

26  
24



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA  
GOMA XANTANA EN FLUIDOS DE CONTROL  
BASE AGUA DULCE Y SALMUERAS**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de  
INGENIERO PETROLERO  
P r e s e n t a:  
JOSE OTHON MARTINEZ RIVAS



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

Marzo de 1989



## **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.	9
I.5	Clasificación de los sistemas y materiales tradicionales y actuales empleados en la elaboración de un fluido de Terminación y Reparación.	11
I.5.1	Fluidos con un alto contenido de sólidos dispersos no tratados.	11
I.5.2	Lodos bentoníticos tratados.	11
I.5.3	Lodos cálcicos.	11
I.5.4	Sistemas no-tratados a base de polímeros y bajo contenido de sólidos dispersos.	12
I.5.5	Lodos saturados de sal.	13
I.5.6	Lodos base aceite.	14
A)	Lodos de emulsión inversa.	
B)	Lodos de emulsión directa.	
I.5.7	Fluidos a base de aire, niebla, espuma y gas.	15
I.5.8	Materiales tradicionales.	17
I.5.9	Materiales actuales.	18
I.6	Goma Xantana.	21

	PAGINA
II.- FUNCIONES Y PROPIEDADES DE UN FLUIDO DE CONTROL.	
II.1 Funciones y propiedades de un fluido de control.	27
III.- EVALUACION A ESCALA LABORATORIO.	
III.1 Elaboración de fluidos de control - tradicionales y a base Goma Xantana.	34
III.2 Recomendaciones de uso del equipo - utilizado.	40
III.3 Procedimiento de integración de los sistemas.	48
III.3.1 Fluido tradicional sin tratar.	48
III.3.2 Fluido no-tradicional sin tratar.	49
III.3.3 Fluido tradicional tratado.	49
III.3.4 Fluido no-tradicional tratado.	50
III.3.5 Salmuera/Bentonita sin tratar.	51
III.3.6 Salmuera/Goma Xantana sin tratar.	52
III.3.7 Salmuera/Bentonita tratada.	53
III.3.8 Salmuera/Goma Xantana tratada.	54
III.4 Resultados de las pruebas efectuadas	56
IV.- ANALISIS DE RESULTADOS.	
IV.1 Análisis de los sistemas agua dulce.	80
IV.2 Análisis de los sistemas base salmuera.	83
CONCLUSIONES	101
BIBLIOGRAFIA	104

## I N T R O D U C C I O N

Durante la historia de la industria del petróleo en México, una de las actividades de mayor importancia ha 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 éstos, 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 ha 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 evaluó la goma xantana en sistemas a base de agua dulce y salmueras, para evitar el uso de la barita en la elaboración de fluidos de control y con éste, reducir el contenido de sólidos en sistemas de altas densidades para evitar el daño permanente a la formación.

## CAPITULO I

### " GENERALIDADES "

#### I.1.- DEFINICION DE UN FLUIDO DE TERMINACION Y REPARACION.

Un fluido de terminación y reparación es aquel que se coloca frente a la formación productora al llevar a cabo operaciones tales como limpiar, estimular, perforar, disparar, obturar o matar el pozo. Sus funciones básicas son facilitar el movimiento de los fluidos de tratamiento hasta una determinada profundidad para remover sólidos del pozo y el más importante, controlar la presión de formación.

#### I.2.- IMPORTANCIA DE LAS OPERACIONES DE TERMINACION Y REPARACION.

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.

El usar sistemas de fluidos deficientes, origina daños a las formaciones productoras, independientemente al causado por las operaciones de perforación, esto incrementará aún más los costos operacionales, además de una

notable baja en la producción. Por lo tanto, hoy día - se requiere de un mayor conocimiento en el uso adecuado de los diferentes sistemas de fluidos de control y, sea cual fuere el sistema seleccionado, éste debe tener un mínimo de sólidos de suspensión, filtrados que no alteren la permeabilidad de las formaciones, enjarres 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 TERMINACION Y REPARACION 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 ), éstos 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 mues-  
tra el tipo de daños que podemos provocar a la forma-  
ción 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 só  
lidos, grasa, contenido de sales no compatibles, esca-  
mas de corrosión, etc.

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

TABLA 1.1 PROBLEMAS QUE OCASIONAN DAÑOS A LA FORMACION

<p>Incompatibilidad de fluidos</p>	<p>  - - - -  </p>	<p>- Reducción de la permeabilidad - Bloqueo de agua o emulsión - Hinchamiento de arcillas - Cambios de mojabilidad</p>
<p>Exceso de presión diferencial contra las zonas produc-- toras</p>	<p>  -  </p>	<p>- Pérdida de circulación</p>
<p>Invasión de Sólidos</p>	<p>  - - - - - -  </p>	<p>- Corrosión - Desgaste de partes mecánicas de bombas - Incrustación de tuberías - Pegaduras de tubería - Taponamientos - Cambios de mojabilidad</p>

TABLA 1.2

## NATURALEZA DEL DAÑO A LA FORMACION

CAUSAS DE DAÑO	Invasión de fluidos de perforación y de control	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hidratación de minerales arcillosos.</li> <li>2. Dispersión, movimiento y taponamiento por minerales arcillosos, tanto hidratable como no hidratable:</li> <li>3. Acción indeseable de la presencia de aditivos obturantes en los fluidos.</li> <li>4. Influencia de la calidad de los enjares de los fluidos.</li> <li>5. Bloqueo acuoso.</li> <li>6. Sedimentación de sales.</li> <li>7. Deslizamiento de partículas del yacimiento.</li> <li>8. Influencia de las partículas sólidas de los fluidos.</li> </ol>
	Invasión de filtrados de fluidos de perforación y de control	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hidratación de minerales arcillosos.</li> <li>2. Dispersión, movimiento y taponamiento por minerales arcillosos, tanto hidratable como no hidratable.</li> <li>3. Influencia de la calidad de los enjares de los fluidos.</li> <li>4. Bloqueo acuoso.</li> <li>5. Sedimentación de sales.</li> <li>6. Deslizamiento de partículas del yacimiento.</li> </ol>
	Invasión de sólidos de fluidos de perforación y de control	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Taponamiento de los poros internos.</li> <li>2. Reducción del radio efectivo del poro</li> <li>3. Influencia de la calidad de los enjares de los fluidos.</li> <li>4. Deslizamiento de partículas del yacimiento.</li> </ol>

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
- Bacterias

En problemas debido a cambios en las condiciones del -  
yacimiento:

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

En problemas inherentes a la formación y sus fluidos:

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

#### I.4.- PARAMETROS DE SELECCION DEL FLUIDO DE CONTROL.

Como las presiones encontradas en los pozos varían de -  
altas a bajas y los fluidos contenidos en los yacimien-  
tos pueden ser flamables, tóxicos, abrasivos o estar a  
altas temperaturas, es indispensable seleccionar un sig-  
tema 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 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/líquidos
- Capacidad de cambio de Ion
- Presión hidrostática
- Velocidad anular
- Gasto de bomba
- Caídas de presión
- Flujo turbulento/laminar
- Densidad equivalente de circulación

I.5.- CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS Y MATERIALES TRADICIONALES Y ACTUALES EMPLEADOS EN LA ELABORACION DE UN FLUIDO DE TERMINACION Y REPARACION.

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 formación y pocas cantidades de bentonita y otras arcillas adicionadas.

I.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.

I.5.3 Lodos cálcicos.

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 en 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 cálcicos 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).

#### I.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 aquellos 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 éstas deberán de estar dentro de un 3 % o menos. Una ventaja primaria de estos sistemas es que mejoran significativamente el gasto de penetración.

#### I.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 ion 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. 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 emulsificantes (comunmente 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, comunmente elaborados de una mezcla de óxidos de asfalto, ácidos orgánicos, alcalinos y otros agentes, combustible diesel. Las propiedades del gel y viscosidad se pueden mentener 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 poco profundos ( hasta 3,000 mts. ), formaciones estables con presiones y temperaturas bajas, cuatro operaciones-básicas son incluídas en esta categoría especial de acuerdo al IADC (Asociación Internacional de Contratistas de Perforación), éstos incluyen:

##### A) Perforación con aire seco o gas:

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 que se obtienen en forma de polvo.

##### 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 están compuestos por la dispersión de un gas\* en un líquido y, la adición de un agente espumante. Un generador de espuma acarrea los recortes por medio del movimiento rápido de las corrientes de aire. Esto permite que a velocidades moderadas se obtengan altas capacidades de acarreo.

\* Como gas se utiliza el  $N_2$  o gas natural debido a su buena disponibilidad en los campos petroleros.

D) Fluidos aereados:

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 -

mencionaremos algunos que son usados en la elaboración de los fluidos de control:

I.5.8            Tradicionales

- Arcillas ( barita, bentonita, atapulgita, lutita, sepiolita )
- Quebracho
- Agua
- Sal
- Aceite (diesel, aceite mineral)
- Asbestos
- Oxido de hierro
- Galena
- Almidón
- Materiales fibrosos
- Cáscara de nuez
- Recorte de celofán
- Lignosulfonatos
- Lignitos
- Sulfatos
- Fosfatos
- Tanatos
- Adelgazadores químicos (ligninas, lignosulfonatos, taninos)\*

\* Son dispersantes químicos derivados de productos orgánicos naturales. - 17 -

### 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 (Montmorillonita sódica)
- Atapulgita (Montmorillonita cálcica)
- Asbestos
- Polímeros naturales:
  - Goma Xantana
  - Goma Guar
  - Carboxymetil Celulosa (CMC)
  - Hidroxyetil Celulosa (HEC)
  - Lignosulfonato de Calcio
  - Poliacrylamide

2.- Densificantes:

- Arcillas
- Barita
- Galena
- Carbonato de Calcio
- Carbonato de Hierro
- Carbonato de Bario
- Cloruro de Sodio
- Cloruro de Calcio
- Cloruro de Zinc
- Bromuro de Sodio
- Bromuro de Calcio
- Cloruro de Zinc /Cloruro de Calcio
- Cloruro de Sodio /Carbonato de Sodio
- Cloruro de Calcio/Bromuro de Calcio

3.- 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
- Carboximetil celulosa (CMC)
- Goma Guar y Guar Modificada
- Goma Xantana

- Hidroxyetil Celulosa (HEC)
- Poliacrylates
- Aceites emulsificantes
- Lignosulfonato de Calcio

#### 4.- Reductores de viscosidad:

- Fosfatos:
  - Pirofosfato de sodio ácido
  - Fosfato tetrasódico
  - Hexametrafosfato de sodio
- Tanatos:
  - Extracto de quebracho
  - Extracto 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

#### 5.- 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 ( Ca SO <sub>4</sub> - ½ H O yeso )	6.0
Cromolignosulfonatos	3.4 -4.0
Carbonato de Sodio	11.00
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
Hidróxido de sodio (sosa cáustica)	13.0
Lignosulfonato de calcio	7.0

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

#### I.6.-

#### GOMA XANTANA

La goma xantana es un polisacárido de alto peso molecular, producido por crecimiento bacteriana 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.

