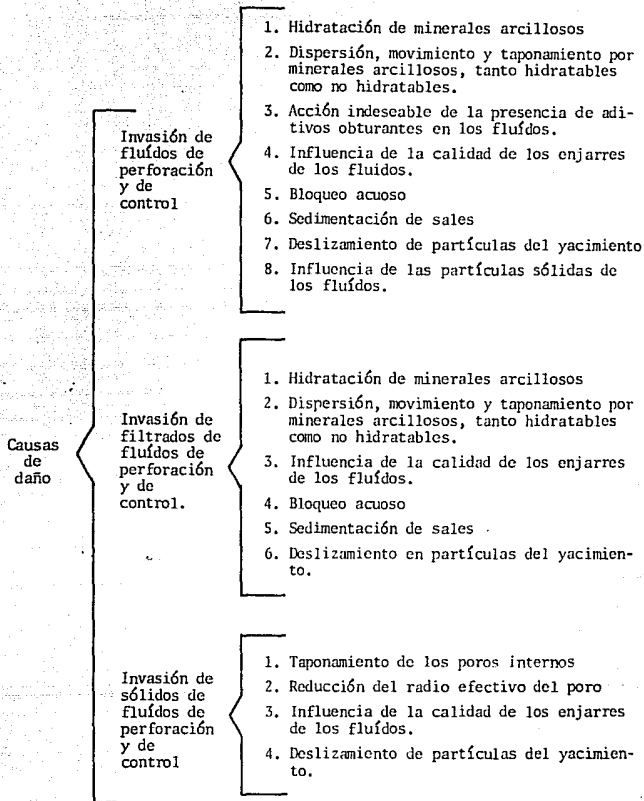


TABLA 1.3. PROBLEMAS DURANTE LA EXPLOTACION DE POZOS

Problemas en la explotación de pozos petroleros.

Obstrucción del aparejo del pozo y de las perforaciones.
Ocasionados por cambios en las condiciones del yacimiento.
Inherentes a la formación y sus fluidos

Dentro de la obstrucción del aparejo del pozo y de las perforaciones se encuentran:

a. Incrustaciones de sales:

Carbonato de calcio
Carbonato de magnesio
Carbonato de fierro
Sulfato de bario
Sulfato de estroncio
Sulfato de calcio
Sulfato de fierro
Oxido de fierro
Cloruro de calcio

b. Depósitos inorgánicos:

Arena
Sedimentos
Diversos

c. Depósitos orgánicos:

Material asfáltico
Parafina
Baterias

En problemas originados por cambios en las condiciones del yacimiento:

- Abatimiento de presión
- Invasión de agua
- Invasión de gas

En problemas inherentes a la formación y sus fluidos:

- Daño a la formación
- Baja permeabilidad natural de la formación
- Baja movilidad de los fluidos
- Baja presión del yacimiento

I.4. Parámetros de selección del fluido de control.

Como las presiones encontradas en los pozos varían de altas a bajas y los fluidos contenidos en los yacimientos pueden ser inflamables, tóxicos, abrasivos o estar a altas temperaturas, es indispensable seleccionar un sistema de fluido adecuado a los requerimientos del pozo, por lo tanto las consideraciones para la selección del fluido de control son:

- Profundidad de la zona productora
- Presión de fondo
- Temperatura de superficie y de fondo
- Disponibilidad de los fluidos
- Preparación de los fluidos y su costo
- Características de la formación y de los fluidos que contenga.

Otros parámetros que son importantes y que ayudan específicamente a la selección del tipo de sistema requerido para cualquier tipo de operación son:

- Densidad del lodo
- Viscosidad plástica
- Punto de cedencia
- Fuerza de gelatinización
- Pérdida de fluido
- Enjarre
- Alcalinidad
- Dureza
- Cloruros
- Por ciento de sólidos/líquido
- Capacidad de cambio de Ion
- Presión hidrostática
- Velocidad anular
- Gasto de bomba
- Caídas de presión
- Flujo turbulento/laminar
- Densidad equivalente de circulación

I.5. Clasificación de los sistemas y materiales tradicionales y actuales empleados en la elaboración de un fluido de terminación y reparación.

I.5.1. Fluidos con un alto contenido de sólidos dispersos no tratados.

Son lodos naturales que generalmente son usados para pozos de poca profundidad o perforaciones someras.

Son lodos que están compuestos de agua, arcillas de for-

mación y pocas cantidades de bentonita y otras arcillas adicio-
nadas.

1.5.2. Lodos bentoníticos tratados.

A grandes profundidades o donde las condiciones del pozo serían problemáticas, los lodos a menudo son dispersados típicamente con lignosulfonatos u otros productos. Estos productos son efectivos defloculantes y reductores de filtrado. Además emplean lignitos solubles y químicos especiales para adaptar o mantener las propiedades específicas del lodo.

1.5.3. Lodos calcicos.

Para este lodo se emplean: Cal hidratada, sulfato de calcio, cloruro de calcio, etc. Se utilizan para inhibir la hidratación (hinchazón) de formaciones arcillosas y lutitas, controlar la migración de lutitas, como agrandamiento del agujero y el incremento de viscosidad debido a los sólidos dispersos que se adicionan de la formación, así como el daño a la formación.

Los sistemas a base de yeso usualmente tienen un ph entre 9.5 y 10.5 y un exceso de concentración de yeso de 2 a 4 lb/bl (600 a 1200 mg/l de calcio); los sistemas calcicos tienen una concentración excesiva de 1 a 2 lb/bl y un ph entre 11.5 a 12 (sistemas bajos en yeso) o de 5 a 15 lb/bl (sistemas altos en yeso)

1.5.4. Sistemas no-tratados a base de polímeros y bajo contenido de sólidos dispersos.

En este tipo de lodos se emplean productos químicos de cadenas largas y altos pesos moleculares (polímeros naturales y/o sintéticos), los cuales incrementan la viscosidad, reducen la pérdida de filtrado y estabilizan la formación. Varios tipos de polímeros son adecuados para estos propósitos inclusive su gran ventaja es la de ser más solubles en ácido que la bentonita por lo que se reduce la cantidad de arcilla necesaria para mantener la viscosidad.

Bajo contenido de sólidos dispersos.

Son aquéllos sistemas en los cuales la cantidad (volumen) y tipo de sólidos es controlable. El total de sólidos no deberá de ser mayor que un rango del 6 al 10% por volumen. En relación a las arcillas estas deberán de estar dentro de un 3% o menos. Una ventaja primaria de estos sistemas es que mejoran significativamente el gasto de penetración.

1.5.5. Lodos saturados de sal.

Algunos grupos de lodos han sido incluidos en esta categoría, los sistemas saturados de sal tienen una concentración de iones de cloruro de 189 000 ppm. Los sistemas de agua salada tienen un contenido de cloruro desde 6 000 a 189 000 ppm y para aquellos que están referidos a los sistemas salobres o de

agua de mar.

Los lodos son preparados a base de agua dulce o salmueras y cloruro de sodio (u otras sales tales como el cloruro de potasio utilizado como el ión inhibidor) mezclados para obtener los resultados deseados. Varios productos especiales tales como la atapulgita, carboximetilcelulosa, almidones y otros son usados para mantener la viscosidad y limpieza del pozo. Se utilizan para perforar estratos de sal o domos salidos, pero su uso es limitado debido a que presentan problemas como:

- No controlan el filtrado
- Su alta densidad
- No proporcionan viscosidad adecuada para mantener en suspensión los sólidos.
- No resisten altas temperaturas, ya que se ocasiona la cristalización de los sólidos.

I.5.6. Lodos base aceite.

Estos sistemas son usados en pozos profundos y altas temperaturas, en formaciones inestables con flujos de agua y gas. Estos se clasifican en dos tipos:

a. Lodos de emulsión inversa:

Son aquéllos que tienen agua como la fase dispersa y el aceite como la fase continua. Estos deben de contener arriba del 50% de agua en la fase líquida. Los emulsifi-

cantes (comúnmente ácidos grasos y derivados de la amina) jabones de altos pesos moleculares y concentraciones de agua, son elementos que usualmente se utilizan para controlar la reología y la estabilidad eléctrica del sistema.

b. Lodos de emulsión directa:

Son aquéllos cuya fase portadora es el agua y la dispersa al aceite, comúnmente elaborados de una mezcla de óxidos de asfalto, ácidos orgánicos, alcalinos y otros agentes, combustible diesel. Las propiedades del gel y viscosidad se pueden mantener si se desea modificar o ajustar la concentración de ácido y jabones alcalinos.

I.5.7. Fluidos a base de aire, niebla, espuma y gas.

Estos sistemas se emplean generalmente en pozos con bajas presiones y formaciones estables, cuatro operaciones básicas son incluidas en esta categoría especial de acuerdo al IADC (Asociación Internacional de Contratistas de Perforación), éstos incluyen:

a. Perforación con aire seco:

La cual implica la inyección de aire o gas seco al interior del agujero a gastos tales que las velocidades anulares sean capaces de remover los recortes.

b. Perforación con niebla:

Implica la inyección de un agente espumante a una corriente de aire, la cual se mezcla con agua producida para separar y levantar los recortes obtenidos de la perforación.

c. Espumas estables:

Estos fluidos usan detergentes químicos y polímeros y un generador de espuma que acarrea los recortes por medio del movimiento rápido de las corrientes de aire.

d. Fluidos aerados:

Son catalogados como lodos con aire inyectada (los cuales reducen la columna hidrostática) son capaces de remover los sólidos de la perforación desde el fondo del pozo hasta la superficie.

En la elaboración de fluidos de terminación y reparación se han utilizado diversos materiales, desde los más fáciles para obtener como productos de tipo orgánico como inorgánico, hasta aquéllos que son obtenidos mediante procesos químicos simples y complejos. Aquí sólo mencionaremos algunos que son usados en la elaboración de los fluidos de control:

1.5.8.

TRADICIONALES

- Arcillas (barita, bentonita, atapulgita, lutita, sepiolita)

- Quebracho
- Agua
- Sal
- Aceite (dióscel, aceite mineral)
- Asbestos
- Oxido de hierro
- Galeana
- Almidón
- Materiales fibrosos
- Cáscara de nuez
- Recorte de celofán
- Lignosulfonatos
- Lignitos
- Sulfatos
- Fosfatos
- Tanatos
- Adelgazadores químicos (ligninas, lignosulfonatos, taninos)*

I.5.9.

ACTUALES

- Polímeros derivados de petroquímicos base acrílica, vinílica.
- Lignitos modificados, acrílicas modificadas
- Polímeros naturales modificados por procesos enzimáticos, xantanas.
- Ácidos grasos poliexietilénicos
- Eteres
- Esteres

El control de ciertas propiedades del fluido de control

lo proporcionan ciertos materiales como son:

1. Viscosificantes.

- Bentonita
- Polímeros naturales: Goma xantana
Goma guar

* Son dispersantes químicos derivados de productos orgánicos naturales.

Carboxymetil Celulosa (CMC)
Hidroxyetil Celulosa (HEC)
Goma xantana
Lignosulfonato de calcio
Polyacrylamide

- Atapulgita
- Asbestos

II. Densificantes:

- Arcillas
- Barita
- Galena
- Carbonato de calcio
- Cloruro de sodio
- Cloruro de calcio
- Cloruro de zinc
- Bromuro de calcio
- Cloruro de zinc/cloruro de calcio
- Bromuro de zinc

III. Control de pérdida de agua o filtración:

- Dispersantes químicos derivados de productos naturales
- Dispersantes químicos derivados de productos petroquímicos base estirenica
- Bentonita
- Almidón pre-gelatinizado
- Carboxymetil celulosa (CMC)
- Poliactylates
- Gomas
- Aceites emulsificantes

IV. Reductores de viscosidad:

- Fosfatos:

Pirofosfato de sodio ácido

Fosfato tetrasódico
Hexametáfosfato de sodio

- Tanatos:

Estracto de quebracho
Estracto de abeto

- Aceites:

Mineral
Diesel

- Lignitos:

Lignitos de mina (ácidos húmicos)
Lignitos caustizados
Lignitos modificados

- Lignosulfonatos:

Lignosulfonato de calcio
Lignosulfonatos de sodio modificados

- Poliacrilatos de sodio

V. Control de PH:

A continuación se dará una lista de los aditivos en el tratamiento del PH de los fluidos:

	PH
Carbonato de Bario	10.00
Bicarbonato de sodio	8.3
Sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ yeso)	6.0
Cromolignosulfonatos	3.4 - 4.0
Carbonato de Sodio	11.0

	PH
Hidróxido de calcio	12.00
Lignito	5.00
Quebracho	3.8
Pirofosfato de sodio ácido	4.8
Hexametáfosfato de sodio	6.0
Tetrafosfato de sodio	7.5
Pirofosfato tetrasódico	9.9
Hidrodróxido de sodio (sosa cáustica)	13.0
Lignosulfonato de calcio	7.0

Hasta aquí se han mencionado sólo algunos de los materiales existentes en el mercado para la elaboración de fluidos de control como de perforación.

1.6. Goma Xantana.

La goma xantana es un polisacárido de alto peso molecular producido por crecimiento bacteriano a partir de la bacteria de la planta *Xanthomonas campestris*; cada bacteria individual produce una cadena compuesta de este polisacárido.

El polímero es producido comercialmente desarrollando las bacterias mediante el proceso químico conocido como fermentación precipitando la goma en alcohol y posteriormente secando y moliendo el producto hasta su forma final en polvo.