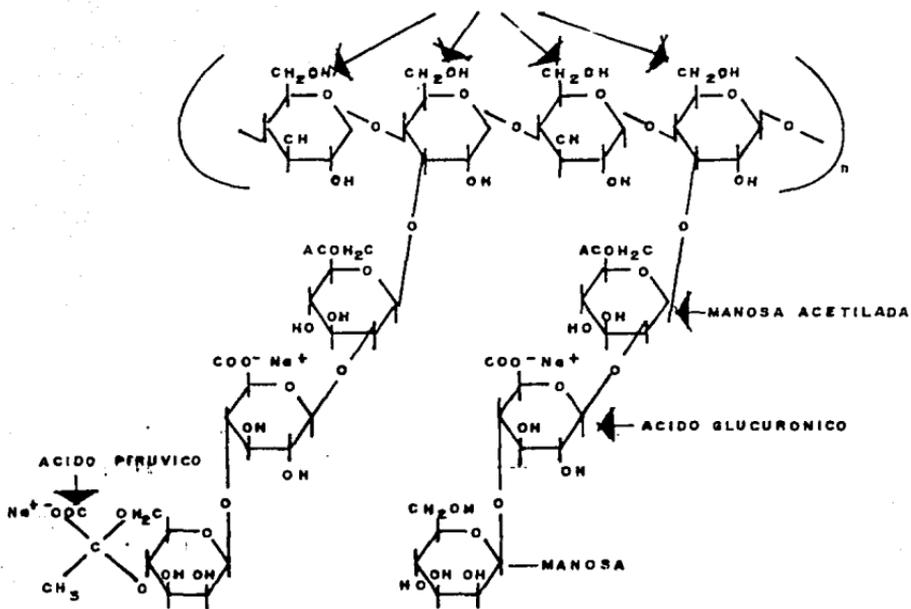
Este polímero puede emplearse en operaciones de terminación, reparación y procesos de recuperación secundaria, dando como resultado una mayor capacidad de producción, puesto que se maneja un menor contenido de sólidos y por consiguiente un menor daño a la formación productora.

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 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 concentra--ciones 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 in--dependiente 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 tempera--  
tura . En bajas concentraciones ( 0.3 % ) el incremen--  
to 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 relativa--  
mente 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 -

**GLUCOSAS**



P.M. 2210<sup>6</sup>

**ESTRUCTURA DE LA GOMA XANTANA**

( Fig. 1 )

- 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 utilizado 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 de remover, 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 con el agua es necesario adicionarla 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 minutos. Esto si el equipo mezclador está trabajando apropiadamente, esto permite que cada partícula se humedezca independientemente. Cuando el equipo no - trabaja adecuadamente, es necesario utilizar alguna téc nica para hidratar apropiadamente el polímero. Una téc nica consiste en agregar un polímero dispersante, otro método consiste en ligar al polímero alguna substancia- solvente como por ejemplo el diesel, aceite, kerosena, - etc.

## CAPITULO II

### " FUNCIONES Y PROPIEDADES DE UN FLUIDO DE CONTROL "

#### II.1 PRINCIPALES FUNCIONES DE UN FLUIDO DE CONTROL EN TERMINACION Y REPARACION A POZOS.

Las principales funciones son:

##### 1. Mantener controlada la presión de formación:

El agua, aceite o gas contenidos en el yacimiento, ejercen una presión de formación la cual es manifestada por las perforaciones de los disparos o en la pared del agujero descubierto.

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 productores.

### 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 debe 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 ésta 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 menor presión 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, evitando la invasión de fluido o sólidos hacia los intervalos productores.

Este enjarre debe ser de un espesor mínimo y 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.

## II.2.- PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS DE CONTROL

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 determinante 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:

a) Retención de aire o gas en el fluido:

Lo que afecta la densidad del fluido y provoca 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.

Esto 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.

Provocando así un <sup>4</sup>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 ELABORACION 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 en salmueras de Cloruro de Sodio ( $\text{NaCl}$ ) y Cloruro de Calcio ( $\text{CaCl}_2$ ).

Los sistemas tradicionales se elaboran a base de bentonita y los no tradicionales a base de goma xantana, ambos se densificaron a 1.20 gr/cc; 1.40 gr/cc y 1.80 gr/cc con barita y como alcalinizante se empleó sosa cáustica 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 empleó al 6 % en peso en relación al -

agua y la goma xantana al 0.10 %, 0.25 % y 0.40 %.

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.

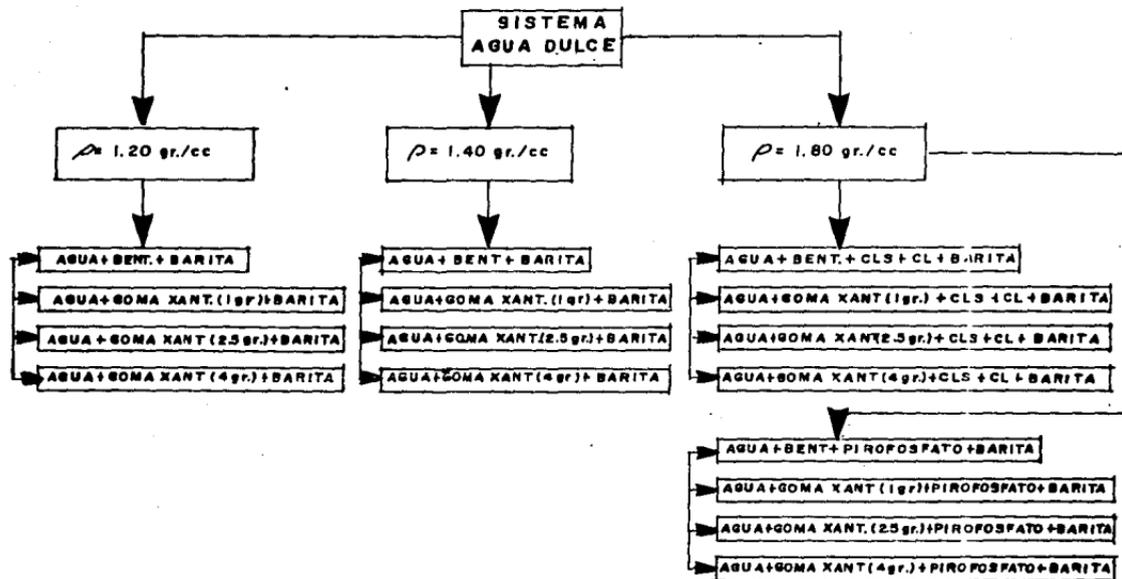
Las pruebas físicas efectuadas para su evaluación fueron las siguientes:

PRUEBAS FISICAS	EQUIPO REQUERIDO
1. Viscosidad Marsh	Embudo marsh
2. Reología a 60°F y 120°F	Viscosímetro fann 35 V-G
3. Filtrado	Filtro Prensa API de Baja Presión y Temperatura.
4. Contenido de sólidos	Retorta Fann y Retorta Baroid.
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.

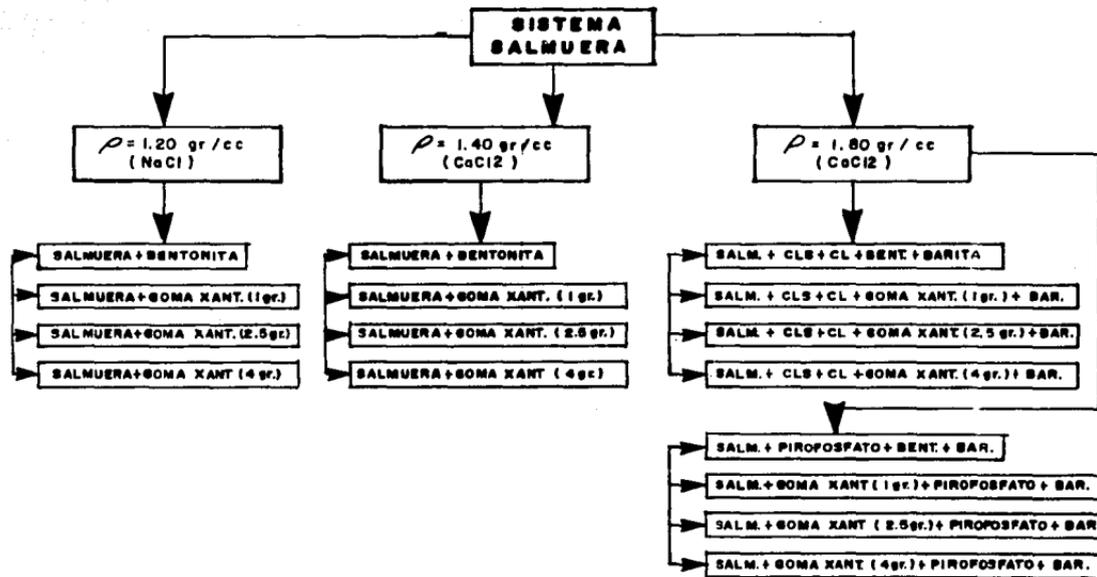
Los siguientes materiales nos permiten obtener salmueras de diferentes densidades:

TABLA 3.1 SISTEMA AGUA DULCE TRATADA Y NO TRATADA



NOTA: CONCENTRACIONES EN gr./lt.

TABLA 3.2 SISTEMA SALMUERA TRATADA Y NO TRATADA



NOTA: CONCENTRACIONES EN gr/lit.

CLORURO	DENSIDAD MAXIMA QUE PROPORCIONA (gr/cm <sup>3</sup> )
Agua de mar	1.03
Cloruro de Potasio (KCL)	1.16
Cloruro de Sodio (NaCL)	1.20
Cloruro de Calcio (CaCl <sub>2</sub> )	1.40
Bromuro de Calcio (CaBr <sub>2</sub> )	1.68
Bromuro de Calcio/ Cloruro de Calcio (CaCl <sub>2</sub> /CaBr <sub>2</sub> )	1.80
Bromuro de Zinc/ Bromuro de Calcio (CaBr <sub>2</sub> /ZnBr <sub>2</sub> )	2.30

TABLA 3.3

ANALISIS DE LABORATORIO DE LOS  
MATERIALES UTILIZADOS

M A T E R I A L	DENSIDAD gr/cm <sup>3</sup>	C O M P O S I C I O N
AGUA DULCE Viscosidad Marsh - 26seg.	1.0	Salinidad (Cloruros) 220 ppm. Alcalinidad 0.1 ml. Carbonatos 122 ppm.
BARITA	4.21	Sulfato de Bario
BENTONITA	2.173	Arcilla Sódica
CLORURO DE SODIO	2.308	NaCl
CLORURO DE CALCIO	1.800	CaCl <sub>2</sub>

### 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.

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 minutos 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 minutos, 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 de nivel se encuentre nivelada.
- E) Leer y anotar la 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. Pod

mos 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 1,500 cc.

Los valores obtenidos con el embudo marsh están influenciados por los principios físicos de velocidad la 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) Vacíe a través del cedazo de muestra de fluido, llevando 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 esfuerzo 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 segundos 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 a analizar (previamente pasado por una malla No. 10 si es necesario, - cuando contiene materiales obturantes) en la copa-

- del viscosímetro hasta la marca.
- C) Sumergir la manga del rotor en la muestra exactamente hasta la línea grabada.
  - D) Conecte el viscosímetro y con la manga girando a - 600 rpm. durante 10 seg. aproximadamente (para romper la gelatinización), esperar que la lectura de la escala se estabilice. Anotar la lectura para - 600 rpm.
  - E) Cambiar a 300 rpm. y cuando la lectura se estabilice anotar la lectura a 300 rpm.
  - F) Inmediatamente cambiar la velocidad a 600 rpm., agitar durante 15 seg. y apagarlo durante 10 seg., dejando que la muestra se asiente. Cambiar el engrane a 3 rpm., mientras el instrumento está parado.
  - G) Al pasar 10 seg. encienda el viscosímetro y tome la máxima deflexión de la escala como el valor del esfuerzo gel de 10 seg. (gel inicial).
  - H) Inmediatamente cambiar a 600 rpm., agitar la muestra por 15 seg., parar el instrumento y esperar 10 minutos. Cambiar el engrane a 3 rpm. mientras el aparato está parado.

- I) Al terminar 10 minutos encienda el viscosímetro y -  
tome la máxima deflexión de la escala como el es-  
fuerzo gel de 10 minutos (gel final).

5. Filtro prensa API de Baja Presión y Temperatura.

Consiste en determinar la cantidad de líquido que se ex  
trae de una muestra de fluido por medio de un filtro -  
prensa de área filtrante específica, a una presión apro  
ximada de 100 lb/pg<sup>2</sup> 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 concen-  
tración y naturaleza de los sólidos dispersos del flui-  
do, especialmente los de dimensiones coloidales, de la-  
concentración y características de los líquidos emulsio-  
nados en el fluido, de la presencia de ciertos reacti-  
vos, tales como el almidón, CMC, quebracho, etc.

- A) Ensámblase la celda receptora, colocando el empaque,  
cedazo, papel filtro y base de celda.
- B) Llene con fluido hasta  $\frac{1}{4}$  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 deg-  
carga de la celda para recibir el filtrado, cierre-

la válvula de purga y ajuste el regulador de presión a 100 lb/pg<sup>2</sup> por 30 minutos.

- D) Pasados los 30 minutos, 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 termínelo de llenar con agua hasta su aforo indicado.
- B) Con el dedo pulgar tapando la parte superior del eleutiómetro, 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 el procedimiento cuantas veces sea necesario hasta obtener únicamente agua cristalina, durante la agitación.
- E) Deje en reposo y mida el contenido de arena en la escala del eleutiómetro.

#### 7. Retorta Fann y Retorta Baroid.

Las propiedades de un fluido como la densidad, fuerza de gelatinosidad 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 INTEGRACION DE LOS SISTEMAS.

#### III.3.1 Fluido tradicional sin tratar:

COMPONENTES	PROPORCION	DENSIDAD
- Agua	1 lt.	1.00 gr/cc
- Bentonita	60 gr.	1.03 gr/cc
- Barita	240 gr.	1.20 gr/cc
	550 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 requerida hasta obtener la densidad deseada, sin dejar de agitar.

NOTA: Concentraciones en gr/lt.

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

COMPONENTE	PROPORCION	DENSIDAD
- Agua	1 lt.	1 gr./cc
- Goma Xantana	1 gr. (0.10%)	1.20 y 1.40
	2.5 gr. (0.25%)	gr./cc
	4 gr. (0.4 %)	
- Barita	240 gr.	1.20 gr./cc
	550 gr.	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 mas lenta que la de la bentonita.
- Adicionar la barita requerida hasta obtener la densidad adecuada sin dejar de agitar.

### III.3.3 Fluido tradicional tratado:

COMPONENTE	PROPORCION	DENSIDAD
- Agua	1 lt.	1.00 gr./cc
- Bentonita	60 gr. (6 %)	1.03 gr./cc

COMPONENTES	PROPORCION	DENSIDAD
- Cls	8 gr.	
- Cl	4 gr.	
- Sosa cáustica	1.5 ml.	
- 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 y 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 de subir el PH.
- Adicionar la barita requerida hasta obtener la densidad necesaria sin dejar de agitar.

III.3.4 Fluido no tradicional tratado:

COMPONENTES	PROPORCION	DENSIDAD
- Agua	1 lt.	1.00 gr./cc
- Goma Xantana	1 gr. (0.10 %)	
	2.5 gr. (0.25 %)	1.80 gr./cc

COMPONENTES	PROPORCION	DENSIDAD
	4 gr. (0.4 %)	
- Sosa Cáustica	1 ml.	
- Cls	8 gr.	
- Cl	4 gr.	
- Pirofosfato (*)	10 gr.	
- Barita	1398 gr.	1.80gr./cc

Procedimiento de integración:

- Poner el agua en el vaso metálico.
- Agregar las cantidades de goma xantana a utilizar.
- Adicionar la sosa cáustica para ajustar el PH.
- Adicionar el Cl y Cls en las cantidades necesarias - sin dejar de agitar.
- ( \* ) Adicionar el pirofosfato en la cantidad necesaria sin dejar de agitar.
- Adicionar la barita requerida hasta obtener la densidad deseada sin dejar de agitar.

III.3.5 Salmuera/bentonita sin tratar:

COMPONENTES	PROPORCION	DENSIDAD
- Agua	1 lt.	1.00 gr./cc
- Cloruro de sodio	325 gr.	1.20 gr./cc
- Cloruro de calcio	1043 gr.	1.40 gr./cc

COMPONENTES	PROPORCION	DENSIDAD
- 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	PROPORCION	DENSIDAD
- Agua	1 lt.	1.00 gr/cc
- Cloruro de sodio	325 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	PROPORCION	DENSIDAD
- Agua	1 lt.	1.00 gr/cc
- 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.	
- 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	PROPORCION	DENSIDAD
- Agua	1 lt.	1.00 gr/cc
- Cloruro de calcio	1043 gr.	1.40 gr/cc
- Goma xantana	1 gr.	
	2.5 gr.	1.80 gr/cc
	4 gr.	
- Barita	699 gr.	1.80 gr/cc
- Cls	8 gr.	
- Cl	4 gr.	
- Pirofosfato (*)	10 gr.	
- Sosa cáustica		

#### 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 cáustica para ajustar el PH al requerido.
- (\*) Adicionar la cantidad necesaria de pirofosfato y sosa cáustica 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:

$$W_a = \frac{V_f (D_f - D_o)}{1 - \frac{D_f}{D_a}} \quad ( 1 )$$

Donde:

- $V_f$  = Volumen final del fluido, (cm<sup>3</sup>)
- $D_o$  = Densidad original del fluido, (gr/cm<sup>3</sup>)
- $D_f$  = Densidad final del fluido, (gr/cm<sup>3</sup>)
- $D_a$  = Densidad del material utilizado, (gr/cm<sup>3</sup>)
- $W_a$  = peso del material por agregar (gr)

Para disminuir densidad:

$$V_{H2O} = \frac{V_i (D_i - D_f)}{(D_f - 1)} \quad ( 2 )$$

Donde:

- $V_i$  = Volumen original de lodo (cm<sup>3</sup>)
- $D_i$  = Densidad inicial del lodo (gr/cm<sup>3</sup>)

$D_f$  = densidad final del lodo ( GR/cm<sup>3</sup> )  
 $V_{H20}$  = volúmen de agua por adicional ( cm<sup>3</sup> )