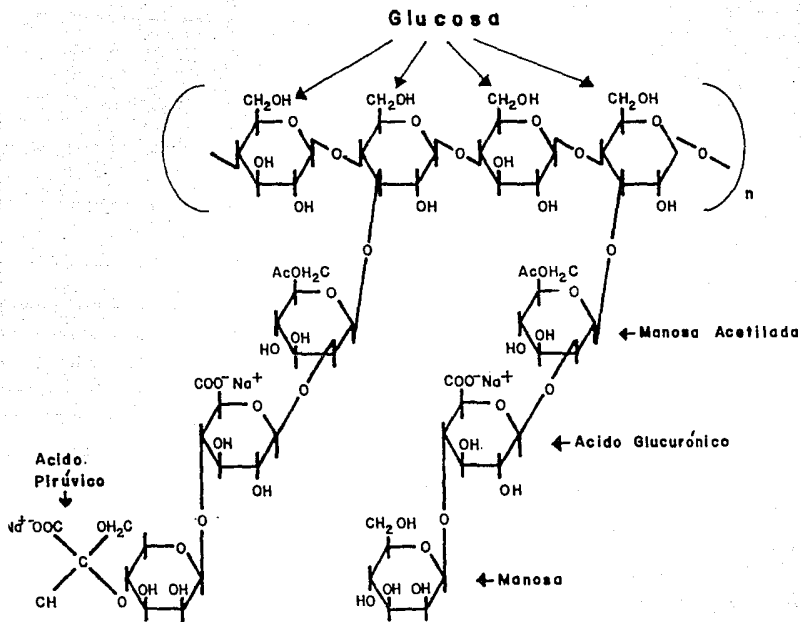
La goma xantana puede usarse en agua dulce como salada, usualmente se emplea como viscosificante y gelante.

Este polímero puede emplearse en operaciones de terminación, reparación y procesos de recuperación secundaria, dando como resultado una mayor capacidad de producción, puesto que se maneja un menor contenido de sólidos y por consiguiente un menor daño a la formación productora.

La goma xantana es degradada por acción bacteriana, es por lo tanto necesario el empleo de un antibactericida para evitar esta degradación, su temperatura máxima de trabajo de la goma xantana es de 120°C. La Fig. 1.1 muestra la estructura de la goma xantana.

Pruebas de laboratorio han demostrado que las soluciones con goma xantana presentan las siguientes propiedades:

- Buen suspensor de arenas
- Imparte a medios arcillosos un comportamiento pseudo-plástico.
- Es soluble y estable en un amplio rango de concentraciones de sal.
- Tiene habilidad para gelar
- Reducen al máximo la fricción, al estar bombeando grandes gastos
- Son estabilizadores de arcillas
- Provocan un mínimo daño a la formación productora.
- La viscosidad de las soluciones de goma xantana es independiente del ph en un amplio rango.
- La temperatura tiene el siguiente efecto: en altas concentraciones (1%) la viscosidad prácticamente no decrece cuando ocurre un incremento en la temperatura. En bu



P.M. — 2×10^6

ESTRUCTURA DE LA GOMA XANTANA

(FIG. 1)

- jas concentraciones (0.3%) el incremento en la temperatura ocasiona alguna reducción en la viscosidad. El decremento de la viscosidad puede ser minimizada mediante la adición de pequeñas cantidades de cloruro de sodio o cualquier otra sal monovalente.
- El efecto de la sal sobre la viscosidad es relativamente insignificante. El efecto de la concentración de sal sobre la viscosidad en un sistema estabilizado con la goma xantana dependerá de: La concentración del polímero, ph, etc.
 - La estructura original de la goma imparte excelente estabilidad de la viscosidad en presencia de muchos ácidos y bases, dicha estabilidad se incrementa con altas concentraciones del polímero.
 - La goma xantana no es un material riesgozo y puede ser usado sin correr ningún peligro y es biodegradable.
 - La goma xantana es compatible con más aditivos usados en fluidos base agua. Consecuentemente se puede usar para obtener una reología óptima en una gran variedad de fluidos de perforación o control.
 - Al utilizar un fluido de control a base de bentonita y barita, se forma un enjarre que no es fácil removerlo, en cambio si se utiliza la goma xantana como viscosificante entonces se forma un enjarre que por ser biodegradable es fácil removerlo.
 - Reduce por su tamaño de partícula la permeabilidad del enjarre y por consiguiente el filtrado.
 - Inhibe la floculación de las arcillas en presencia del agua salada.
 - Tiene un comportamiento típicamente coloidal.

El polímero goma xantana es un material hidrofílico que es causa del mayor problema encontrado en su uso, puesto que por su afinidad por el agua es necesario adicionarle lentamente para evitar la formación de terrones que no es otra cosa que el hinchamiento de las capas exteriores del polímero por lo que las interiores casi no se hinchan.

Se recomienda adicionar un saco de polímero (25 kg) cada 30 min. Esto si el equipo mezclador esta trabajando apropiadamente, esto permite que cada partícula se humedezca independientemente. Cuando el equipo no trabaja adecuadamente, es necesario utilizar alguna técnica para hidratar apropiadamente el polímero. Una técnica consiste en agregar un polímero dispersante, otro método consiste en ligar al polímero alguna sustancia solvente como por ejemplo el diesel, aceite, kerosena, etc.

CAPITULO II. FUNCIONES Y PROPIEDADES DE UN FLUIDO DE CONTROL.

II.1. Las principales funciones de un fluido de control en terminación y reparación a pozos son:

1. Mantener controlada la presión de formación:

El agua, aceite o gas contenidos en el yacimiento ejercen una presión de formación.

Para facilitar las operaciones de terminación y reparación es necesario contrarrestar esta presión de formación y tenerla en un punto de equilibrio ejerciendo una presión contraria mediante el fluido de control, a esta presión se le llama presión hidrostática, la cual es directamente proporcional a la densidad del fluido y la altura de la columna que la contiene.

2. Evitar o minimizar el daño a la formación:

El fluido de control debe contener agentes dispersantes que faciliten su fluidez y reduzcan la resistencia del mismo fluido al estar en reposo (estructura tipo gel), con lo cual el equilibrio entre la presión hidrostática y la presión de formación no se altere al ser introducida la sarta de trabajo, lo cual permite evitar o minimizar el daño a la formación por invasión de fluidos o sólidos hacia los intervalos productivos.

3. Acarreo de recortes a la superficie:

Es necesario que el fluido tenga una viscosidad adecuada para soportar y acarrear los recortes, chatarra o herramientas que hayan caído al pozo, sin descuidar la densidad y el gasto óptimo de la bomba de lodos.

4. Suspensión de recortes al detenerse la circulación:

El fluido de control deberá formar una estructura gelatinosa al estar en reposo para evitar que los recortes o chatarra se precipiten hacia el fondo, manteniéndolos en reposo, y que al reiniciarse la circulación el fluido recobre su fluidez, a este fenómeno se le denomina tixotropía:

Tixotropía.- Es la tendencia que tienen algunos fluidos de formar estructuras gelatinosas o semisólidas cuando están en reposo y que al ser sometidas a un esfuerzo vuelven a su estado original.

5. Soporte del peso de la sarta de trabajo:

Esta función va inherente al mismo fluido, ya que cuando se introduce la sarta, esta recibe una fuerza igual al fluido desalojado, por lo que la sarta tiene un peso menor al ser introducido en el fluido.

6. Enfriamiento y lubricación de la herramienta de molienda y sarta de trabajo:

Al estar operando la sarta a la herramienta de molienda esta genera una gran cantidad de calor, por la fricción, este calor generado es disipado a la superficie por la circulación del fluido de control, además si se adicionan aceites combinados con emulsificantes en su preparación esto traerá una lubricación a esta herramienta.

Esta función nos proporciona:

- a) Prolongación de la eficiencia de la barrena o molino,
- b) Disminución de la presión y mejorar el acarreo,
- c) Una presión menor de bombeo,
- d) Menor desgaste por fricción en la sarta y en la tubería de revestimiento.

7. Formación de enjarre:

El fluido por su viscosidad o sólidos en suspensión a la que están sometidos forman una película o costra (enjarre) que ayuda a mantener consolidada la formación, evitar la invasión de fluido o sólidos hacia los intervalos reproductores.

Este enjarre debe ser de un espesor mínimo y sea fácil de remover para evitar el daño al yacimiento.

8. Promover un medio adecuado para efectuar operaciones de cable con la línea de acero y herramientas especiales.

Operaciones como: Registros de cable, disparos, desconexiones de tuberías, apertura o cierre de válvulas de circulación, toma de registros de presión de fondo, etc., son hechos de herramientas que se introducen al pozo utilizando cables y línea de acero.

Por lo tanto, es importante mantener la viscosidad y gelatinosidad del fluido en condiciones, para que la introducción y recuperación de las herramientas operadas con cable y línea de acero, no encuentren resistencia en el interior del pozo.

LAS PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS DE CONTROL SON:

A. Densidad (Protección a la productividad de la formación)

Es probablemente una de las propiedades más importantes, ya que gracias a su correcto manejo se logra el control de un pozo: manteniendo la presión hidrostática igual o ligeramente mayor que la presión de formación.

B. Viscosidad: (bajo contenido de sólidos dispersos)

Va a depender de la concentración, calidad y dispersión de los materiales viscosificantes suspendidos en él. Esta propiedad de los fluidos de control tendrá gran importancia para

el acarreo de recortes que mejorarán al aumentar la misma.

C. Gelatinosidad: (bajas propiedades tixotrópicas).

La magnitud y el tipo de resistencia de estas estructuras tipo gel que forma el fluido de control, son de importancia de terminante para lograr la suspensión de recortes y de material densificante, cuando el fluido se encuentra en reposo.

Si las geles no tienen suficiente resistencia, los recortes y el material densificante se precipitarían al fondo.

Para una resistencia excesiva de estas estructuras también puede causar peligrosas complicaciones como las siguientes:

a) Retención de aire o gas en el fluido:

Lo que afecta la densidad del fluido y provocar un desequilibrio entre la presión hidrostática y la presión de formación.

b) Necesidad de presiones excesivas al establecer circulación después de un viaje de la sarta de trabajo o molienda.

Lo que daña a la formación al causar una introducción de fluido hacia ella.

c) Reducción de velocidad de asentamiento de recortes en las

presas.

Lo que provoca que los recortes o chatarra no se separen del fluido y se depositen en las presas de asentamiento y sean recirculados al sistema.

d) Efecto de succión al sacar tubería.

Puede provocar descontrol del pozo.

e) Aumento de presión al introducir la sarta de trabajo o molienda.

Hay daño al yacimiento productor.

f) Dificultad para introducir al fondo del pozo, las herramientas que se manejan con cable y líneas de acero.

D. Potencial hidrógeno:

La acidez o alcalinidad de un fluido de control influye determinadamente en las propiedades de flujo, en las resistencias de gel, en el control de corrosión, en el rendimiento de las arcillas, en las pérdidas de filtración.

Los fluidos de control que se manejan en los pozos deben tender a ser alcalinos.

CAPITULO III. "EVALUACION A ESCALA LABORATORIO"

III.1. Elaboración de fluidos de control tradicionales y a base xantana.

El propósito de evaluar sistemas tradicionales con no-tradicionales fue para tener parámetros comparativos que difieran la eficiencia de la goma xantana en agua dulce y salmueras de (NaCl y CaCl₂).

Los sistemas tradicionales se elaboran a base de bentonita y los no tradicionales a base de goma xantana y ambos se densificaron a 1.20 gr/cc; 1.40 gr/cc y 1.80 gr/cc con barita y como alcalinizante se empleo sosa caústica para ambos casos.

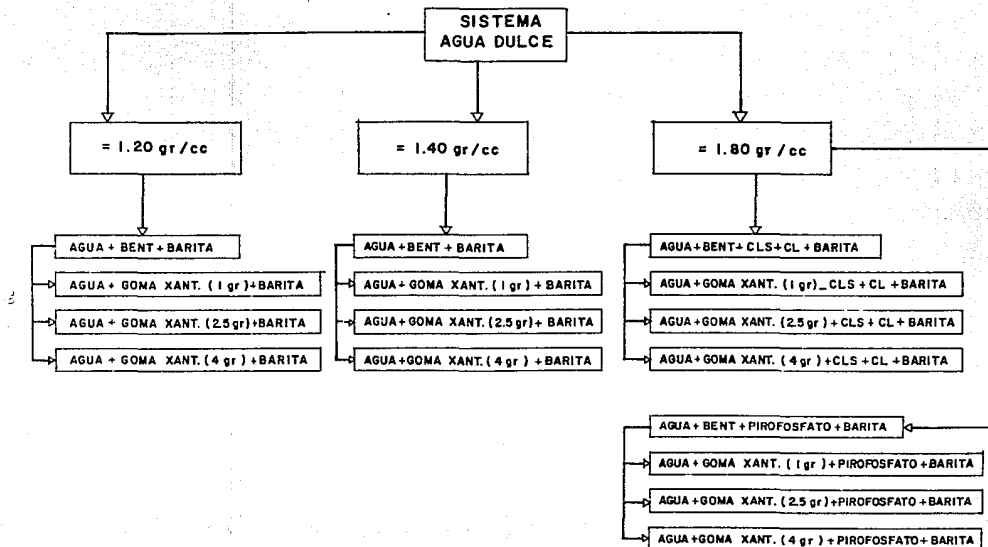
Para densidades de 1.80 gr/cc se adicionó dispersante en concentraciones de:

Cromolignosulfato	(8 gr)	para agua dulce y salmueras
Cromolignito	(4 gr)	para agua dulce y salmueras
Pirofosfato	(10 gr)	para agua dulce y salmueras

La bentonita se empleo al 6% en peso en relación al agua y la goma xantana al 0.15%, 0.25% y 0.4%.

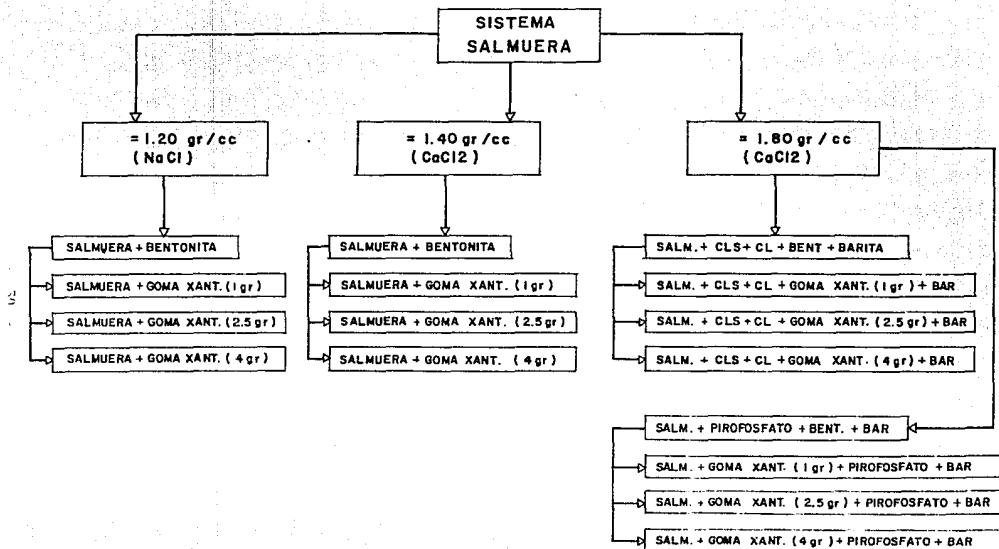
Las Tablas 3.1 y 3.2 muestran los diagramas de los sistemas elaborados en agua dulce y salmueras sin tratar y tratados con dispersantes.

TABLA 3.1 SISTEMA AGUA DULCE TRATADO Y NO TRATADO



NOTA: CONCENTRACIONES EN gr / lt.

TABLA 3.2 SISTEMA AGUA SALADA TRATADO Y NO TRATADO



NOTA: CONCENTRACIONES EN gr/ll.

Las pruebas físicas efectuadas para su evaluación fueron las siguientes:

Pruebas Físicas	Equipo Requerido
1. Viscosidad Marsh	Embudo marsh
2. Reología a 60' f y 120' f	Viscosímetro fann 35 V-G
3. Filtrado	Filtrado prensa de baja presión y temperatura.
4. Contenido de sólidos	Retorta
5. Contenido de arena	Eleutiómetro

El control de las propiedades de ciertos materiales fue básico para su integración en los sistemas a evaluar, la Tabla 3.3 muestra estos materiales.

Los siguientes materiales nos permiten obtener salmueras de diferentes densidades:

CLORURO	DENSIDAD QUE PROPORCIONA
Agua de mar	1.03 gr/cc
Cloruro de potasio (KCL)	1.16 gr/cc
Cloruro de sodio (NaCL)	1.20 gr/cc
Bromuro de calcio/Cloruro de calcio CaCl ₂ /CaBr ₂)	1.80 gr/cc
Bromuro de zinc/Bromuro de calcio CaBr ₂ /ZnBr ₂)	2.30 gr/cc

TABLA 3.3 ANALISIS DE LABORATORIO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

MATERIAL	DENSIDAD	COMPOSICION
AGUA DULCE Viscosidad Marsh - 26 seg.	1.0 gr/cc	PH - 7 Salinidad (Cloruros) 220 ppm Alcalinidad 0.1 ml Carbonatos 122 ppm
BARITA	4.21 gr/cc	
BENTONITA	2.173 gr/cc	
CLORURO DE SODIO (NaCl)	2.308 gr/cc	
CLORURO DE CALCIO (CaCl ₂)	2.16 gr/cc	

III.2. Recomendaciones de uso del equipo utilizado

Para obtener mejores resultados del equipo empleado, se dan una serie de pasos para su manejo:

1. Matraz Lechatelier. (Ver diagrama descriptivo).

Proporcionan un método rápido y exacto, para determinar la densidad de los materiales sólidos que compongan un fluido de control.

- a. Introduzca en la estufa por 15 min. a una temperatura de 150°C el material a utilizar (barita, bentonita, sal, etc.), para eliminar la humedad que pudiera contener.
- b. Inmediatamente se coloca en el desecador por 25 min. el material.
- c. Se afora a cero el matraz con diesel.
- d. Se agrega poco a poco el material desecado, dando ligeros golpes a la base del matraz para evitar que el material forme un tapón en el cuello del matraz.
- e. Después se coloca en baño maría hasta estabilizarse la lectura.

2. Balanza de Lodos

Es el equipo más utilizado en los equipos petroleros por

su fácil manejo y su exactitud para determinar el peso específico del lodo, diesel y salmueras.

- a. Colocar la balanza de lodos en una superficie lisa y nivelada.
- b. Llenar completamente la copa, cuidando que no queden burbujas atrapadas en el fluido.
- c. Colocar la tapa, manteniendo tapado el agujero de la misma con el dedo pulgar y limpiando el exceso exterior de la copa y colocar la balanza sobre su base.
- d. Mover la pesa deslizante hasta que la burbuja del nivel se encuentre nivelada y entonces leer su lectura.

3. Embudo Marsh.

El embudo marsh es un instrumento de tipo estático y la variable a medir es el grado de fluidez en una forma cualitativa y cuantitativa en función del tiempo. Podemos definir a la viscosidad marsh como el tiempo en segundos que tarda en salir un litro de fluido en un embudo de 152 mm de diámetro en la parte superior y 304.8 mm de altura. La mitad de la abertura superior está cubierta con un cedazo de malla 10. El orificio inferior tiene 4.75 mm de diámetro y 50.8 mm. de longitud la capacidad del embudo es de 1500 cc.

Los valores obtenidos con el embudo marsh están influenciados por los principios físicos de velocidad y fuerza de gelatinosidad y también por la densidad del fluido.

- a. Sostenga el embudo en posición vertical con el dedo índice tapando el orificio de descarga.
- b. Vacie a través del cedazo de muestra de fluido, llenando hasta la marca en la parte inferior del cedazo.
- c. Inmediatamente quite el dedo índice del tubo de descarga y con el cronómetro mida los segundos que tarda en salir del embudo un litro de fluido.

4. Viscosímetro Fann 35 V-G.

El principio en el que se basa es el esfuerzo cortante y es determinado como función de una velocidad de corte. La medida básica es el esfuerzo cortante necesario para hacer girar un motor sumergido en el fluido que se prueba, el cual está contenido en un vaso estacionario.

Las lecturas del valor del esfuerzo cortante se hacen directamente en una escala. Las lecturas del esfuerzo cortante obtenidas a 300 y 600 rpm forman una recta cuya pendiente es el valor de la viscosidad plástica, la cual se puede definir también como el valor del incremento del esfuer

zo de corte que produce un aumento unitario en la velocidad de corte. También se puede obtener la fuerza de gelatinosidad que es el valor del esfuerzo de corte necesario para iniciar una velocidad de corte en fluido es una propiedad de los fluidos tixotrópicos, las medidas se reportan generalmente como fuerzas de gelatinosidad inicial o a 10 seg. y fuerza de gelatinosidad de los fluidos plásticos, que es la velocidad con que se forma un gel en un líquido tixotrópico al quedar en reposo.

- a. Cerciorarse que el voltaje disponible sea el correcto para el equipo.
- b. Vaciar una muestra del fluido analizar en el vaso (previamente pasado por una malla No. 10 si es necesario, cuando contiene materiales obturantes), coloque el vaso en su soporte y levántelo hasta que el rotor quede sumergido en el fluido hasta la marca grabada en dicho rotor.
- c. Conecte el viscosímetro y posecionelo en su máxima velocidad durante 10 seg. aproximadamente para romper la gelatinización, una vez estabilizada la lectura anote su valor y cambie a la siguiente velocidad y repita lo anterior.
- d. Para el gel inicial posecionar en la velocidad de 600 rpm por 15 seg., apagarlo y dejarlo reposar por 15

seg. al mismo tiempo cambie a la velocidad de 3 rpm pasados los 15 seg. encienda el viscosímetro y tome la máxima deflexión de la escala como el valor del gel inicial.

- e. Cambie en seguida la velocidad a 600 rpm y mantengalo así por 15 seg. apague el viscosímetro durante 10 min. y cambie a la velocidad de 3 rpm, pasados los 10 min. encienda el viscosímetro y tome la máxima deflexión de la escala, que será el valor del gel final.

5. Filtro prensa de baja presión y temperatura.

Consiste en determinar la cantidad de líquido que se extrae de una muestra de fluido por medio de un filtro prensa de área filtrante específica, a una presión aproximada de 100 lb/pg^2 y durante un intervalo aproximado de 30 min. el espesor de los sólidos retenidos por el papel filtro empleado en la prueba se denomina enjarre del fluido en cuestión y se reporta en mm, el valor del filtrado y el espesor del enjarre dependen de la concentración y naturaleza de los sólidos dispersos del fluido, especialmente los de dimensiones coloidales, de la concentración y características de los líquidos emulsionados en el fluido, de la presencia de ciertos reactivos, tales como el almidón, CNC, quebracho, etc.

- a. Ensamblese la celda receptora, colocando el empaque,

cedazo, papel filtro y base de celda.

- b. Llene con fluido hasta [] de pg. del borde superior de la celda (aproximadamente 250 ml) e intégrese todo el conjunto al soporte.
- c. Coloque una probeta graduada debajo del tubo de descarga de la celda para recibir el filtrado, cierre la válvula de purga y ajuste el regulador de presión a 100 lb/pg^2 por 30 min.
- d. Pasados los 30 min. mida el enjarre dejado y el filtrado obtenidos, cuidando antes de cerrar el nitrógeno y abrir la válvula de purga y lavar un poco el enjarre dejado.

6. Eleutiómetro.

El contenido de arena se determina por lavado, asentamiento y separación de partículas sólidas por medio de una malla que retiene únicamente por su tamaño las partículas de arena. El volumen de arena se mide y se expresa en porcentaje.

- a. Vacíe la muestra de lodo en el eleutiómetro hasta su aforo indicado y terminelo de llenar con agua hasta su aforo indicado.
- b. Con el dedo pulgar tapando la parte superior del eleu

tiómetro agítelo hasta que se haya mezclado el agua con la muestra y vacíe por el embudo.

- c. Dele vuelta al embudo y coloque su parte inferior dentro del eleutiómetro agítelo hasta que se haya mezclado el agua con la muestra, vacíe el embudo.
- d. Repita cuantas veces el procedimiento hasta obtener pura agua cristalina durante la agitación.
- e. Deje en reposo y mida el contenido de arena en la escala del eleutiómetro.

7. Retorta

Las propiedades de un fluido como la densidad, fuerza de galatinosidad y filtración son dependientes en grado considerable del contenido de sólidos. El conocimiento del volumen de sólidos en el fluido, puede dar una explicación de ciertas propiedades indeseables e indicar el tratamiento que se deba seguir.

- a. Coloque una cantidad de fluido en la retorta, generalmente el depósito de fluido de las retortas tienen la forma de un picnómetro y retiene un volumen de fluido exactamente igual en todas las determinaciones. Si es necesario pase antes la muestra del fluido por un cedazo de malla No. 10; empaque la parte superior de la retorta con fibra de acero fina.

- b. Arme la retorta y colóquela en su soporte aislador, ponga una probeta graduada en la descarga del condensador (el tamaño de la retorta es especial para cada marca de retorta). Agregue una gota de agente humectante a la probeta.
- c. Conecte la corriente a la resistencia eléctrica hasta que termine la destilación y proceda a tomar la lectura del fluido recolectado en la probeta y reporte el contenido de agua y sólidos en porcentaje.

III.3. Procedimiento de integración de los sistemas.

III.3.1. Fluido tradicional sin tratar:

Componentes	Proporciones	Densidad
- Agua	1 lt	
- Bentonita	60 (gr /6%)	1.20 gr/cc
- Barita	549.85 gr	1.40 gr/cc

Procedimiento de preparación:

- Poner en un vaso metálico el agua
- Agregar lentamente la bentonita, cuidando no se formen grumos.
- Adicionar la barita sin quitar la agitación hasta obtener la densidad deseada.

NOTA: Concentraciones en gr/lt.

III.3.2.- Fluido no-tradicional sin tratar:

Componente	Proporciones	Densidad
- agua	1 lt	
- goma xantana	1 gr (0.15%) 2.5 gr (0.25%) 4 gr (0.4 %)	1.20 y 1.40 gr/cc
- barita	234 gr. 550 gr.	1.20 gr/cc 1.40 gr/cc

Procedimiento de preparación

- poner en el vaso metálico el agua
- agregar muy lentamente la goma xantana, cuidando de no formar grumos por su alta afinidad con el agua, manteniendo una agitación constante. El ritmo de adición de la goma xantana debe ser mucho más lenta que la de la bentonita.
- adicionar la barita sin dejar de agitar hasta obtener la densidad deseada.

III.3.3. Fluido tradicional tratado:

Componentes	Proporciones	Densidad
- agua	1 lt	
- bentonita	60 gr (6 %)	
- Cls	8 gr	
- Cl	4 gr	
- sosa caústica	1.2 ml	

Componentes	Proporciones	Densidad
- pirofosfato (*)	10 gr	
- barita	1330 gr.	1.80 gr/cc

Procedimiento de preparación:

- Poner en el vaso metálico el agua
- Agregar la bentonita lentamente, manteniendo la agitación y agregar el Cls, Cl en las cantidades necesarias.
- Adicionar la sosa para ajustar el PH si fuera necesario
- (*) agregar la bentonita lentamente, manteniendo la agitación y el pirofosfato en la cantidad necesaria y la sosa cáustica en caso necesario de subir el PH.
- Adicionar la barita hasta la densidad necesaria sin la agitación.