#### 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	
BASE		6 % Bentonita		0.10 % Goma Xantana	
BARITA		240 gr.		240 gr.	
PH		8		8	
VISCOSIDAD MARSH		38.83 seg.		32.17 seg.	
ENJARRE		6 mm		6.5 mm	
FILTRADO		50 ml.		35 ml.	
% ARENA		0.6		0.5	
RETORTA	( % Agua )	92		96	
	( % Sólidos )	8		4	
VISCOSIDAD 60°F	PLASTICA 120°F	6.5	4	4	3
VISCOSIDAD 60°F	APARENTE 120°F	9.25	6.5	7	4.25
PUNTO DE 60°F	CEDENCIA 120°F	5.5	5	6	2.5
GEL INICIAL 60°F	120°F	4	4	1.5	1.5
GEL FINAL 60°F	120°F	4	5	2	5

		FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.20 gr/cc		1.20 gr/cc	
BASE		6 % Bentonita		0.25 % Goma Xantana	
BARITA		240 gr.		240 gr.	
PH		8		8	
VISCOSIDAD MARSH		38.83 seg.		38 seg.	
ENJARRE		6 mm.		1 mm.	
FILTRADO		50 ml.		15.5 ml.	
% ARENA		0.6		0.25	
RETORTA	(% Agua)	92		92.5	
	(% Sólidos)	8		7.5	
VISCOSIDAD 60°F	PLASTICA 120°F	6.5	4	9	5.5
VISCOSIDAD 60°F	APARENTE 120°F	9.25	6.5	15.5	11.25
PUNTO DE 60°F	CEDECENCIA 120°F	5.5	5	13	11.5
GEL INICIAL 60°F	120°F	4	4	3.5	3.5
GEL FINAL 60°F	120°F	4	5	5	4

		FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.20	gr/cc	1.20	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.4%	Goma Xantana
BARITA		240	gr.	240	gr.
PH		8		8.5	
VISCOSIDAD MARSH		38.83	seg.	46	seg.
ENJARRE		6	mm.	1	mm.
FILTRADO		50	ml.	17	ml.
% ARENA		0.6		0.25	
RETORTA	(% Agua)	92		91.5	
	(% Sólidos)	8		8.5	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	6.5	4	7	6.5
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	9.25	6.5	16.5	14.5
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	5.5	5	19	16
GEL INICIAL 60°F	120°F	4	4	10.5	8
GEL FINAL 60°F	120°F	4	5	9	9

		FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.40 gr/cc		1.40 gr/cc	
BASE		6 % Bentonita		0.10 % Goma Xantana	
BARITA		550 gr.		550 gr.	
PH		8		8	
VISCOSIDAD MARSH		37 seg.		32 seg.	
ENJARRE		4 mm.		7 mm.	
FILTRADO		32.5 ml.		41 ml.	
% ARENA		0.6		0.5	
RETORTA	(% Agua)	80		85	
	(% Sólidos)	20		15	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	10	7	11	5
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	12	9	12.5	7
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	4	4	3	4
GEL INICIAL 60°F	120°F	3.5	6.5	1	1.5
GEL FINAL 60°F	120°F	6.5	6	1.5	1.5

		FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.40 gr/cc		1.40 gr/cc	
BASE		6 % Bentonita		0.25 % Goma Kantana	
BARITA		550 gr.		550 gr.	
PH		8		8	
VISCOSIDAD MARSH		37 seg.		40 seg.	
ENJARRE		4 mm.		1.5 mm.	
FILTRADO		32.5 ml.		19 ml.	
% ARENA		0.6		1	
RETORTA	( % Agua )	80		85	
	( % Sólidos )	20		15	
VISCOSIDAD PLASTICA					
60°F	120°F	10	7	7	7
VISCOSIDAD APARENTE					
60°F	120°F	12	9	12.5	7
PUNTO DE CEDENCIA					
60°F	120°F	4	4	17	15
GEL INICIAL					
60°F	120°F	3.5	6.5	3.5	3
GEL FINAL					
60°F	120°F	6.5	6	3	3

		FLUIDO TRADICIONAL SIN TRATAR		FLUIDO NO-TRADICIONAL SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.40	gr/cc	1.40	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.4%	Goma Xantana
BARITA		550	gr.	550	gr.
PH		8		8	
VISCOSIDAD MARSH		37	seg.	42	seg.
ENJARRE		4	mm	1.5	mm.
FILTRADO		32.5	ml.	12	ml.
% ARENA		0.6		0.45	
RETORTA	( % Agua )	80		87.5	
	( % Sólidos )	20		12.5	
VISCOSIDAD 60°F	PLASTICA 120°F	10	7	11	8.5
VISCOSIDAD 60°F	APARENTE 120°F	12	9	23.5	16.75
PUNTO DE 60°F	CEDENCIA 120°F	4	4	25	16.5
GEL INICIAL 60°F	120°F	3.5	6.5	8.5	6
GEL FINAL 60°F	120°F	6.5	6	11	7

/CLS 8 gr. CL 4 gr.		FLUIDO TRADICIONAL		FLUIDO NO-TRADICIONAL	
DENSIDAD		1.80	gr/cc	1.80	gr/cc
BASE		6	%	0.15	% Goma Xantana
BARITA		1330	gr.	1398	gr.
PH		9		9	
VISCOSIDAD MARSH		39	seg.	36	seg.
ENJARRE		2	mm.	4	mm.
FILTRADO		12	ml.	21	ml.
% ARENA		2		1	
RETORTA	( % Agua )	75		75	
	( % Sólidos )	25		25	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	16	13.5	19	11
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	16.5	12.75	20.5	13.5
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	1	- 1.5	3	5
GEL INICIAL 60°F	120°F	2	1.5	2	0.5
GEL FINAL 60°F	120°F	2	1.5	1.5	0.5

CLS 8 gr. CL 4 gr.		FLUIDO TRADICIONAL TRATADO		FLUIDO NO-TRADICIONAL TRATADO	
DENSIDAD		1.80	gr/cc	1.80	gr/cc
BASE		6	% Bentonita	0.25	% Goma Xantana
BARITA		1330	gr.	1398	gr.
PH		9		9	
VISCOSIDAD MARSH		39	seg.	42	seg.
ENJARRE		2	mm.	2.5	mm.
FILTRADO		12	ml.	18	ml.
% ARENA		2		2.5	
RETORTA	( % Agua )	75		80	
	(% Sólidos)	25		20	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	16	13.5	24.5	16
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	16.5	12.75	37.5	25.5
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	1	- 1.5	26	19
GEL INICIAL 60°F	120°F	2	1.5	6	4.5
GEL FINAL 60°F	120°F	2	1.5	7	5

GLS 8 gr. CL 4 gr.		FLUIDO TRADICIONAL TRATADO		FLUIDO NO-TRADICIONAL TRATADO	
DENSIDAD		1.80	gr/cc	1.80	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.4%	Goma Xantana
BARITA		1330	gr.	1398	gr.
PH		9		9	
VISCOSIDAD MARSH		39	seg.	50	seg.
ENJARRE		2	mm.	2	mm.
FILTRADO		12	ml.	12.5	ml.
% ARENA		2		2	
RETORTA	( % Agua )	75		70	
	(% Sólidos)	25		30	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	16	13.5	21	18
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	16.5	12.75	41.5	34
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	1	- 1.5	41	32
GEL INICIAL 60°F	120°F	2	1.5	10	8.5
GEL FINAL 60°F	120°F	2	1.5	14	11

PIROFOSFATO 10 gr.		FLUIDO TRADICIONAL TRATADO		FLUIDO NO-TRADICIONAL TRATADO	
DENSIDAD		1.80	gr/cc	1.80	gr/cc
BASE		6	% Bentonita	0.25	% Goma Xantana
BARITA		1330	gr.	1398	gr.
PH		9		9	
VISCOSIDAD MARSH		40	seg.	42	seg.
ENJARRE		5	mm.	3	mm.
FILTRADO		22.5	ml.	23	ml.
% ARENA		2		0.75	
RETORTA	( % Agua )	25		75	
	( % Sólidos )	75		25	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	27	16	20	11
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	24	15.5	32	20
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	- 6	- 1	24	18
GEL INICIAL 60°F	120°F	3	3	5.5	3
GEL FINAL 60°F	120°F	12	9	7	8

PIROFOSFATO 10 gr.		FLUIDO TRADICIONAL TRATADO		FLUIDO NO-TRADICIONAL TRATADO	
DENSIDAD		1.80	gr/cc	1.80	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.4%	Goma Xantana
BARITA		1330	gr.	1398	gr.
PH		9		9	
VISCOSIDAD MARSH		40	seg.	56.5	seg.
ENJARRE		5	mm.	2.5	mm.
FILTRADO		22.5	ml.	18.5	ml.
% ARENA		2		1	
RETORTA	( % Agua )	25		80	
	( % Sólidos )	75		20	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	27	16	22	17
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	24	15.5	38	31
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	- 6	- 1	32	28
GEL INICIAL 60°F	120°F	3	3	10	8
GEL FINAL 60°F	120°F	12	9	14	9

		SALMUERA/BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA/GOMA XANTANA SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.20	gr/cc	1.20	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.10 %	Goma Xantana
CLORURO DE SODIO		325	gr.	325	gr.
PH		5		5	
VISCOSIDAD MARSH		31	seg.	31	seg.
ENJARRE		6	mm.	15	mm.
FILTRADO		110	ml.	119	ml.
% ARENA		0.13		5	aspecto coloidal
RETORTA	( % Agua )	87.5		87	
	( % Sólidos )	12.5		13	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	3	1.5	3	1.5
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	3.25	1.75	3.5	2.25
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	0.5	0.5	1	1.5
GEL INICIAL 60°F	120°F	0.7	0.6	1.5	1
GEL FINAL 60°F	120°F	0.5	0.5	1	0.5

		SALMUERA/BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA/GOMA XANTANA SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.20	gr/cc	1.20	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.25 %	Goma Xantana
CLORURO DE SODIO		325	gr.	325	gr.
PH		5		5	
VISCOSIDAD MARSH		31	seg.	31	seg.
ENJARRE		6	mm.	1 mm.	ligera película
FILTRADO		110	ml	100	ml.
% ARENA		0.13		Coloidal	
RETORTA	( % Agua )	87.5		90	
	( % Sólidos )	12.5		10	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	PLASTICA 120°F	3	1.5	2	1.5
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	APARENTE 120°F	3.25	1.75	3	2
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	CEDENCIA 120°F	0.5	0.5	2	1
GEL INICIAL 60°F	120°F	0.7	0.6	1	1
GEL FINAL 60°F	120°F	0.5	0.5	1	1

		SALMUERA/BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA/GOMA XANTANA SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.20	gr/cc	1.20	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.4%	Goma Xantana
CLORURO DE SODIO		325	gr.	325	gr.
PH		5		6	
VISCOSIDAD MARSH		31	seg.	32	seg.
ENJARRE		6	mm.	1.5	mm. (película)
FILTRADO		110	ml.	115	ml.
% ARENA		0.13		Precipitación coloidal	
RETORTA	( % Agua )	87.5		92	
	(% Sólidos)	12.5		8	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	3	1.5	4.5	3
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	3.25	1.75	5.25	3.5
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	0.5	0.5	1.5	1
GEL INICIAL 60°F	120°F	0.7	0.6	1.0	0.5
GEL FINAL 60°F	120°F	0.5	0.5	1	0.5

		SALMUERA/BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA/GOMA XANTANA SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.40	gr/cc	1.40	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.10 %	Goma Xantana
CLORURO DE CALCIO		1043	gr.	1043	gr.
PH		8.5		8.5	
VISCOSIDAD MARSH		44	seg.	37	seg.
ENJARRE		4	mm.	2	mm.
FILTRADO		110	ml.	100	ml.
% ARENA		0.5		0.35	
RETORTA	( % Agua )	73.7		80	
	(% Sólidos)	26.3		20	
VISCOSIDAD 60°F	PLASTICA 120°F	13	7	9	5
VISCOSIDAD 60°F	APARENTE 120°F	13	7.5	9.25	5
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	0	1	0.5	0
GEL INICIAL 60°F	120°F	1	1	1	1
GEL FINAL 60°F	120°F	1	1	1.5	1.5

		SALMUERA/BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA/GOMA XANTANA SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.40	gr/cc	1.40	gr/cc
BASE		6	% Bentonita	0.25	% Goma Xantana
CLORURO DE CALCIO		1043	gr.	1043	gr.
PH		8.5		8.5	
VISCOSIDAD MARSH		44	seg.	39	seg.
ENJARRE		4	mm.	1	mm.
FILTRADO		110	ml.	134	ml.
% ARENA		0.5		0.30	
RETORTA	( % Agua )	73.7		82.5	
	( % Sólidos )	26.3		17.5	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	13	7	8.5	6
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	13	7.5	9.25	5.5
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	0	1	1.5	- 1
GEL INICIAL 60°F	120°F	1	1	1.5	0.5
GEL FINAL 60°F	120°F	1	1	1	0.5

		SALMUERA/BENTONITA SIN TRATAR		SALMUERA/GOMA XANTANA SIN TRATAR	
DENSIDAD		1.40	gr/cc	1.40	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.4%	Goma Xantana
CLORURO DE CALCIO		1043	gr.	1043	gr.
PH		8.5		8.5	
VISCOSIDAD MARSH		44	seg.	40	seg.
ENJARRE		4	mm.	1.5	mm.
FILTRADO		110	ml.	109	ml.
% ARENA		0.5		0.3	
RETORTA	( % Agua )	73.7		80	
	( % Sólidos )	26.3		20	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	13	7	11	6.5
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	13	7.5	11	6.5
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	0	1	0	0
GEL INICIAL 60°F	120°F	1	1	0.5	0.5
GEL FINAL 60°F	120°F	1	1	1	0.5

GLS 8 gr. CL 4 gr.		SALMUERA/BENTONITA TRATADA PH-9		SALMUERA/GOMA XANTANA TRATADA PH-9	
DENSIDAD		1.80	gr/cc	1.80	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.10 %	Goma Xantana
CLORURO DE SODIO		1043	gr.	1500	gr.
BARITA		699		699	
VISCOSIDAD MARSH		44	seg.	40	seg.
ENJARRE		16	mm.	13	mm.
FILTRADO		197	ml.	275	ml.
% ARENA		1.5		6	
RETORTA	( % Agua )	68.5		65	
	( % Sólidos )	31.5		35	
VISCOSIDAD PLASTICA					
60°F	120°F	22	12.5	21	11
VISCOSIDAD APARENTE					
60°F	120°F	20.5	12.5	19	11.5
PUNTO DE CEDENCIA					
60°F	120°F	- 3	0	- 4	- 3
GEL INICIAL					
60°F	120°F	0.5	0.5	1	0.5
GEL FINAL					
60°F	120°F	0.5	0.5	1	0.5

CLS 8 gr. CL 4 gr		SALMUERA/BENTONITA TRATADA PH-9		SALMUERA/GOMA XANTANA TRATADA PH-9	
DENSIDAD		1.80	gr/cc	1.80	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.25 %	Goma Xantana
CLORURO DE CALCIO		1043	gr.	1500	gr.
BARITA		699		699	
VISCOSIDAD MARSH		44	seg.	41	seg.
ENJARRE		16	mm.	17	mm.
FILTRADO		197	ml.	278	ml.
% ARENA		1.5		2.2	
RETORTA	(% Agua )	68.5		70	
	(%Sólidos)	31.5		30	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	22	12.5	20.5	11
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	20.5	12.5	19	11
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	- 3	0	- 3	0
GEL INICIAL 60°F	120°F	0.5	0.5	1	1.5
GEL FINAL 60°F	120°F	0.5	0.5	1	1.5

CLS 8 gr. CL 4 gr.		SALMUERA/BENTONITA TRATADA PH-9		SALMUERA/GOMA XANTANA TRATADA PH-9	
DENSIDAD		1.80	gr/cc	1.80	gr/cc
BASE		6 %	Bentonita	0.4 %	Goma Xantana
CLORURO DE CALCIO		1043	gr.	1500	gr.
BARITA		699		699	
VISCOSIDAD MARSH		44	seg.	45	seg.
ENJARRE		16	mm.	16	mm.
FILTRADO		197	ml.	365.3	ml.
% ARENA		1.5		1	
RETORTA	( % Agua )	68.5		70	
	( % Sólidos )	31.5		30	
VISCOSIDAD PLASTICA 60°F	120°F	22	12.5	19	24.5
VISCOSIDAD APARENTE 60°F	120°F	20.5	12.5	24.25	21
PUNTO DE CEDENCIA 60°F	120°F	- 3	0	10.5	7
GEL INICIAL 60°F	120°F	0.5	0.5	2	2.5
GEL FINAL 60°F	120°F	0.5	0.5	2.5	3

## CAPITULO IV

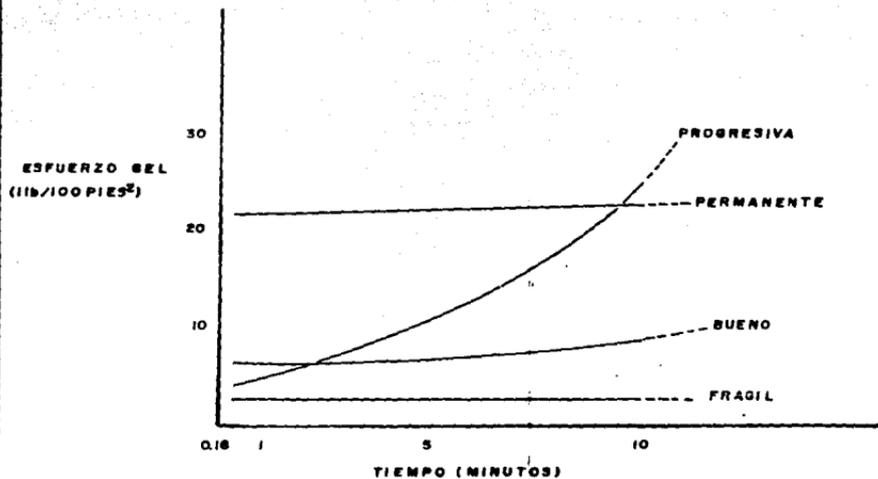
### " ANALISIS DE RESULTADOS "

Es importante que para realizar un análisis de los resultados - obtenidos en las tablas anteriores, se amplíe el concepto de ge latinosisidad, 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 se gundos 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 ):



GRAFICA No. 4.1 GENERALIZACION DEL ESFUERZO GEL

ESTA TESIS NO DEBE  
CALIDAD DE LA BIBLIOTECA

GEL FRAGIL.- Son esfuerzos gel muy bajos e idénticos a 10 segundos y 10 minutos, semejantes a 1/1 ó 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 del 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 ( suaveo ) un brote, o fracturar las formaciones débiles 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 pies<sup>2</sup> son suficientes para sopor tar los cortes.

En sistemas densos, esfuerzos gel de 2 lb f/100 pies<sup>2</sup> son suficientes para soportar la barita. En la mayoría de los sistemas será preferible tener esfuerzos gel de 10 seg. en el rango de - 3 a 5 lb f/100 pies<sup>2</sup>.

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.- ANALISIS DE LOS SISTEMAS AGUA DULCE.

Como ya se había mencionado anteriormente, el lodo de -

control deberá de contener un mínimo porcentaje de sólidos dispersos, 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 0.10 % 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.

Sé logra reducir considerablemente el contenido de sólidos, favoreciendo 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 xantana.

Aún lo anterior también se observa para el lodo tratado con Cls 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 recomienda 0.4 % de goma xantana.

#### IV.2.- ANALISIS DE LOS SISTEMAS BASE SALMUERA.

Para los lodos de densidad 1.20 gr/cc se maneja como material 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 gels descendentes que no favorecen. Para esta densidad se recomendaría una concentración de 0.25 % de goma xantana.