III.3.4. Fluido no-tradicional tratado:

Componentes	Proporciones	Densidad
- agua	1 lt	
- goma xantana	1 gr (0.15%) 2.5 gr (0.25%) 4 gr (0.4%)	1.80 gr/cc
- sosa cáustica	1 ml	
- Cls	18 gr	
CL	4 gr	
- Pirofosfato (*)	10 gr	
- barita	1330 gr.	1.80 gr/cc

Procedimiento de integración:

- Poner el agua en el vaso metálico
- agregar las cantidades de goma xantana a utilizar
- adicionar la sosa caústica para ajustar el PH
- adicionar el Cl y Cis en las cantidades necesarias sin dejar de agitar.
- (*) Adicionar el pirofosfato en la cantidad necesaria sin dejar de agitar.
- adicionar la barita en la cantidad necesaria para obtener la densidad necesaria sin dejar de agitar.

III.3.5. Salmuera/bentonita sin tratar:

Componentes	Proporciones	Densidad
- agua	1 lt	
- cloruro de sodio	348 gr	1.20 gr/cc
- cloruro de calcio	1043 gr	1.40 gr/cc
- bentonita	60 gr	

Procedimiento de integración:

- poner el agua en el vaso metálico
- agregar el cloruro de sodio necesario (para 1.20 gr/cc) o el cloruro de calcio (si es para 1.40 gr/cc) sin dejar de agitar.
- adicionar previamente hidratada la bentonita, sin dejar de agitar, ya sea para 1.20 ó 1.40 gr/cc.

III.3.6. Salmuera/goma xantana sin tratar:

Componentes	Proporciones	Densidad
- agua	1 lt	
- cloruro de sodio	348 gr	1.20 gr/cc
- cloruro de calcio	1043 gr	1.40 gr/cc
- goma xantana	1 gr	
	2.5 gr	1.20 y 1.40 gr/cc
	4 gr	

Procedimiento de integración:

- Poner el agua en el vaso metálico
- agregar el cloruro de sodio o el cloruro de calcio para la densidad que se requiera sin dejar de agitar.
- agregar las cantidades de goma xantana que se requieran sin dejar de agitar y de una manera lenta.

III.3.7.- Salmuera/bentonita tratada:

Componentes	Proporciones	Densidades
- agua	1 lt	
- cloruro de calcio	1043 gr	1.40 gr/cc
- barita	699 gr	1.80 gr/cc
- Cls	8 gr	
- Cl	4 gr	
- pirofosfato (*)	10 gr	

Componentes	Proporciones	Densidades
-------------	--------------	------------

- | | | |
|-----------------|-------|--|
| - sosa cáustica | | |
| - bentonita | 60 gr | |

Procedimiento de integración:

- Poner el agua en el vaso metálico
- adicionar el cloruro de calcio para obtener la salmuera de 1.40 gr/cc sin dejar de agitar, la adición debe ser lenta.
- adicionar la barita para obtener la densidad de 1.80 gr/cc sin dejar de agitar.
- agregar el Cls y el Cl en las cantidades necesarias y agregar la sosa cáustica para ajustar el PH.
- (*) adicionar el pirofosfato en la cantidad necesaria y agregar sosa cáustica para ajustar el PH.
- Adicionar la bentonita previamente hidratada en forma lenta y sin dejar de agitar.

III.3.8. Salmuera/goma xantana tratada:

Componentes	Proporciones	Densidad
- agua	1 lt	
- cloruro de calcio	1043 gr	1.40 gr/cc
- goma xantana	1 gr 2.5 gr 4 gr	1.80 gr/cc
- barita	699 gr	1.80 gr/cc
ClS	8 gr	

Componentes	Proporciones	Densidad
- Cl	4 gr	
- (*) pirofosfato	10 gr	
- sosa caústica		

Procedimiento de integración:

- Poner el agua en el vaso metálico
- adicionar el cloruro de calcio para obtener una salmuera de 1.40.
- adicionar las cantidades de goma xantana que se requieran en forma lenta y sin dejar de agitar.
- adicionar la cantidad de barita necesaria para obtener una densidad de 1.80 gr/cc en forma lenta y sin dejar de agitar.
- adicionar las cantidades necesarias de Cls y Cl y agregar sosa caústica para ajustar el Ph al requerido.
- (*) adicionar la cantidad necesaria de pirofosfato y sosa caústica para ajustar el PH al requerido.

Cabe señalar que para determinar la cantidad de material densificante fue necesario utilizar las siguientes ecuaciones:

Para aumentar densidad:

$$W_a = \frac{V_f (f - o)}{1 - \frac{f}{b_a}} \quad \dots (1)$$

donde:

- V_f = volumen final del fluido, (cm³)
 ρ_o = densidad original del fluido, (gr/cm³)
 ρ_f = densidad final del fluido, (gr/cm³)
 ρ_a = densidad del material utilizado, (gr/cm³)
 W_a = peso del material por agregar (gr)

Para disminuir densidad:

$$V_{H2O} = \frac{V_i(\rho_i - \rho_f)}{(\rho_f - 1)} \quad \dots (2)$$

donde:

- V_i = volumen original de lodo (cm³)
 ρ_i = densidad inicial del lodo (gr/cm³)
 ρ_f = densidad final del lodo (gr/cm³)
 V_{H2O} = volumen de agua por adicional (cm³)

III.4. Resultados de las pruebas efectuadas:

Los resultados que se obtuvieron son mostrados a continuación en las Tablas siguientes:

	FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR		
Densidad	1.20 gr/cc		1.20 gr/cc		Densidad
Bentonita	6%		0.15%		Goma Xantana
Barita	234 gr		234 gr		Barita
PH	8		8		PH
Viscosidad Marsh	28.83 seg.		32.17 seg.		Viscosidad Marsh
Enjarre	6 mm		6.5 mm		Enjarre
Filtrado	50 ml		35 ml		Filtrado
% Arena	0.6		0.5		% Arena
Retorta (% Agua)	90		96		Retorta (% Agua)
Retorta (% Sólidos)	10		4		Retorta (% Sólidos)
60°F	120°F				60°F
Viscosidad Plástica	6.5	4	4	3	Viscosidad Plástica
60°F	120°F				60°F
Viscosidad Aparente	9.25	6.5	7	4.25	Viscosidad Aparente
60°F	120°F				60°F
Punto de Cedencia	5.5	5	6	2.5	Punto de Cedencia
Gel inicial	4	4	1.5	1.5	Gel inicial
Gel final	4	5	2	5	Gel final

	FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR		
Densidad	1.20 gr/cc		1.20 gr/cc		Densidad
Bentonita	6 %		0.25%		Goma Xantana
Barita	234 gr		234 gr		Barita
PH	8		8		PH
Viscosidad Marsh	28.83 seg		38 seg		Viscosidad Marsh
Enjarre	6 mm		1 mm		Enjarre
Filtrado	50 ml		15.5		Filtrado
% Arena	0.6		0.25		% Arena
Retorta (% Agua)	90		92.5		Retorta (% Agua)
Retorta (% Sólidos)	10		7.5		Retorta (% Sólidos)
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad plástica	6.5	4	9	5.5	Viscosidad plástica
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad aparente	9.25	6.5	15.5	11.25	Viscosidad aparente
60°F	120°F		60°F		120°F
Punto de Cedencia	5.5	5	13	11.5	Punto de Cedencia
Gel inicial	4	4	3.5	3.5	Gel inicial
Gel final	4	5	5	4	Gel final

	FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR		
Densidad	1.20 gr/cc		1.20 gr/cc		Densidad
Bentonita	6 %		0.4 %		Goma Xantana
Barita	234 gr		234 gr		Barita
PH	8		8.5		PH
Viscosidad Marsh	28.83 seg		46 seg		Viscosidad Marsh
Enjarre	6 mm		1 mm		Enjarre
Filtrado	50 ml		17 ml		Filtrado
% Arena	0.6		0.25		% Arena
Retorta (% Agua)	90		88		Retorta (% Agua)
Retorta (% Sólidos)	10		12		Retorta (% Sólidos)
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad plástica	6.5	4	7	6.5	Viscosidad plástica
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad aparente	9.25	6.5	16.5	14.5	Viscosidad aparente
60°F	120°F		60°F		120°F
Punto de cedencia	5.5	5	19	16	Punto de cedencia
Gel inicial	4	4	10.5	8	Gel inicial
Gel final	4	5	9	9	Gel final

	FLUIDO TRADICIONAL NO. TRATADO		FLUIDO TRADICIONAL NO. TRATADO		
Densidad	1.40 gr/cc		1.40 gr/cc		Densidad
Bentonita	6%		0.15%		Gona Xantana
Barita	550 gr		550 gr		Barita
PH	8		8		PH
Viscosidad Marsh	37 seg		32 seg		Viscosidad Marsh
Enjarre	4 mm		7 mm		Enjarre
Filtrado	32.5 ml		41 ml		Filtrado
% Arena	0.6		0.5		% Arena
Retorta (% Agua)	80		85		Retorta (% Agua)
Retorta (% Sólidos)	20		15		Retorta (% Sólidos)
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad plástica	10	7	11	5	Viscosidad plástica
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad aparente	12	9	12.5	7	Viscosidad aparente
60°F	120°F		60°F		120°F
Punto de cedencia	4	4	3	4	Punto de cedencia
Gel inicial	3.5	6.5	1	1.5	Gel inicial
Gel final	6.5	6	1.5	3.5	Gel final

	FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR		
Densidad	1.40 gr/cc		1.40 gr/cc		Densidad
Bentonita	6 %		0.25 %		Goma Xantana
Barita	550 gr		550 gr		Barita
PH	8		9		PH
Viscosidad Marsh	37 seg		40 seg		Viscosidad Marsh
Enjarre	4 mm		1.5 mm		Enjarre
Filtrado	32.5 ml		19 ml		Filtrado
% Arena	0.6		1		% Arena
Retorta (% Agua)	80		85		Retorta (% Agua)
Retorta (% Sólidos)	20		15		Retorta (% Sólidos)
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad plástica	10	7	12	7	Viscosidad plástica
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad aparente	12	9	19	14.5	Viscosidad aparente
60°F	120°F		60°F		120°F
Punto de Cedencia	4	4	14	15	Punto de Cedencia
Gel inicial	3.5	6.5	4.5	3.5	Gel inicial
Gel final	6.5	6	5.5	3	Gel final

	FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR PH-		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR PH-		
Densidad	1.40 gr/cc		1.40 gr/cc		Densidad
Bentonita	6%		0.4%		Goma Xantana
Barita	550 gr		550 gr		Barita
PH	8		8		PH
Viscosidad Marsh	37 seg		46 seg		Viscosidad Marsh
Enjarre	4 mm		1.5 mm		Enjarre
Filtrado	32.5 ml		12 ml		Filtrado
% Arena	0.6		0.45		% Arena
Retorta (% agua)	80		90		Retorta (% Agua)
Retorta (% Sólidos)	20		10		Retorta (% Sólidos)
60°F 120°F	10	7	11	8.5	60°F 120°F
Viscosidad plástica					Viscosidad plástica
60°F 120°F	12	9	23.5	16.75	60°F 120°F
Viscosidad aparente					Viscosidad aparente
60°F 120°F	4	4	25	16.5	60°F 120°F
Punto de cedencia					Punto de cedencia
Gel inicial	3.5	6.5	8.5	6	Gel inicial
Gel final	6.5	6	11	7	Gel final

CLS 8gr CL 4 gr		FLUIDO TRADICIONAL TRATADO		FLUIDO NO-TRADICIONAL TRATADO		CLS 8gr CL 4 gr			
Densidad		1.80 gr/cc		1.80 gr/cc		Densidad			
Bentonita		6%		0.15 %		Goma Xantana			
Barita		1330 gr		1330 gr		Barita			
PH		9		9		PH			
Viscosidad Marsh		39 seg		36 seg		Viscosidad Marsh			
Enjarre		2 mm		4 mm		Enjarre			
Filtrado		12 ml		21 ml		Filtrado			
% Arena		2		1		% Arena			
Retorta (% Agua)		75		75		Retorta (% Agua)			
Retorta (% Sólidos)		25		25		Retorta (% Sólidos)			
60°F		120°F		60°F		120°F			
Viscosidad plástica		16		13.5		19		11	
60°F		120°F		60°F		120°F			
Viscosidad aparente		16.5		12.75		20.5		13.5	
60°F		120°F		60°F		120°F			
Punto de cedencia		1		- 1.5		3		5	
Gel inicial		2		1.5		2		0.5	
Gel final		2		1.5		1.5		0.5	

CLS 8gr CL 4gr		FLUIDO TRADICIONAL TRATADO		FLUIDO NO-TRADICIONAL TRATADO		CLS 3 gr CL 4 gr	
Densidad		1.80 gr/cc		1.80 gr/cc		Densidad	
Bentonita		6 %		0.25 %		Goma Xantana	
Barita		1330 gr		1330 gr		Barita	
PH		9		9		PH	
Viscosidad Marsh		39 seg		42 seg		Viscosidad Marsh	
Enjarre		2 mm		2.5 mm		Enjarre	
Filtrado		12 ml		18 ml		Filtrado	
% Arena		2		2.5		% Arena	
Retorta (% Agua)		75		80		Retorta (% Agua)	
Retorta (% Sólidos)		25		20		Retorta (% Sólidos)	
60°F	120°F	16	13.5	24.5	16	60°F	120°F
Viscosidad plástica						Viscosidad plástica	
60°F	120°F	16.5	12.75	37.5	25.5	60°F	120°F
Viscosidad aparente						Viscosidad aparente	
60°F	120°F	1	-1.5	26	19	60°F	120°F
Punto de cedencia						Punto de cedencia	
Gel inicial		2	1.5	6	4.5	Gel inicial	
Gel final		2	1.5	7	5	Gel final	