Para los lodos de densidad 1.40 gr/cc se emplea como

material densificante hasta obtener dicha densidad, una sal divalente ( cloruro de calcio ). Para este 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 - recomendaría 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 este 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 60°F y 120°F (16°C y 49°C)

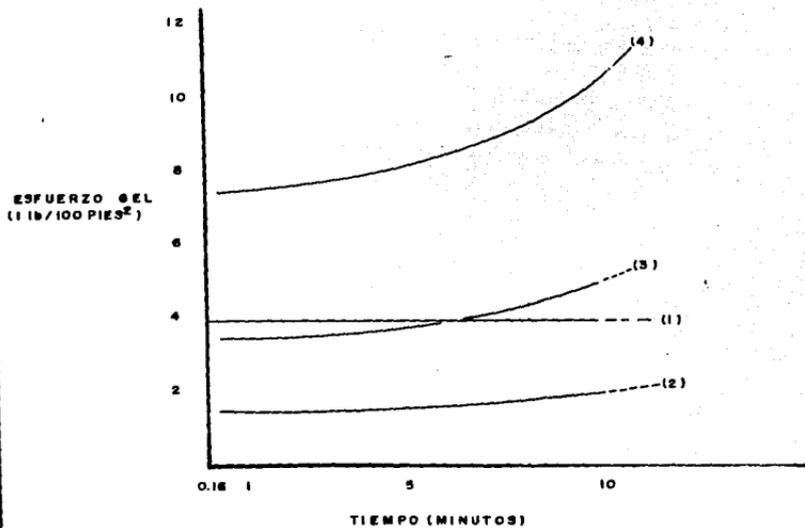
DENSIDAD	TRATAMIENTO	*	COMPONENTES
1.2 gr/cm <sup>3</sup>	SIN TRATAR	1	AGUA + BENTONITA ( 6 % ) + BARITA
		2	AGUA + GOMA XANTANA ( 0.10 % ) + BARITA
		3	AGUA + GOMA XANTANA ( 0.25 % ) + BARITA
		4	AGUA + GOMA XANTANA ( 0.40 % ) + BARITA
1.4 gr/cm <sup>3</sup>	SIN TRATAR	1	AGUA + BENTONITA ( 6 % ) + BARITA
		2	AGUA + GOMA XANTANA ( 0.10 % ) + BARITA
		3	AGUA + GOMA XANTANA ( 0.25 % ) + BARITA
		4	AGUA + GOMA XANTANA ( 0.40 % ) + BARITA
1.8 gr/cm <sup>3</sup>	CROMOLIGNOSULFATO (0.80 %) Y CROMOLIGNITO (0.40%)	1	AGUA + BENTONITA (6%) + CLS y CL + BARITA
		2	AGUA + GOMA XANTANA (0.10%) + CLS y CL + BARITA
		3	AGUA + GOMA XANTANA (0.25%) + CLS y CL + BARITA
		4	AGUA + GOMA XANTANA (0.40%) + CLS y CL + BARITA
	PIROFOSFATO ( 1 % )	1	AGUA + BENTONITA (6%) + PIROFOSFATO + BARITA
		2	AGUA + GOMA XANTANA (0.25%)+PIROFOSFATO+BARITA
		3	AGUA + GOMA XANTANA (0.40%)+PIROFOSFATO+BARITA

\* PARA CONSULTA EN GRAFICAS DE COMPORTAMIENTO ESFUERZO GEL VS. TIEMPO.

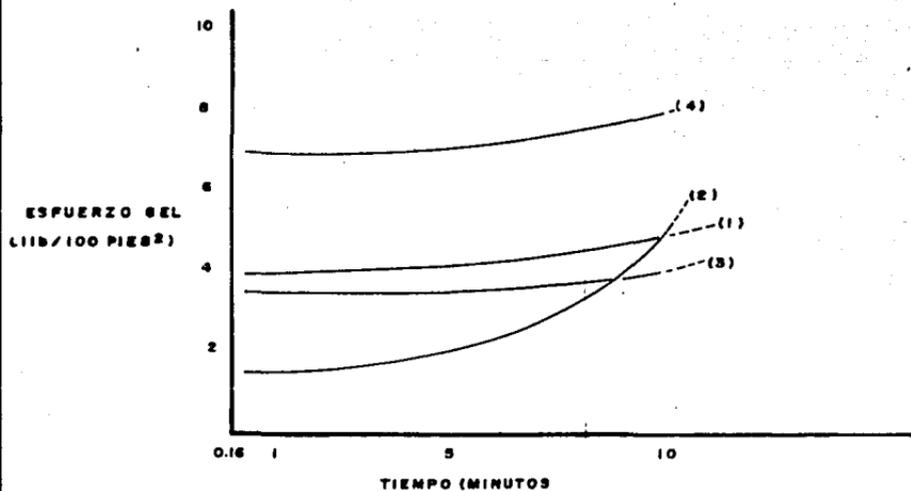
SISTEMA SALMUERA A 60°F y 120°F ( 16°C y 49°C )

DENSIDAD	TRATAMIENTO	*	COMPONENTES
1.2 gr/cm <sup>3</sup>	Sin Tratar	1 2 3 4	Agua + NaCl + Bentonita ( 6 % ) Agua + NaCl + Goma Xantana (0.10 % ) Agua + NaCl + Goma Xantana (0.25 % ) Agua + NaCl + Goma Xantana (0.40 % )
1.4 gr/cm <sup>3</sup>	Sin tratar	1 2 3 4	Agua + CaCl <sub>2</sub> + Bentonita ( 6 % ) Agua + CaCl <sub>2</sub> + Goma Xantana ( 0.10 % ) Agua + CaCl <sub>2</sub> + Goma Xantana ( 0.25 % ) Agua + CaCl <sub>2</sub> + Goma Xantana ( 0.40 % )
1.8 gr/cm <sup>3</sup>	Cromolignosulfato y Cromolignito	1 2 3 4	Agua + CaCl <sub>2</sub> + Bentonita + CLS y CL + Barita Agua + Goma Xantana (0.10%) + CLS y CL + Barita Agua + Goma Xantana (0.25%) + CLS y CL + Barita Agua + Goma Xantana (0.40%) + CLS y CL + Barita

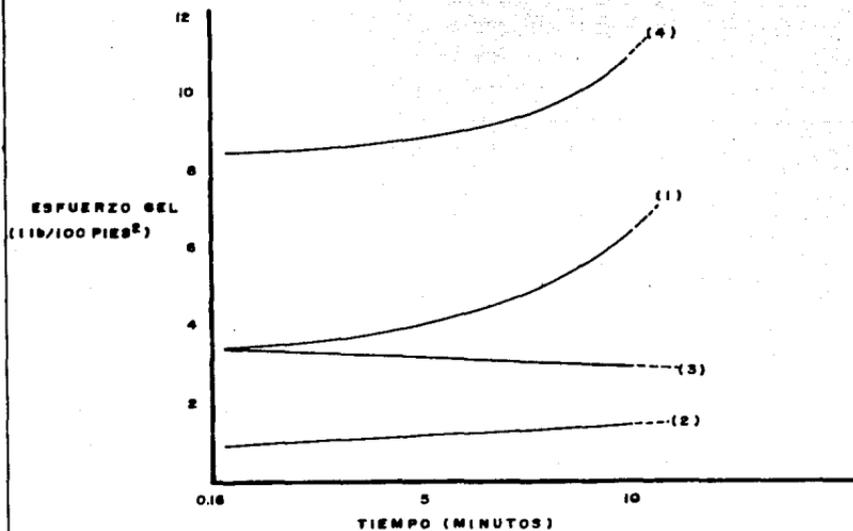
\* PARA CONSULTA EN GRAFICAS DE COMPORTAMIENTO ESFUERZO GEL VS. TIEMPO.



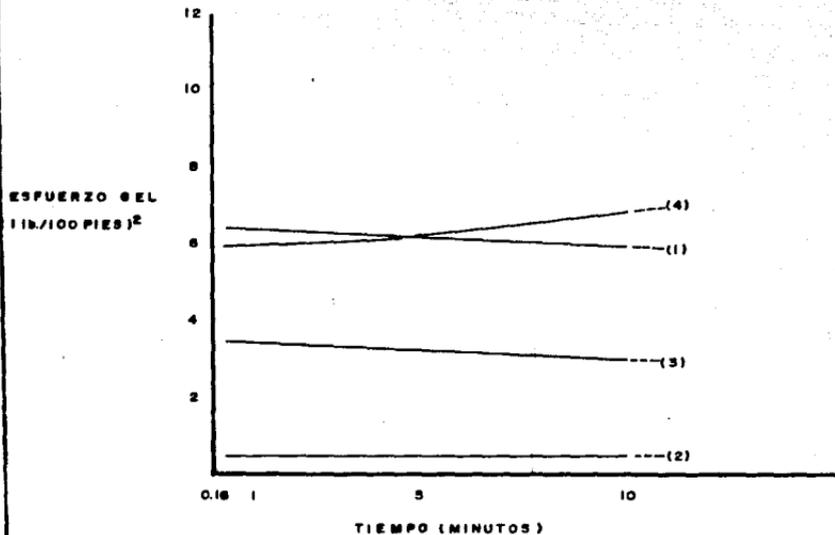
GRAFICA No. 4.1 SISTEMA: AGUA DULCE  $\rho = 1.20 \text{ g/cm}^3 @ 60^\circ \text{F}$