CLS 8 gr. CL 4 gr.		FLUIDO TRADICIONAL TRATADO		FLUIDO NO-TRADICIONAL TRATADO		CLS 8 gr. CL 4 gr.	
Densidad		1.80 gr/cc		1.80 gr/cc		Densidad	
Bentonita		6 %		0.4 %		Goma Xantana	
Barita		1330 gr		1330 gr		Barita	
PH		9		9		PH	
Viscosidad Marsh		39 seg		50 seg		Viscosidad Marsh	
Enjarre		2 mm		2 mm		Enjarre	
Filtrado		12 ml		12.5 ml		Filtrado	
% Arena		2		2.5		% Arena	
Retorta (% Agua)		75		70		Retorta (% Agua)	
Retorta (% Sólido)		25		30		Retorta (% Sólidos)	
60°F	120°F	16	13.5	21	18	60°F	120°F
Viscosidad plástica						Viscosidad plástica	
60°F	120°F	16.5	12.75	41.5	34	60°F	120°F
Viscosidad aparente						Viscosidad aparente	
60°F	120°F	1	- 1.5	41	32	60°F	120°F
Punto de cedencia						Punto de cedencia	
Gel inicial		2	1.5	10	8.5	Gel inicial	
Gel final		2	1.5	14	11	Gel final	

Pirofosfato 10 gr	FLUIDO TRADICIONAL TRATADO		FLUIDO NO-TRADICIONAL TRATADO		Pirofosfato 10 gr
Densidad	1.80 gr/cc		1.80 gr/cc		Densidad
Bentonita	6 %		0.25 %		Goma Xantana
Barita	1330 gr		1330 gr		Barita
PH	9		9		PH
Viscosidad Marsh	40 seg		42 seg		Viscosidad Marsh
Enjarre	5 mm		3 mm		Enjarre
Filtrado	22.5 ml		23 ml		Filtrado
% Arena	2		0.75		% Arena
Retorta (% Agua)	25		75		Retorta (% Agua)
Retorta (% Sólidos)	75		25		Retorta (% Sólidos)
60°F	120°F				60°F
Viscosidad plástica	27	16	20	11	Viscosidad plástica
60°F	120°F				60°F
Viscosidad aparente	24	15.5	32	20	Viscosidad aparente
60°F	120°F				60°F
Punto de cedencia	-6	-1	24	18	Punto de cedencia
Gel inicial	3	3	5.5	3	Gel inicial
Gel final	12	9	7	8	Gel final

PIROFOSFATO 10 gr.	FLUIDO TRADICIONAL TRATADO		FLUIDO NO TRADICIONAL TRATADO		PIROFOSFATO 10 gr.
Densidad	1.80		1.80		Densidad
Bentonita	6%		0.4%		Goma Xantana
Barita	1330 gr		1330 gr		Barita
PH	9		9		PH
Viscosidad Marsh	40 seg.		56.5 seg.		Viscosidad Marsh
Enjarre	5 mm		2.5 mm		Enjarre
Filtrado	22.5 ml		18.5 ml		Filtrado
% Arena	2		1		% Arena
Retorta (% agua)	25		80		Retorta (% agua)
Retorta (% sólidos)	75		20		Retorta (% sólidos)
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad plástica	27	16	22	17	Viscosidad plástica
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad aparente	24	15.5	38	31	Viscosidad aparente
60°F	120°F		60°F		120°F
Punto de cedencia	-6	-1	32	28	Punto de cedencia
Gel inicial	3	3	10	8	Gel inicial
Gel final	12	9	14	9	Gel final

	SALMUERA / BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA/GOMA XANTANA SIN TRATAR		
Densidad	1.20 gr/cc		1.20 gr/cc		Densidad
Bentonita	6 %		0.15%		Goma Xantana
Cloruro de Sodio	348 gr		348 gr		Cloruro de Sodio
PH	5		5		PH
Viscosidad Marsh	31 seg		31 seg		Viscosidad Marsh
Enjarre	6 mm		15 mm		Enjarre
Filtrado	110 ml		119 ml		Filtrado
% Arena	0.13 %		5 % aspecto coloidal		% Arena
Retorta (% Agua)	87.5		87		Retorta (% Agua)
Retorta (% Sólidos)	12.5		13		Retorta (% Sólidos)
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad plástica	3	1.5	3	1.5	Viscosidad plástica
60°F	120°F		60°F		120°F
Viscosidad aparente	3.25	1.75	3.5	2.25	Viscosidad aparente
60°F	120°F		60°F		120°F
Punto de cedencia	0.5	0.5	1	1.5	Punto de cedencia
Gel inicial	0.7	0.6	1.5	1	Gel inicial
Gel final	0.5	0.5	1	0.5	Gel final

		SALMUERA-BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA-GOMA XANTANA SIN TRATAR			
Densidad		1.20 gr/cc		1.20 gr/cc		Densidad	
Bentonita		6 %		0.25 %		Goma Xantana	
Cloruro de Sodio		348 gr		348 gr		Cloruro de Sodio	
PH		5		5		PH	
Viscosidad Marsh		31 seg		31 seg		Viscosidad Marsh	
Enjarre		6 mm		1 mm ligera película		Enjarre	
Filtrado		110 ml		100 ml		Filtrado	
% Arena		0.13 %		Coloidal		% Arena	
Retorta (% Agua)		87.5		90		Retorta (% Agua)	
Retorta (% Sólidos)		12.5		10		Retorta (% Sólidos)	
60°F	120°F	3	1.5	2	1.5	60°F	120°F
Viscosidad plástica						Viscosidad plástica	
60°F	120°F	3.25	1.75	3	2	60°F	120°F
Viscosidad aparente						Viscosidad aparente	
60°F	120°F	0.5	0.5	2	1	60°F	120°F
Punto de cedencia						Punto de cedencia	
Gel inicial		0.7	0.6	1	1	Gel inicial	
Gel final		0.5	0.5	1	.1	Gel final	

	SALMUERA-BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA-GOMA XANTANA SIN TRATAR			
Densidad	1.20 gr/cc		1.20 gr/cc		Densidad	
Bentonita	6%		0.4 %		Goma Xantana	
Cloruro de Sodio	348 gr		348 gr		Cloruro de Sodio	
PH	5		6		PH	
Viscosidad Marsh	31 seg		32 seg		Viscosidad Marsh	
Enjarre	6 mm		1.5 mm (película)		Enjarre	
Filtrado	110 ml		115 ml		Filtrado	
% Arena	0.13 %		Precipitación coloidal		% Arena	
Retorta (% Agua)	87.5		87		Retorta (% Agua)	
Retorta (% Sólidos)	12.5		13		Retorta (% Sólidos)	
60°F	120°F				60°F	120°F
Viscosidad plástica	3	1.5	3	1.5	Viscosidad plástica	
60°F	120°F				60°F	120°F
Viscosidad aparente	3.25	1.75	3.5	2.25	Viscosidad aparente	
60°F	120°F				60°F	120°F
Punto de cedencia	0.5	0.5	1	1.5	Punto de cedencia	
Gel inicial	0.7	0.6	1.5	1	Gel inicial	
Gel final	0.5	0.5	1	0.5	Gel final	

		SALMUERA-BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA-GOMA XANTANA SIN TRATAR			
Densidad		1.40 gr/cc		1.40 gr/cc		Densidad	
Bentonita		6 %		0.15		Goma Xantana	
Cloruro de calcio		1043 gr		1043 gr		Cloruro de calcio	
PH		8		9		PH	
Viscosidad Marsh		44 seg		48 seg		Viscosidad Marsh	
Enjarre		4 mm		6 mm		Enjarre	
Filtrado		200 ml		117 ml		Filtrado	
% Arena		0.5		0.25		% Arena	
Retorta (% Agua)		73.7		80		Retorta (% Agua)	
Retorta (% Sólidos)		26.3		20		Retorta (% Sólidos)	
60°F	120°F					60°F	120°F
Viscosidad plástica		13	7	19	10.5	Viscosidad plástica	
60°F	120°F					60°F	120°F
Viscosidad aparente		13	7.5	19.5	11.5	Viscosidad aparente	
60°F	120°F					60°F	120°F
Punto de cedencia		0	1	1	2	Punto de Cedencia	
Gel inicial		1	1	1	2	Gel inicial	
Gel final		1	1	1.5	2	Gel final	

	SALMUERA - BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA-GOMA XANTANA SIN TRATAR			
Densidad	1.40 gr/cc		1.40 gr/cc		Densidad	
Bentonita	6 %		0.25 %		Goma Xantana	
Cloruro de Calcio	1043 gr		1043 gr		Cloruro de Calcio	
PH	8		8.5		PH	
Viscosidad Marsh	44 seg		59 seg		Viscosidad Marsh	
Enjarre	4 mm		1 mm		Enjarre	
Filtrado	200 ml		154 ml		Filtrado	
% Arena	0.5		0.30		% Arena	
Retorta (% agua)	73.7		80		Retorta (% agua)	
Retorta (% sólidos)	26.3		20		Retorta (% sólidos)	
60°F	120°F				60°F	120°F
Viscosidad plástica	13	7	8.5	6	Viscosidad plástica	
60°F	120°F				60°F	120°F
Viscosidad aparente	13	7.5	9.25	5.5	Viscosidad aparente	
60°F	120°F				60°F	120°F
Punto de cedencia	0	1	1.5	-1	Punto de cedencia	
Gel inicial	1	1	1.5	0.5	Gel inicial	
Gel final	1	1	1	0.5	Gel final	

	SALMUERA - BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA-GOMA XANTANA SIN TRATAR			
Densidad	1.40 gr/cc		1.40 gr/cc		Densidad	
Bentonita	6%		0.4%		Goma Xantana	
Cloruro de calcio	1043 gr		1043 gr		Cloruro de calcio	
PH	8		8.5		PH	
Viscosidad Marsh	44 seg		41 seg		Viscosidad Marsh	
Enjarre	4 mm		5 mm		Enjarre	
Filtrado	200 ml		136 ml		Filtrado	
% Arena	0.5		0.3		% Arena	
Retorta (% agua)	73.7		80		Retorta (% agua)	
Retorta (% sólidos)	26.3		20		Retorta (% sólidos)	
60°F	120°F				60°F	120°F
Viscosidad plástica	13	7	8	5.5	Viscosidad plástica	
60°F	120°F				60°F	120°F
Viscosidad aparente	13	7.5	9	5	Viscosidad aparente	
60°F	120°F				60°F	120°F
Punto de cedencia	0	1	1	-2	Punto de cedencia	
Gel inicial	1	1	1	0.5	Gel inicial	
Gel final	1	1	1	0.5	Gel final	

CLS 8gr CL 4 gr.	SALMUERA-BENTONITA TRATADA PH-9		SALMUERA-GOMA XANTANA TRATADA PH-9		CLS 8 gr CL 4 gr.		
Densidad	1.80 gr/cc		1.80 gr/cc		Densidad		
Bentonita	6%		0.15%		Goma Xantana		
Cloruro de calcio	1043 gr		1043 gr		Cloruro de calcio		
Barita	699		699		Barita		
Viscosidad Marsh	44 seg.		40 seg.		Viscosidad Marsh		
Enjarre	8 mm		15 mm		Enjarre		
Filtrado	200 ml		275 ml		Filtrado		
% Arena	2		6		% Arena		
Retorta (% agua)	68.5		65		Retorta (% agua)		
Retorta (% sólidos)	31.5		35		Retorta (% sólidos)		
Viscosidad plástica	60°F	120°F	21	13	60°F	120°F	
	60°F	120°F			22	12.5	Viscosidad plástica
Viscosidad aparente	60°F	120°F	19	11.5	60°F	120°F	
	60°F	120°F			20.5	12.5	Viscosidad aparente
Punto de cedencia	-3		-4		Punto de cedencia	-3	
Gel inicial	0.5		1		Gel inicial	0.5	
Gel final	0.5		1		Gel final	0.5	

CLS 8gr CL 4 gr		SALMUERA-BENTONITA TRATADA PH-9		SALMUERA-GOMA XANTANA TRATADA PH-9		CLS 8gr CL 4gr	
Densidad		1.80 gr/cc		1.80 gr/cc		Densidad	
Bentonita		6%		0.25%		Goma Xantana	
Cloruro de calcio		1043 gr		1043 gr		Cloruro de calcio	
Barita		699		699		Barita	
Viscosidad Marsh		50 seg.		41 seg.		Viscosidad Marsh	
Enjarre		8 mm		1.7 mm		Enjarre	
Filtrado		200 ml		278 ml		Filtrado	
% Arena		2		2.2		% Arena	
Retorta (% agua)		68.5		70		Retorta (% agua)	
Retorta (% sólidos)		31.5		30		Retorta (% sólidos)	
60°F	120°F	22	12.5	20.5	11	60°F	120°F
Viscosidad plástica						Viscosidad plástica	
60°F	120°F	20.5	12.5	19	11	60°F	120°F
Viscosidad aparente						Viscosidad aparente	
60°F	120°F	-3	0	-3	0	60°F	120°F
Punto de cedencia						Punto de cedencia	
Gel inicial		0.5	0.5	1	1.5	Gel inicial	
Gel final		0.5	0.5	1	1.5	Gel final	

CLS 8 gr CL 4 gr		SALMUERA-BENTONITA TRATADA PH-9		SALMUERA-GOMA XANTANA TRATADA PH-9		CLS 8gr CL 4gr	
Densidad		1.80 gr/cc		1.80 gr/cc		Densidad	
Bentonita		6%		0.4%		Goma Xantana	
Cloruro de calcio		1043 gr		1043 gr		Cloruro de calcio	
Barita		699		699		Barita	
Viscosidad Marsh		50 seg		45 seg.		Viscosidad Marsh	
Enjarre		8 mm		1.6 cm.		Enjarre	
Filtrado		200 ml		365.3		Filtrado	
% Arena		2		1		% Arena	
Retorta (% agua)		68.5		70		Retorta (% agua)	
Retorta (% sólidos)		31.5		30		Retorta (% sólidos)	
60°F	120°F	22	12.5	19	24.5	60°F	120°F
Viscosidad plástica						Viscosidad plástica	
60°F	120°F	20.5	12.5	24.25	21	60°F	120°F
Viscosidad aparente						Viscosidad aparente	
60°F	120°F	-3	0	10.5	7	60°F	120°F
Punto de cedencia						Punto de cedencia	
Gel inicial		0.5	0.5	2	2.5	Gel inicial	
Gel final		0.5	0.5	2.5	3	Gel final	

CAPITULO IV

" ANALISIS DE RESULTADOS "

Es importante que para realizar un análisis de los resultados obtenidos en las tablas anteriores, se amplie el concepto de gelatinosidad, que es la propiedad que más se analizará, mediante gráficas.

La gelatinosidad o esfuerzo gel es la medida de las fuerzas de atracción en condiciones estáticas, son medidas después de 10 segundos y 10 minutos de reposo. Estas fuerzas de atracción difieren del valor del punto cedente, son dependientes del tiempo y se rompen después de que el flujo se ha iniciado, a la vez el rango de los esfuerzos gel está indirectamente relacionado al rango del valor del punto cedente, dado que las fuerzas de atracción entre las partículas, influyen ambas medidas.

Los esfuerzos gel son cualitativamente clasificados en forma progresiva, basados en un rango de esfuerzo de 10 segundos y 10 minutos y en la diferencia existente de estos valores en el tiempo transcurrido.

La Figura 4.1 es una gráfica que muestra el comportamiento de los esfuerzos gel observados en el campo. (a 10 segundos/10 minutos):

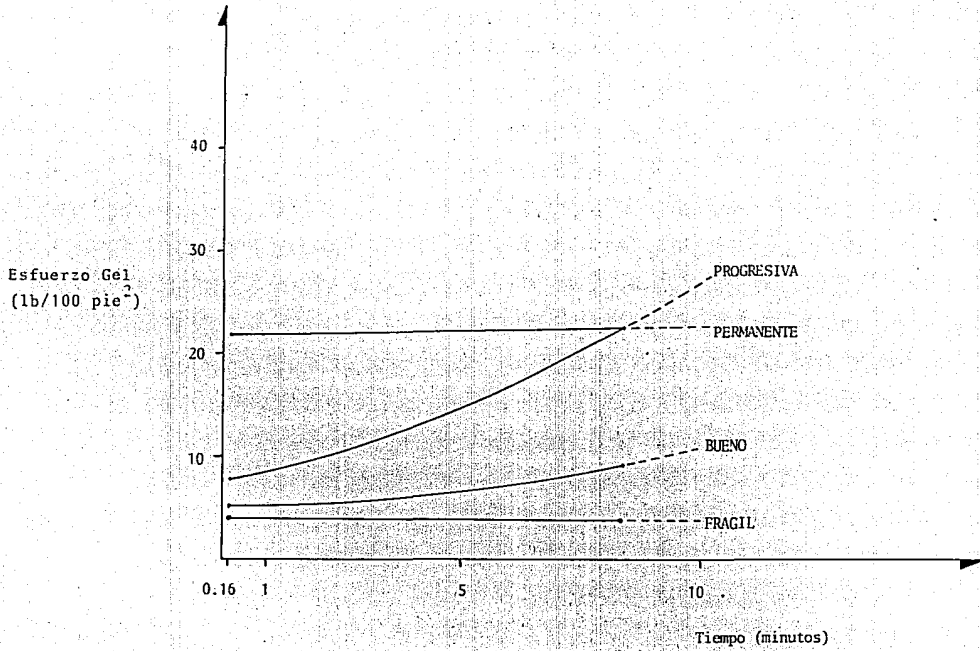


FIGURA 4.1

GEL FRAGIL.- Son esfuerzos gel muy bajos e idénticos a 10 segundos y 10 minutos, semejantes a 1/1 6 2/2 de acuerdo a 10 seg./10 min.

GEL DE BUENA CALIDAD.- Son aquellos con bajo o medio esfuerzo gel a 10 segundos el cual aumenta de valores medios a intermedios en 10 minutos (2/4, 4/8, 5/10).

GEL PROGRESIVOS.- Muestran valores bajos e intermedios a 10 segundos, valores que suben a niveles muy altos en 10 minutos (2/25, 6/35, 15/30).

GEL PLANOS.- Son esfuerzos gel muy semejantes a 10 segundos y 10 minutos de medios a altos niveles (14/15, 22/24).

Así como con otras propiedades, la habilidad para mantener los esfuerzos gel dentro de rango especificado, depende del control efectivo de sólidos.

El esfuerzo gel es necesario para ayudar a mantener los sólidos en suspensión durante las paradas por conexiones o viajes e inclusive sostener el material inerte en suspensión.

Sin embargo, las presiones creadas mientras se saca o se mete tubería, la presión inicial requerida para romper circulación, son también influenciados por los esfuerzos gel. Estas presiones actúan directamente en las formaciones y pueden ocasionar por sondeo (suavco) un brote, o fracturar las formaciones débi

les si los esfuerzos gel son muy altos.

Prácticas de campo aconsejan en estos casos mover despacio las tuberías en los viajes y levantar y dar rotación a la tubería mientras la bomba rompe circulación después del viaje.

En la mayoría de sistemas ligeros base agua, esfuerzos gel 10 seg/10 min. de 2/4 lb f/100 pies² son suficientes para sopor tar los cortes.

En sistemas densos, esfuerzos gel de 2 lb f/100 pies² son suficientes para soportar labarita. En la mayoría de los sistemas será preferible tener esfuerzos gel de 10 seg. en el rango de 3 a 5 lb f/100 pies².

Los esfuerzos gel en el lodo, se deberán controlar por la adición de dispersantes químicos y aplicación de técnicas para remover sólidos.

Debido a la naturaleza de los lodos, los esfuerzos gel son normalmente más altos cuando la bentonita se encuentra en estado de dispersión y se acepta siempre que el contenido de sólidos sea mínimo.

IV.1. Análisis de los sistemas agua dulce.

Como ya se había mencionado anteriormente, el lodo de control deberá de contener un mínimo porcentaje de sólidos disper-

sos, una buena capacidad de acarreo y una buena tixotropía.

De los lodos de densidad 1.20 gr/cc. el tratado con 0.25% de goma xantana presenta una pérdida de agua y un enjarre menor que los demás lodos. El lodo que maneja un menor contenido de sólidos dispersos es el tratado con 0.15% de goma xantana, pero el tratado con 0.25% también maneja un porcentaje de sólidos menor que el que tenemos en un lodo tradicional. Las propiedades reológicas son estables, no se pierde la capacidad de acarreo ni la de sustentación.

Haciendo una comparación entre los distintos comportamientos que tenemos graficados, se aprecia que el lodo que presenta una tendencia a un gel de aceptable calidad es el que tiene una concentración de 0.25% de goma xantana, por consiguiente se favorece la tixotropía, la concentración anterior es la adecuada para lodos de dicha densidad.

En los lodos de densidad de 1.40 gr/cc, la concentración de la goma está definida entre 0.25% y 0.4% puesto que la última nos favorece en cuanto al enjarre y filtrado pero mala tixotropía, tenemos valores de los geles de altos niveles no así en una concentración de 0.25 en la que se trabajan valores bajos.

Las propiedades reológicas son de la misma manera estables, se mantiene la capacidad de acarreo y por lo tanto la sustentación. Para esta densidad la concentración recomendada

es de 0.25% de goma xantana.

Para los lodos de densidad 1.80 gr/cc fue necesario el darle un tratamiento con dispersantes para tratar de reducir la pérdida de agua, los dispersantes empleados son pirofosfato, cromolignito y cromolignosulfonato, los resultados se presentan en tablas y gráficas independientes una de la otra.

En el tratado con pirofosfato, se observa que el lodo tradicional pierde su capacidad de sustentación, se pierde la capacidad de acarreo. Al darle el tratamiento con la goma xantana, se mejora la capacidad de sustentación.

Se logra reducir considerablemente el contenido de sólidos, se favorece considerablemente el filtrado y el enjarre, esto quizá por la presencia del pirofosfato.

Una concentración de 0.4% en la que el filtrado y enjarre son menores que en un lodo tradicional, el porcentaje de sólidos dispersos también es menor aunque el gel es de valores altos y progresivos. La concentración adecuada para lodos de esta densidad es de 0.4% de goma.

Aún lo anterior también se observa para el lodo tratado con Cl₂ y Cl en donde los valores de filtrado y enjarre se van por encima de los que tenemos en el lodo tradicional. De la misma manera tenemos una capacidad de sustentación mejor que en la de un lodo bentonítico con mala capacidad de acarreo. Se re-

comienda 0.4% de goma xantana.

IV.2. Análisis de los sistemas base salmuera.

Para los lodos de densidad 1.20 gr/cc se maneja como mate rial densificante una sal monovalente (cloruro de sodio). Con una concentración de 0.25% de goma xantana se logra reducir la cantidad de sólidos dispersos, el enjarre y el filtrado; se mantiene una capacidad de acarreo y por lo tanto de sustentación. La tixotropía se favorece en algo puesto que se mantienen constantes (gel frágil), en las otras concentraciones tenemos gales descendentes que no favorecen. Para ésta densidad se recomendaría una concentración de 0.25% de goma xantana.

Para los lodos de densidad 1.40 gr/cc se emplea como mate rial densificante hasta obtener dicha densidad, una sal divalente (cloruro de calcio). Para éste caso las propiedades tixotrópicas son muy malas puesto que se tienen geles descendentes en la mayoría de los casos (ver gráficas de comportamiento). Con la goma xantana se logra reducir el contenido de sólidos dispersos, se logra reducir el filtrado y el enjarre, las propiedades reológicas se mantienen estables y por lo tanto se tiene una capacidad de acarreo y de sustentación. Se recomenda ría una concentración de 0.25% de goma xantana.

Por último los lodos de 1.80 gr/cc en donde se maneja cloruro de calcio como material densificante hasta 1.40 gr/cc y posteriormente se emplea barita hasta obtener el 1.80 gr/cc.

Se pierde la capacidad de acarreo, no se tiene capacidad de sustentación, los filtrados son extremadamente altos. Se concluye que en éste caso el cloruro de calcio inhibe a la goma xantana, es decir la goma xantana es muy sensible al cloruro de calcio cuando está dispersa. De ahí que se presenten valores negativos en la reología. La goma xantana se puede emplear con cloruro de calcio hasta una concentración de sal de 18000 ppm.

SISTEMA DE AGUA DULCE A 16°C y 49°C (60°F y 120°F)

DENSIDAD	TRATAMIENTO	*	COMPONENTES
1.2 gr/cc	sin tratar	I	Agua+Bentonita+Barita
		II	Agua+Goma Xantana(0.15%)+Barita
		III	Agua+Goma Xantana(0.25%)+Barita
		IV	Agua+Goma Xantana(0.4%)+Barita
1.4 gr/cc	sin tratar	I	Agua+Bentonita+Barita
		II	Agua+Goma Xantana(0.15%)+Barita
		III	Agua+Goma Xantana(0.25%)+Barita
		IV	Agua+Goma Xantana(0.4%)+Barita
1.8 gr/cc	Cromolignosulfato y Cromolignito	I	Agua+Bentonita+CLs+CL+Barita
		II	Agua+Goma Xantana(0.15%)+CLs+CL+Barita
		III	Agua+Goma Xantana(0.25%)+CLs+CL+Barita
		IV	Agua+Goma Xantana(0.4%)+CLs+CL+Barita
	Pirofosfato	I	Agua+Bentonita+Pirofosfato+Barita
		II	Agua+Goma Xantana(0.25%)+Pirofosfato+Barita
		III	Agua+Goma Xantana(0.4%)+Pirofosfato+Barita

* Para ubicarse en gráficas de comportamiento Esfuerzo Gel vs. tiempo.

SISTEMA SALMUERA A 16°C y 49°C (60°F y 120°F)

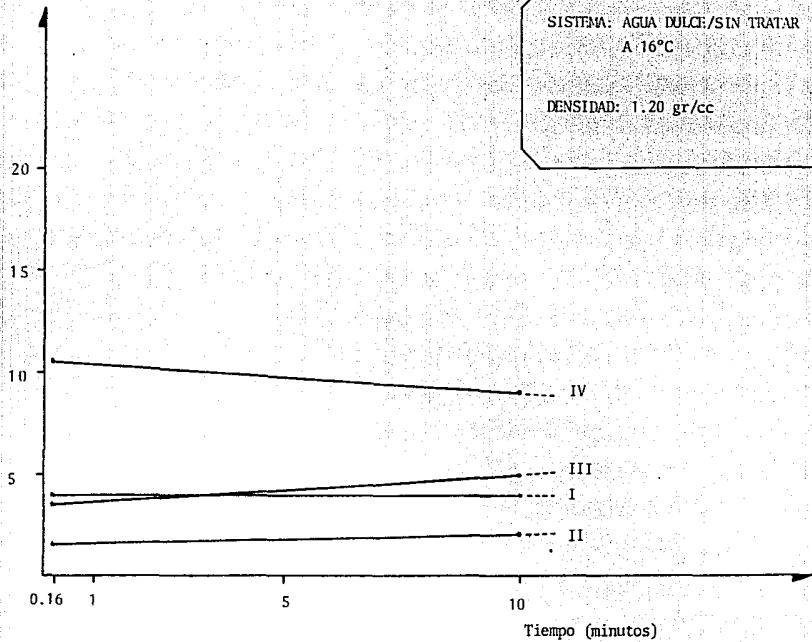
DENSIDAD	TRATAMIENTO	*	COMPONENTES
1.20 gr/cc	sin tratar	I II III IV	Agua+NaCl+Bentonita Agua+NaCl+Goma Xantana (0.15%) Agua+NaCl+Goma Xantana (0.25%) Agua+NaCl+Goma Xantana (0.4%)
1.40 gr/cc	sin tratar	I II III IV	Agua+CaCl ₂ +Bentonita Agua+CaCl ₂ Goma Xantana (0.15%) Agua+CaCl ₂ Goma Xantana (0.25%) Agua+CaCl ₂ Goma Xantana (0.4%)
1.80 gr/cc	Cromolignosulfato y Cromolignito	I II III	Agua+CaCl ₂ +Bentonita+CLs+CL+Barita Agua+Goma Xantana(0.15%)+CLs+CL+Barita Agua+Goma Xantana(0.25%)+CLs+CL+Barita Agua+Goma Xantana(0.4%)+CLs+CL+Barita

* Para ubicarse en gráficas de comportamientos Esfuerzo Gel vs tiempo.