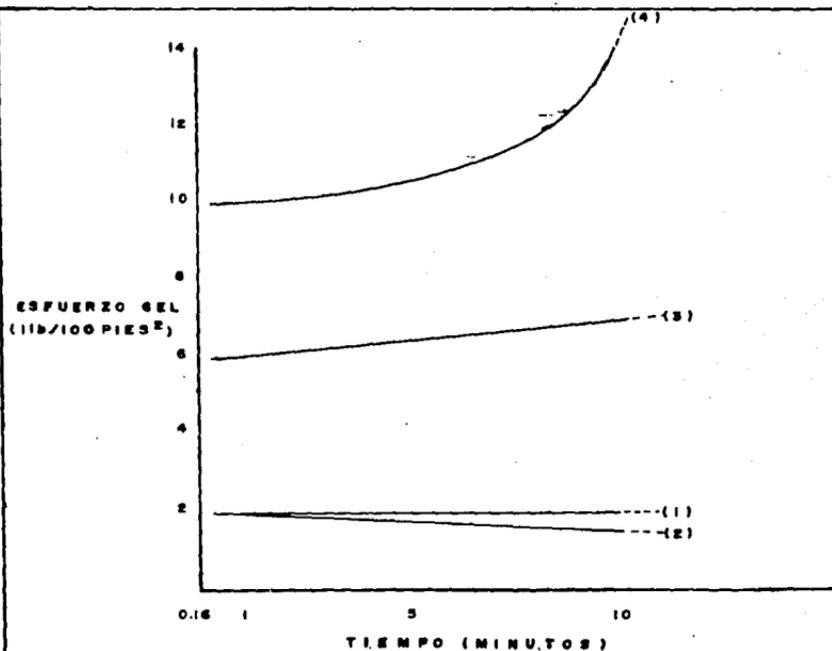
GRAFICA No. 4.2 SISTEMA: AGUA DULCE  $\rho = 1.20 \text{ g/CM}^3 @ 120^\circ \text{F}$



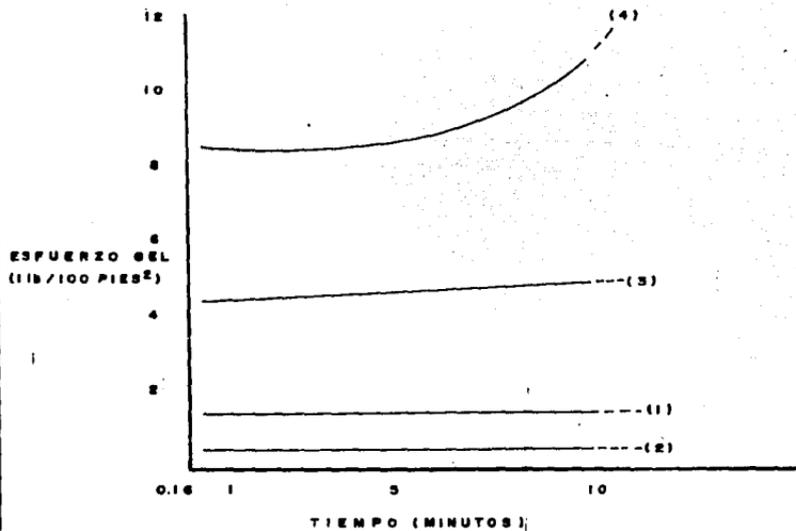
GRAFICA No.4.3 SISTEMA: AGUA DULCE  $\rho = 1.40 \text{ g/cm}^3 @ 60^\circ \text{F.}$



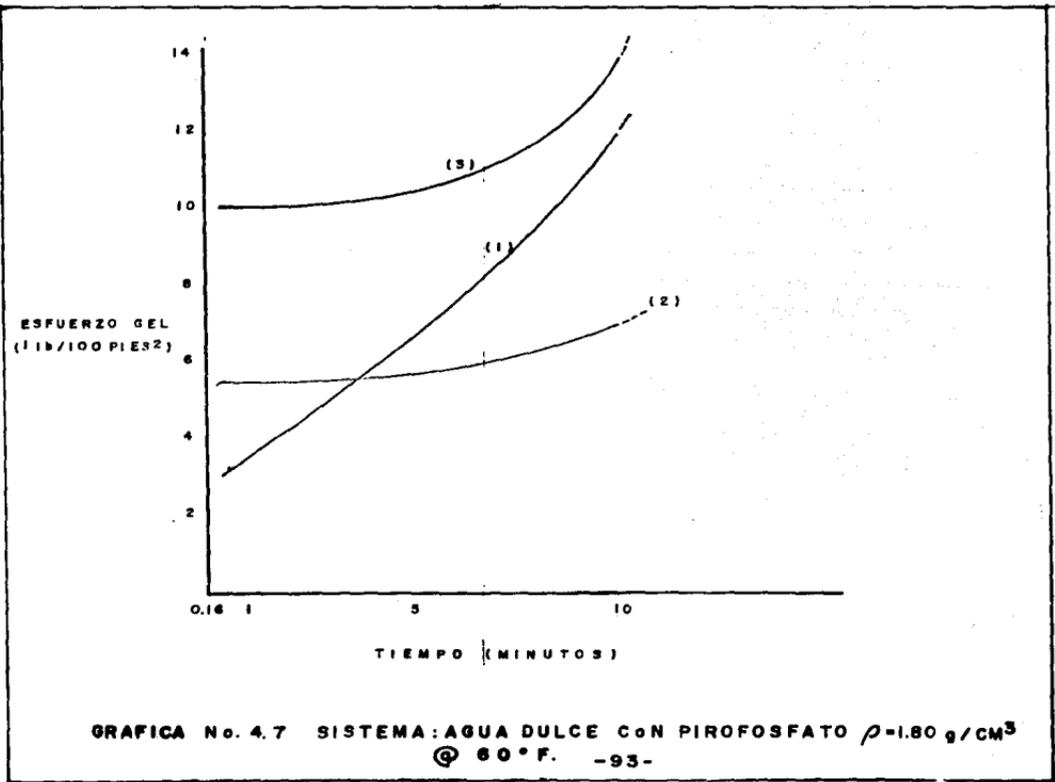
GRAFICA No. 4.4 SISTEMA: AGUA DULCE  $\rho = 1.409/\text{CM}^3$  @ 120° F.



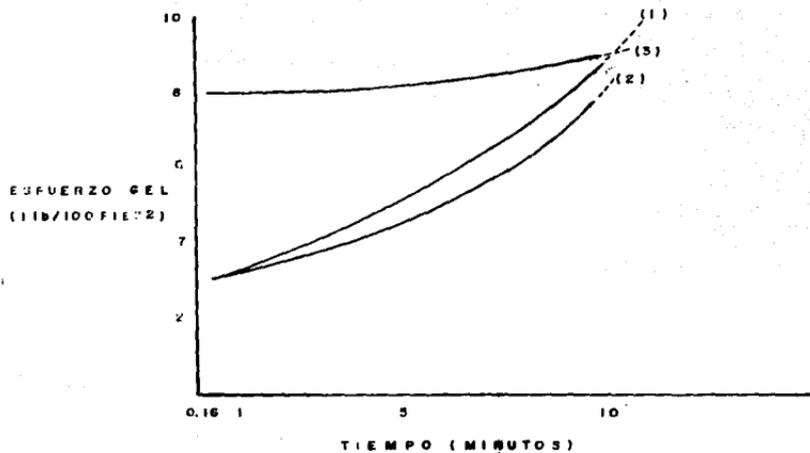
GRAFICA No. 4.5 SISTEMA: AGUA DULCE CON CLS. Y CL.  $\rho = 1.80 \text{ g/CM}^3 @ 60^\circ\text{F.}$



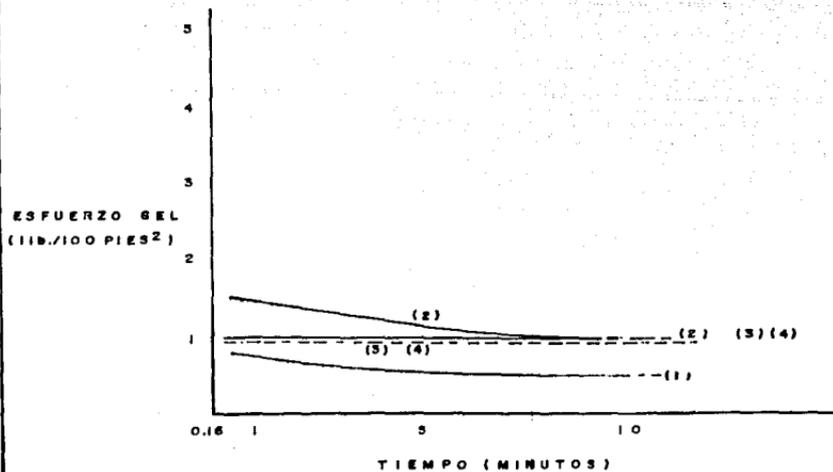
GRAFICA No. 4.6 SISTEMA: AGUA DULCE CON CLS y CL  $\rho = 1.80 \text{ g/CM}^3$   
 @ 120° F.



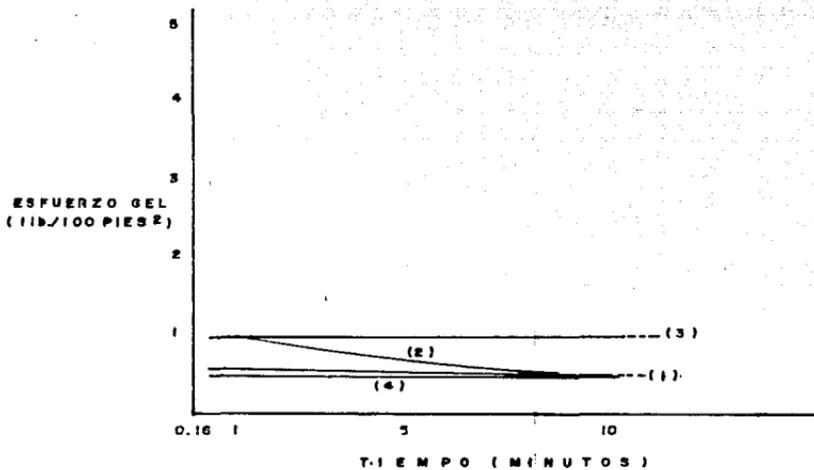
GRAFICA No. 4.7 SISTEMA: AGUA DULCE con PIROFOSFATO  $\rho = 1.80 \text{ g/cm}^3$   
 @ 60° F. -93-



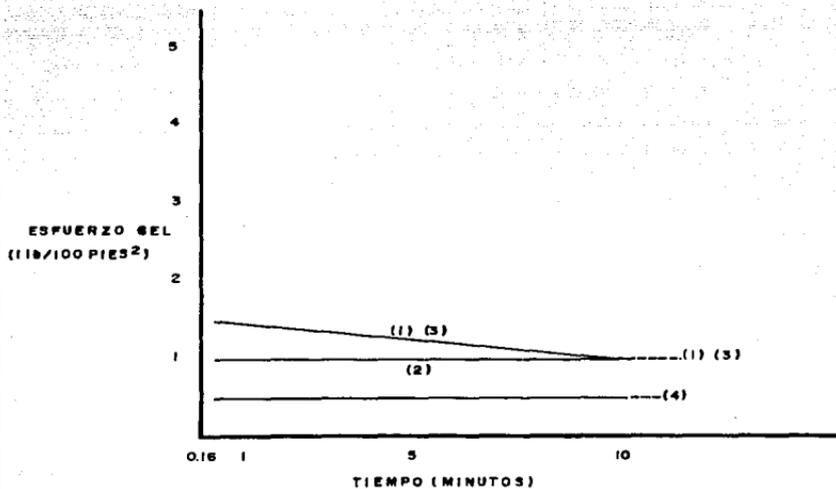
GRAFICA No. 4.B SISTEMA AGUA DULCE CON PIROFOSFATO  $\rho=1.80 \text{ g/CM.}^3$   
 @ 120° F.