SISTEMA: AGUA DULCE/SIN TRATAR
A: 16°C

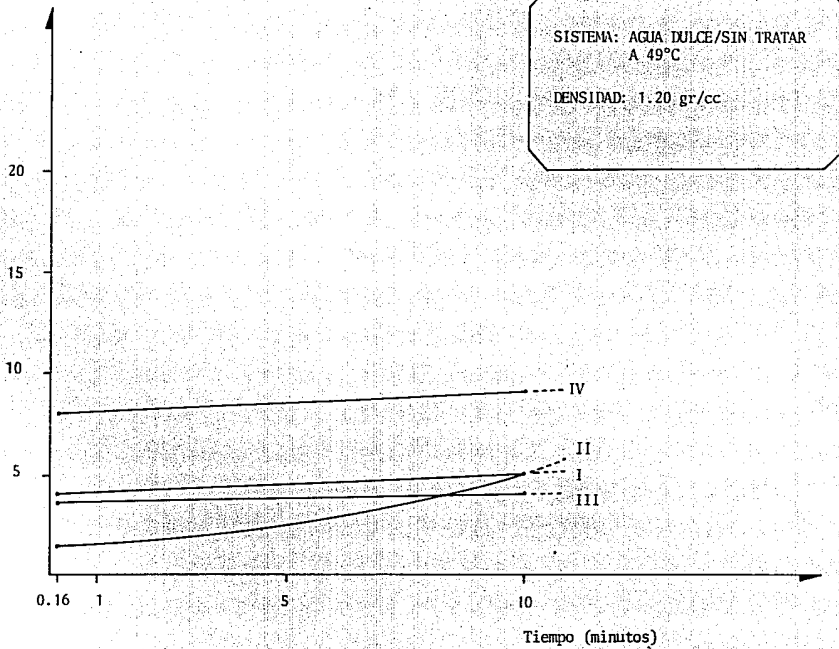
DENSIDAD: 1.20 gr/cc

ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)

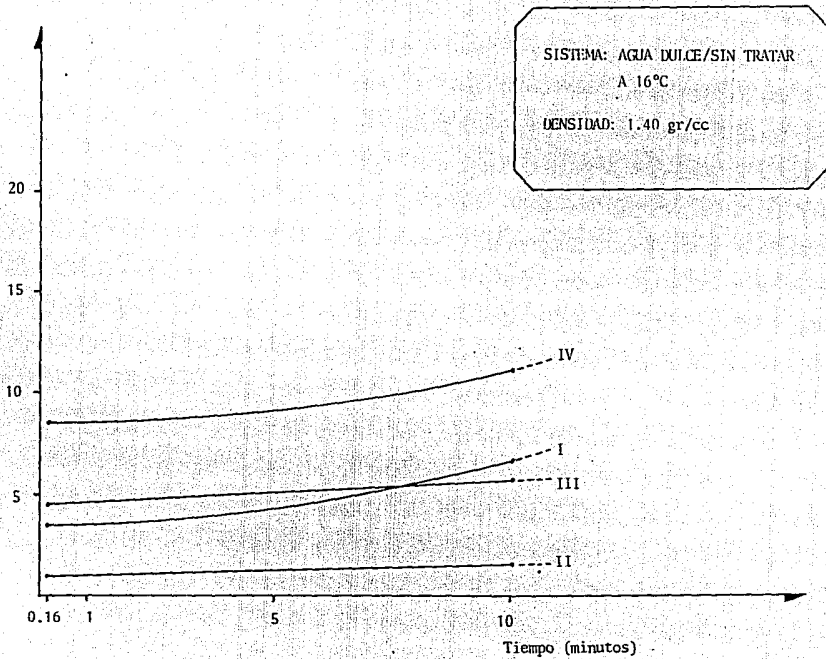


ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)

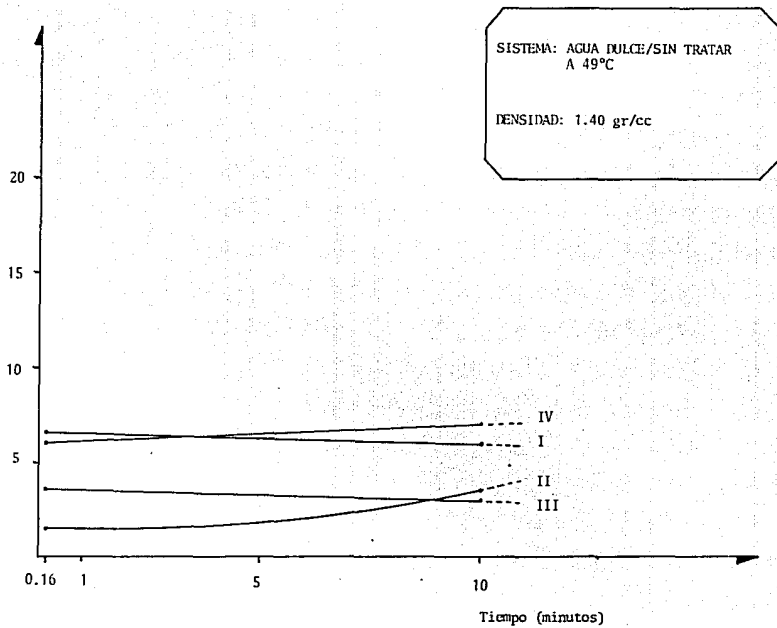
ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



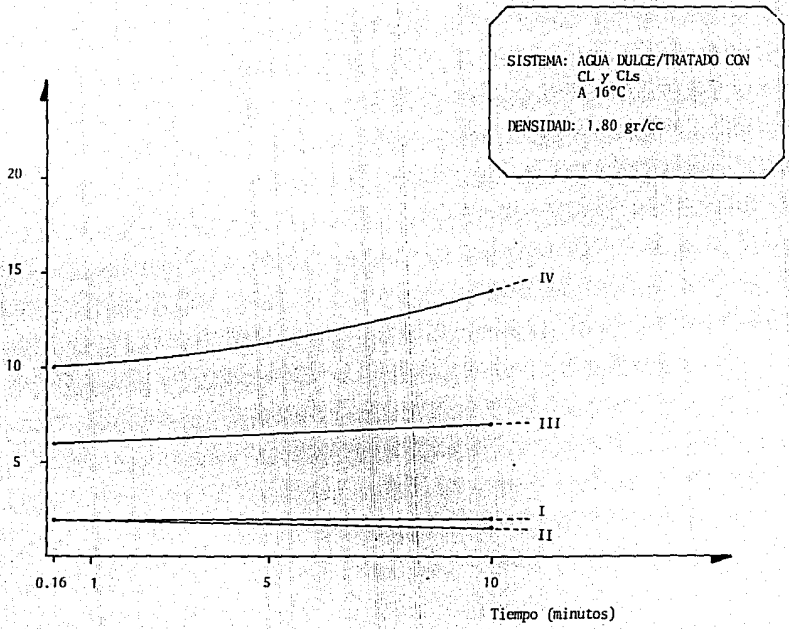
ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)



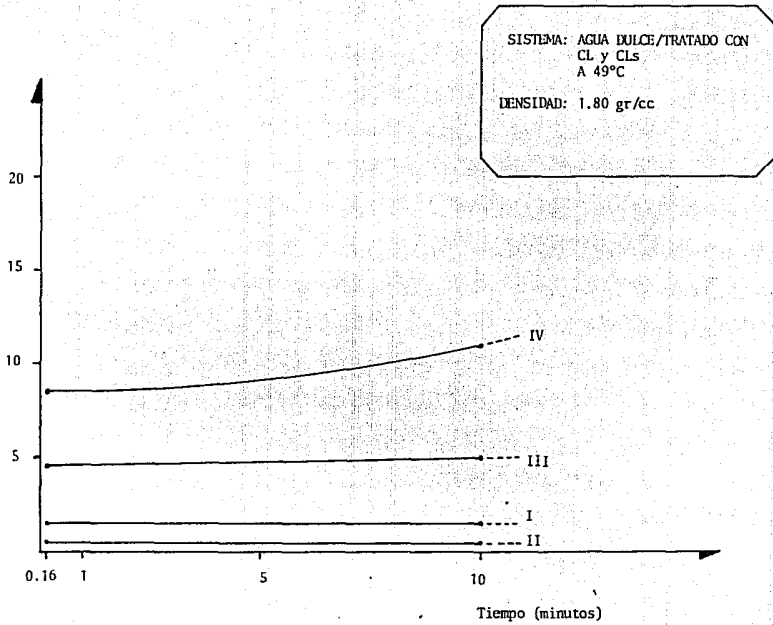
ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)



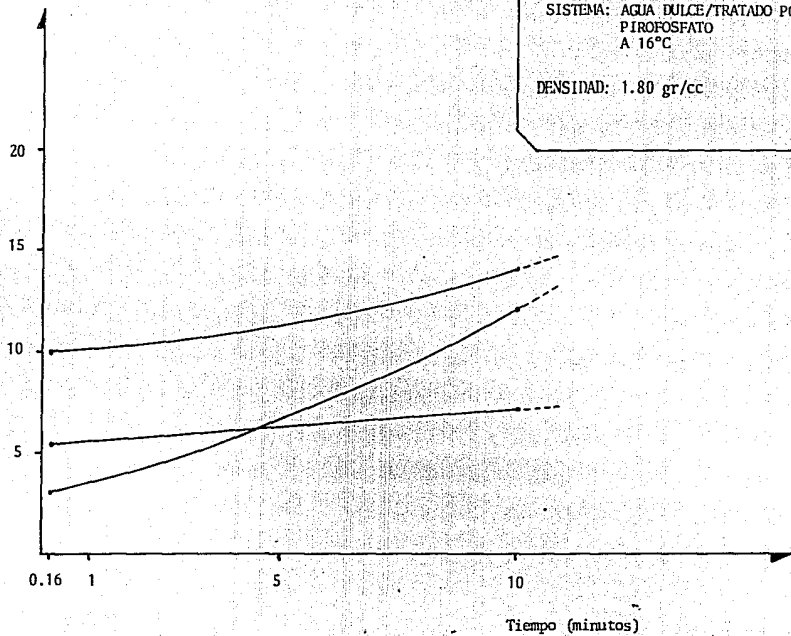
ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)



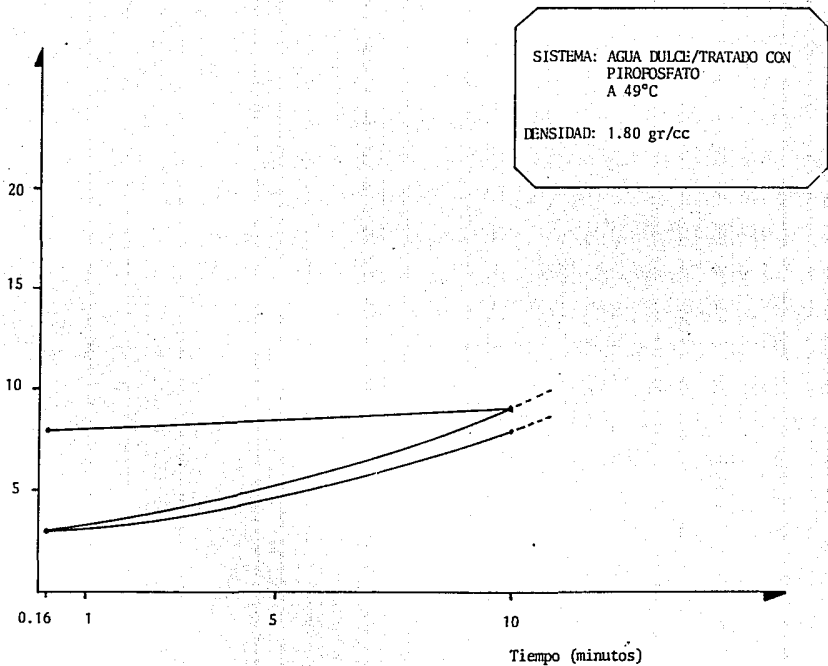
ESFUERZO CEL
(lb/100 pie²)



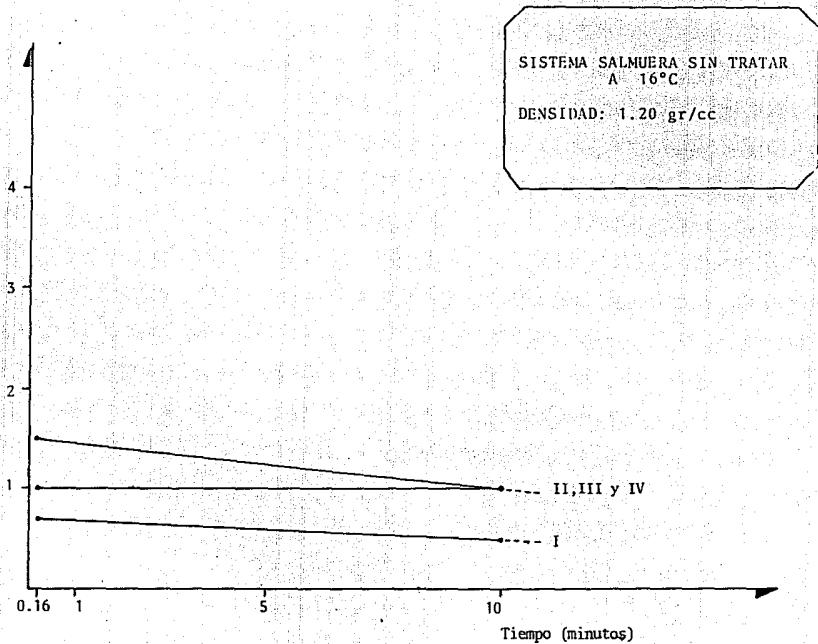
ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)



ESFUERZO G/L
(lb/100 pie²)

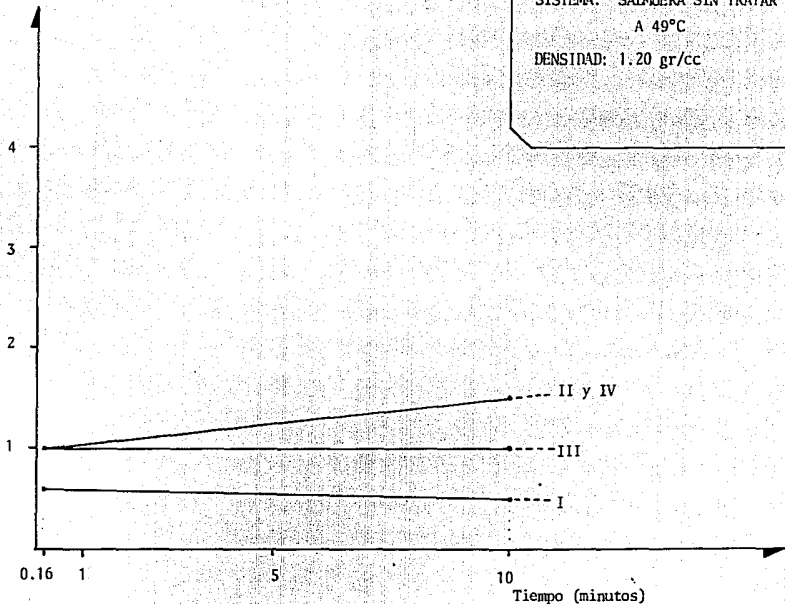


ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)

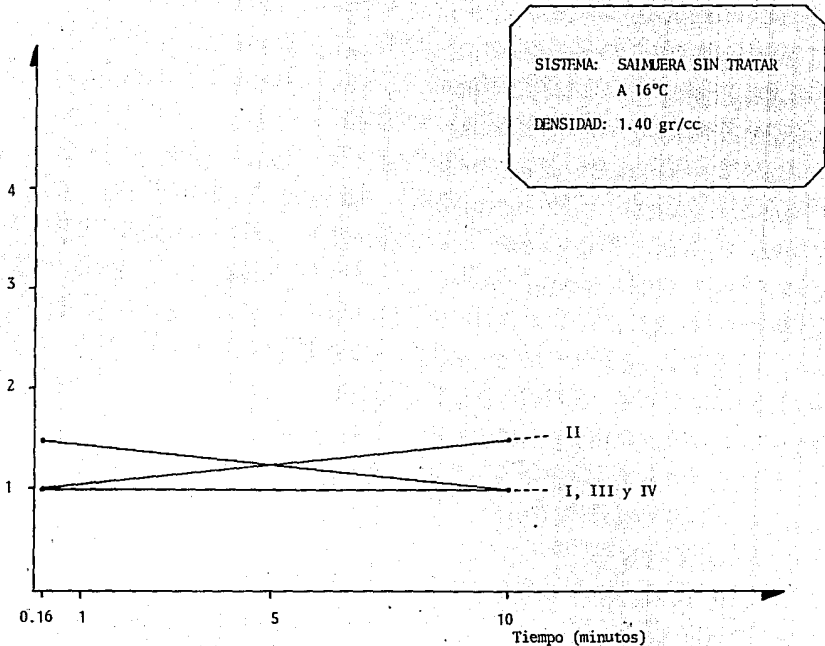


SISTEMA: SALMUERA SIN TRATAR
A 49°C
DENSIDAD: 1.20 gr/cc

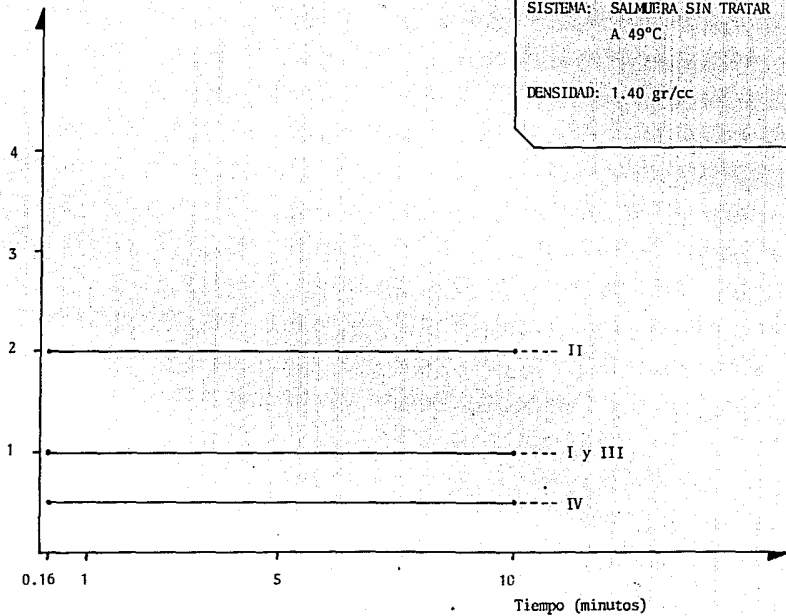
ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)



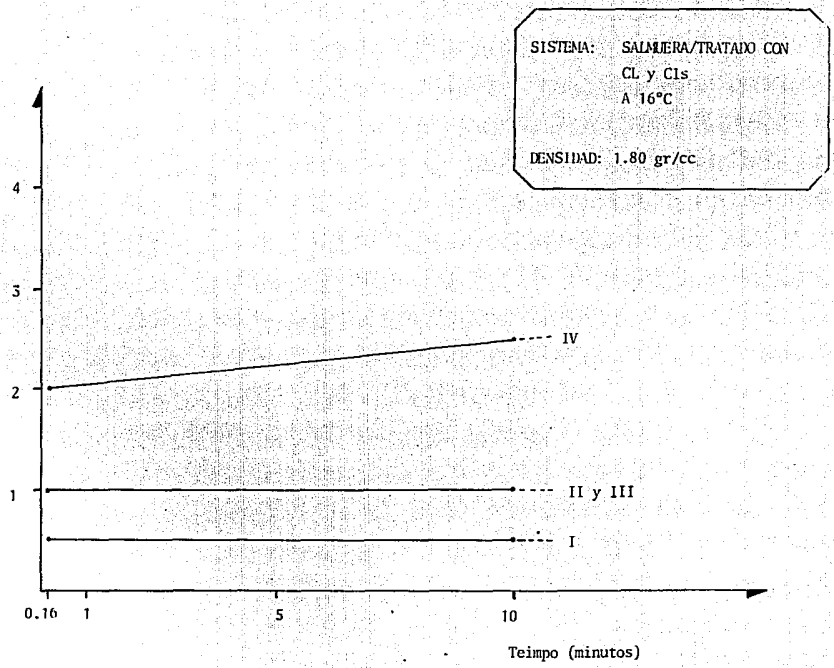
ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)



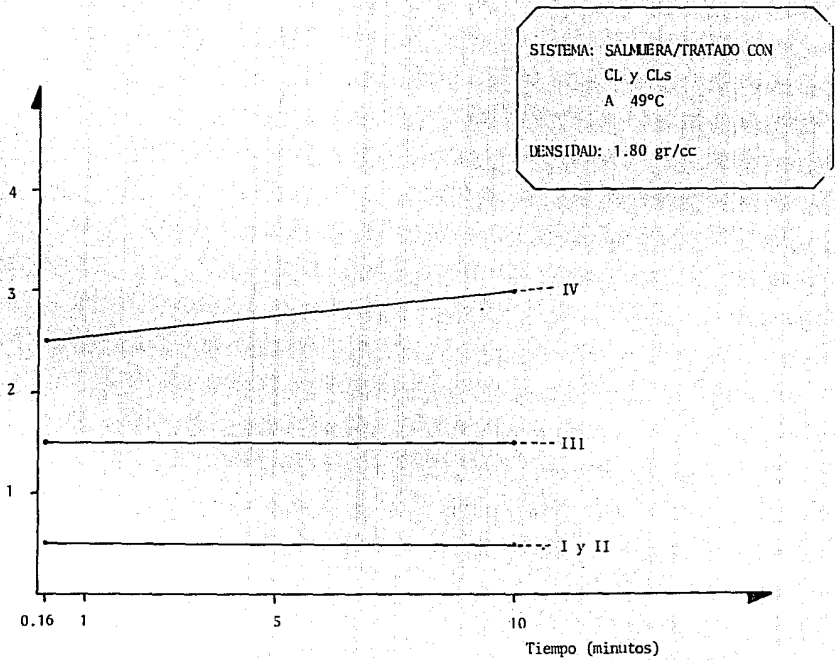
ESFUERZO GEL,
(lb/100 pie²)



ESFUERZO GEL
(1b/100 pie²)



ESFUERZO GEL
(lb/100 pie²)



CONCLUSIONES

1. El empleo de Cloruro de Calcio afectó a la goma xantana, reduciendo la capacidad de acarreo y suspensión.
2. Con relación a sistemas bentoníticos de goma xantana permite el uso de sales manovalentes como material densificante, no así los sistemas a base de bentonita los cuales se hacen inestables.
3. En sistemas densificados con cloruro de sodio a base de goma xantana el enjarre se remueve por simples lavados de agua, no así los sistemas tradicionales a base de bentonita y barita que requieran tratamientos ácidos que no eliminen la barita y reducen la permeabilidad y porosidad de la formación.
4. En sistemas a base de goma xantana densificados a 1.80 gr/cc con cloruro de calcio y barita se observó inestabilidad en las propiedades reológicas tixotrópicas y filtrados.
5. La concentración óptima de goma xantana para densidades de 1.20 gr/cc y 1.40 gr/cc es de 2.5 gr/lt.
6. El comportamiento de sistemas a base de cloruro de sodio y goma xantana en densidades de 1.20 gr/cc y 1.40 gr/cc se ajusta al modelo plástico de Bigham con ley de potencias (se observó valores de n y k de 1).

7. El uso de salmueras disminuye el contenido de sólidos insolubles como es la barita con lo cual se reduce el daño permanente a la formación.
8. Las salmueras se pueden eliminar del yacimiento fácilmente por lavados simples restaurando así la permeabilidad del yacimiento.
9. Todo sistema a base de salmueras y goma xantana debe llevar inhibidor de corrosión y bactericida.
10. Los sistemas a base de goma xantana no deben exceder de temperaturas de 120°C.
11. En sistemas a base de goma xantana densificados con NaCl a 1.20 gr/cc y 1.40 gr/cc presentan propiedades reológicas, tixotrópicas y filtrados estables.
12. Los sistemas a base de goma xantana y sales densificados a 1.20 gr/cc y 1.40 gr/cc permiten el empleo de material dispersante como son el pirofosfato, cromolignosulfonato y cromolignito.
13. Todo sistema a base de goma xantana requiere el uso de anti-espumantes.
14. Para que la goma xantana se hidrate totalmente es necesario prehidratarla antes de emplearla en salmueras.

15. La salmuera tratada como goma xantana es un fluido simple y efectivo para inhibir la hidratación de las arcillas.
16. La alta temperatura reduce la efectividad de la goma xantana aumentando la pérdida de agua y reducen su capacidad de acarreo y suspensión.
17. La goma xantana se disuelve tanto en agua dulce, como en concentraciones bajas de cloruro de calcio y en cloruro de sodio.

B I B L I O G R A F I A

1. Allen, T.O. y Roberts, A.P., "Productions Operations". Vol. I.
2. Chamberlain, D.E., "A Different, Approach to Solving Mud-Related hole problems", AIME- May 1976.
3. Malachosky, Ed., "Innovations, Regulations change drilling fluid technology", PEI - April 1986.
4. Meyers, K.P., Skillman H.J., Herrig, G.D., "Control of formation damage" at prodhoe bay, alaska, by inhibitor squeeze treatatment" JPT - June 1985.
5. Potter, J.M., Dibble Jr., W.E., "Chemical aspects of iron, colloid plugging in quartz sands and implications for formation damage" JPT - September 1985.
6. Simpson, J. Jay, "The drilling mud dilemma - recent examples" JPT.- february 1985.
7. Tyler, T.N., Metzger, R.R., Twyford, L.R., "Analysis and treatman of formation damage at proudhoe bay, alaska" JPT - June 1985.
8. W. Cole Frank, L. Moore, Preston, "Drilling operations manual" The petroleum publishing company.

9. "Apuntes de Fluidos de Perforación" Ing. Francisco Garai-cochea Petreirena e Ing. Miguel Angel Benítez Hernández, editados por la Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

10. "Apuntes de Clase de Terminación y Reparación de Pozos" impartida en la Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., por el Ing. Carlos Islas Silva.