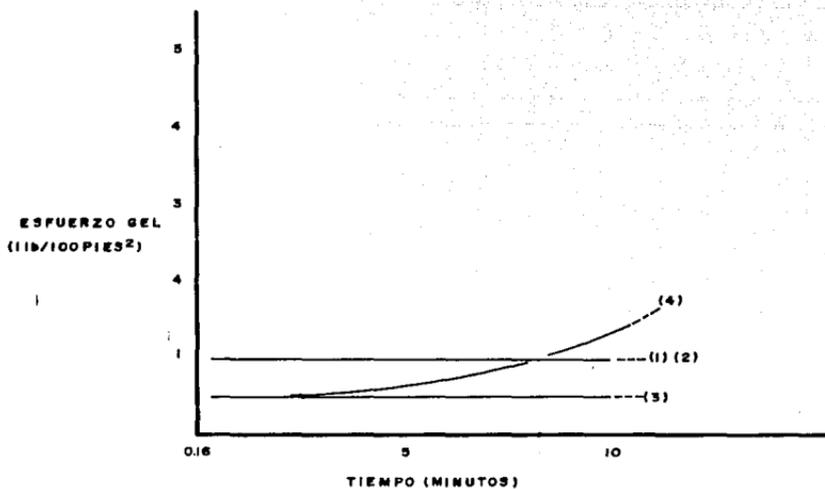
GRAFICA N. 4.9 SISTEMA: SALMUERA  $\rho = 1.20 \text{ g/CM}^3$  a  $60^\circ \text{F}$ .



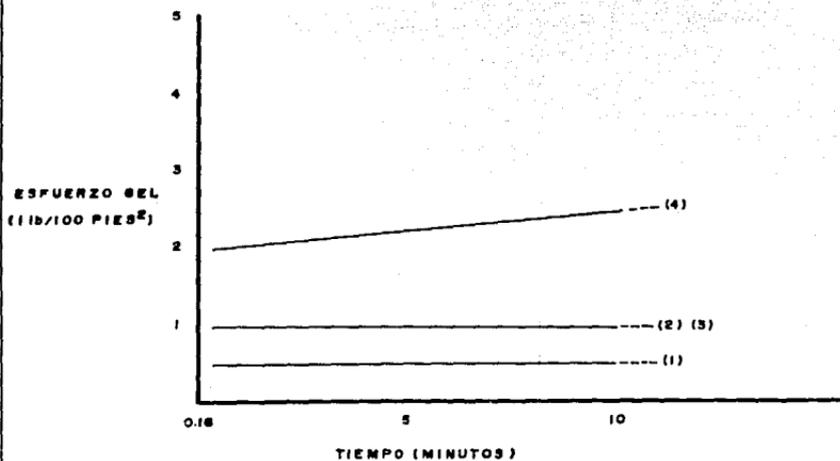
GRAFICA No.4.10 SISTEMA: SALMUERA  $\rho = 1.20 \text{ g/CM}^3 @ 120^\circ \text{F.}$



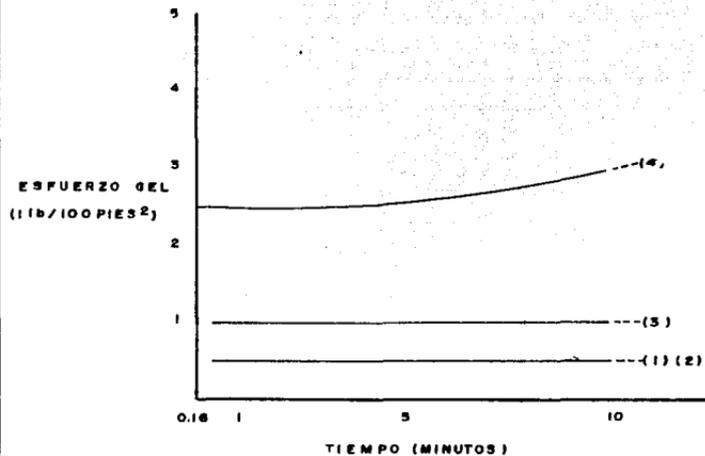
GRAFICA No.4. II SISTEMA: SALMUERA  $\rho = 1.40 \text{ g/CM}^3$  @ 60°F.



GRAFICA No. 4.12 SISTEMA: SALMUERA  $\rho = 1.40 \text{ g}/\text{CM}^3 @ 120^\circ \text{ F.}$



GRAFICA No.4.13 SISTEMA: SALMUERA CON CLS y CL  $\rho = 1.80 \text{ g/CM}^3 @ 60^\circ \text{ F.}$



GRAFICA No. 4.14 SISTEMA: SALMUERA CON CLS y CL  $\rho = 1.80 \text{ g/CM}^3$  @ 120° F.

## C O N C L U S I O N E S

- 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 la goma xantana permite el uso de sales monovalentes como material densificante no así los sistemas a base de bentonita los cuales se ha--cen 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 eliminan la barita y reducen la permeabilidad y porosidad de la for--mación.
- 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 filtra---dos.
- 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 Bingham 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 -

antiespumantes.

- 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.- Acosta, Dan, Petrolite Oilfield Chemicals Group. -  
" Maximizing Recovery Using Completion and Workover  
Fluids ".- Petroleum Engineer - April 1986.
- 2.- Allen, Thomas O. and Roberts Alan P.  
" Production Operation. Well Completion Workover -  
and Stimulation ".- Vol. I Cap. 8 2nd. Printing.
- 3.- Barrera, Carlos G.  
" Resultado de las Pruebas efectuadas con Antiespu-  
mantes en Fluidos de Control de Polimeros ".- Inge-  
niería Petrolera - Septiembre 1986.
- 4.- Carney, Leroy L.  
" Completion Fluids: Considerations for Proper - -  
Selection ".- Petroleum Engineer - April 1977.
- 5.- Chamberlain, D. E.  
" A Different, Approach to Solving Mud Related hole  
Problems ".- AIME - May 1976.
- 6.- I M P.  
" Curso de Fluidos de Perforación, Reparación y Ter-  
minación de Pozos para Ingenieros Petroleros de Nue-  
vo Ingreso a Pemex ".- Abril 1984.
- 7.- I M P - P E M E X.  
" Fluidos de Control, Nivel 2 ".- Gerencia de Repa-  
ración y Terminación de Pozos. Programa Nacional-  
de Capacitación.- México 1985.
- 8.- Malachosky, Ed.,  
" Innovations, Regulations change drilling Fluid -

Technology ".- PEI - April 1986.

- 9.- Meyers, K. P., Skillman H. L., Herrig, G. D.  
" Control of Formation Damage at Prodhoe bay, Alaska,  
by Inhibiter Squeeze Treatatment".- JPT - June 1985.
- 10.- Millhone, Ralph S.  
" Completion Fluids for Maximizing Productivity State  
of the Art ".- JPT - January 1983.
- 11.- Muhleman, Thomas M.,  
" Guide to Drilling, Completion and Workover Fluids "  
World Oil - May 1986.
- 12.- Oilfield Products Group,  
" Kelzan XC-Polymer for Completion and Workover Fluids"  
Technical Bulletin Kelao.- September 1985.
- 13.- Oilfield Products Group,  
" Pfizar Research Scientist Dispels Common Misconceptios  
About Xanthan ".- Technical Bulletin Pfizer - September -  
1985.
- 14.- Potter, J. J., Dibble Jr., W. E.  
" Chemical aspects of iron, colloid plugging in quartz -  
sands and implications for formation damage " .- JPT -  
Septiember 1985.
- 15.- Simpson, J. Jay.  
" The drilling mud-dilema- recent examples ".- JPT - -  
February 1985.
- 16.- Tyler, T. N., Metzger, R. R., Twyford, L. R.  
" Analysis and treatman of formation damage at proudhoe-  
by, Alaska ".- JPT - June 1985.

- 17.- W. Cole Frank, L. Moore, Preston.  
" Drilling operations manual".- The petroleum - - -  
publishing company.
- 18.- " Apuntes de Fluidos de Perforación "  
Ing. Francisco Garaicochea Petreirena e Ing. Miguel An-  
gel Benítez Hernández, editados por la Facultad de In-  
geniería, U. N. A. M.
- 19.- " Apuntes de Clase de Terminación y Reparación de Po--  
zos ".- Impartida en la Facultad de Ingeniería, - - -  
U. N. A. M., por el Ing. Carlos Islas Silva.
- 20.- " Apuntes de Clase de Laboratorio de Fluidos de Perfo-  
ración de Pozos " , impartida en la Facultad de Inge--  
nería, U. N. A. M., por la Quim: Rosa de Jesús Hernán-  
dez A.