



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN MONAGAS VENEZUELA**

**DESARROLLO DE UN ADITIVO VISCOSIFICANTE COMO SUSTITUTO
DE LA GOMA XÁNTICA PARA LA FORMULACIÓN DE FLUIDOS DE
PERFORACIÓN POLIMÉRICOS BASE AGUA**

REALIZADO POR:

**ANAROSA DEL VALLE RATTI BELLO
JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ DÍAZ**

**Trabajo Especial de Grado Presentado como Requisito Parcial para Optar al
Título de:
INGENIERO DE PETRÓLEO**

MATURÍN, MAYO 2012

ACTA DE APROBACION



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN MONAGAS VENEZUELA

DESARROLLO DE UN ADITIVO VISCOSIFICANTE COMO SUSTITUTO
DE LA GOMA XÁNTICA PARA LA FORMULACIÓN DE FLUIDOS DE
PERFORACIÓN POLIMÉRICOS BASE AGUA

REALIZADO POR:

ANAROSA DEL VALLE RATTI BELLO
C.I. 16.625.794
JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ DÍAZ
C.I. 17.723.564

APROBADO POR

ING. JESÚS OTAÑOLA
Asesor Académico

MSC. RUBÉN VEGA
Jurado Principal

ING. MARÍA GARCÍA
Jurado Principal

MATURÍN, MAYO 2012

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado: “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.



DEDICATORIA

Hoy cuando culmina este largo camino quiero dedicar este logro

A mí madre Ángela Bello, por ser una mujer de espíritu luchador e inagotable, digna de admiración y respeto, que ha dedicado el transcurrir de su vida a mi formación y educación con amor, abnegación y sacrificios. Siempre será mi deseo cumplir tus sueños empezando con este. A mi padre Oscar Ratti porque constantemente me has guiado, colaborado y alentado a superarme, a tener fe en mi capacidad de lograr mis sueños. Mis logros son sus logros, espero ser siempre el motivo de su orgullo.

A mis primos menores que se iniciaran pronto en la adultez, no olviden que lo importante es ser fieles a sí mismos y conservar nuestra fe en que podemos ser mejores para poder lograr una diferencia y convertir nuestros sueños en realidad.

A mis muy queridos amigos que aun no alcanzan su meta, la perseverancia y trabajo duro siempre encuentra su recompensa, no se rindan su momento de éxito llegara.

Anarosa Ratti Bello

DEDICATORIA

Esta tesis representa la culminación de una etapa y comienzo de una nueva en mi vida por esto y más, la dedico a Dios Todo Poderoso, porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres José Miguel Rodríguez y Crisanta Díaz, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos brindándome un ejemplo de perseverancia.

A mis hermanas, Milcris Katherine y Milcris Elena, que me acompañaron a lo largo del camino, brindándome el apoyo para continuar y momentos de ánimo así mismo ayudándome en lo que fuera.

Esto es por ustedes, familia que obra unida permanece unida. No los quiero, los amo.

Lo que hoy es utópico mañana es real. Mundos Posibles. La utopía es lo que ha conducido a que seamos posibles. Jerome Bruner.

Lo utópico es y será siempre una realidad en potencia, depende de nosotros si sigue siendo utópico o no.

José Miguel Rodríguez Díaz

AGRADECIMIENTOS

Inimaginable son las palabras y recuerdos que albergan en mi memoria, aunque ésta no siempre permita hacer justicia con las personas que durante años me han ayudado. Por ello, considero indispensable escribir sus nombres para que nunca se olvide su participación en este logro. Quisiera expresar mis más sinceros agradecimientos:

A Dios, por colocar en este arduo camino manos amigas que compartieron sus conocimientos, experiencias y dedicación incondicional.

A mis padres por su comprensión, su paciencia, su apoyo y su inquebrantable fe hacia mi persona, las palabras no son suficientes para expresar lo agradecida que me siento por su amor incondicional. De igual manera a toda mi familia en especial a mi tía Shonciret Ratti por su ayuda, sus consejos y apoyo muchas gracias.

A José Miguel Rodríguez por su amistad y por ser mi camarada en este último escalón de nuestra carrera, por brindarme tu apoyo, colaboración, paciencia y compañerismo mil gracias.

A mi tutor y amigo Jesús Otahola, por la oportunidad y la ayuda que me brindaste para cumplir con mi meta, por siempre estaré agradecida.

A Daniel Bermúdez y Hawari Pereira por toda la colaboración y ayuda que me prestaron con la realización de mi tesis, de igual manera a Tahelis y Carla por hacer más amena las horas de trabajo en el laboratorio, no pude haber pedido mejores compañeros, fue un placer haber compartido con los cuatro.

A mis amigos Diego Reyes, Natali Mendoza, Virginia Cova, Marielvis Ruiz, Julio Cesar Velásquez, Yolisay Laguna y Luis Betancourt por la alegría y amistad que me brindan gracias, su presencia hace más llevadera cualquier dificultad y exalta aun más el gozo de los buenos momentos.

A los técnicos de los laboratorios de forraje, suelo y por la colaboración para la realización de mi tesis.

Anarosa Ratti Bello



AGRADECIMIENTOS

Al iniciar con mis agradecimientos pensé que por descuido podía olvidar mencionar a alguien importante, por eso desde ya pido las disculpas correspondientes en caso de que suceda.

Antes que a todos quiero agradecer a Dios por darme las fuerzas necesarias en los momentos en que más los necesité y bendecirme con la posibilidad de caminar a su lado durante toda mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo de mis padres, hermanas, y demás familiares, porque han contribuido positivamente para llevar a cabo esta difícil jornada.

A mi compañera de tesis Anarosa Ratti, por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su cariño, por ser tal y como eres... gran apoyo, excelente amiga, gracias mi mol por toda esa constancia.

Al profesor Jesús Alejandro Otahola asesor y buen amigo; quien brindó todo su apoyo y ánimo; siendo ejemplo de constancia y profesionalidad, orientándome en todo momento en la realización de este proyecto.

A la casa más alta del oriente UDO y a quienes fueron mis compañeros de estudios desde el inicio hasta el final de mi carrera, brindándome su cariño, comprensión y apoyo, dándome con ello, momentos muy gratos; María J Gómez, Valentina Pérez, Aníbal Moreno, Raquel Bello, Carla Charles, José R Manzano, Francis Rodríguez, Nora Smith, Rosangela Mendoza, Nerlys Marcano, Nelsy Ortiz,

Luisianny Peñalver, María Rodríguez, Rosmary Martínez, Jean Santa Cruz, Marielvis Ruiz, Julio Velázquez, Luis Betancourt, Lenny Acuña, Nathali, , Diego Reyes, Virginia Coa, Yolisay Laguna, Rodolfo Coa. UDO siempre UDO.

A los compañeros de laboratorio, Daniel Bermúdez, Hawari Pereira, Taelis y Carla, por hacer un ambiente simplemente perfecto, su motivación y optimismo me ayudaron en el desarrollo de la tesis.

Por último, pero no menos importante a la Comunidad Inmaculada Concepción que me ha mantenido firme en la fe en especial a Romer Bastardo, Fátima Carrera, María Lugo, Alberto Jiménez, Jaclin Suárez, Jesús Villarroel, Cleiber Peña, Javier Romero y a mi novia Rosmary Suárez quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante.

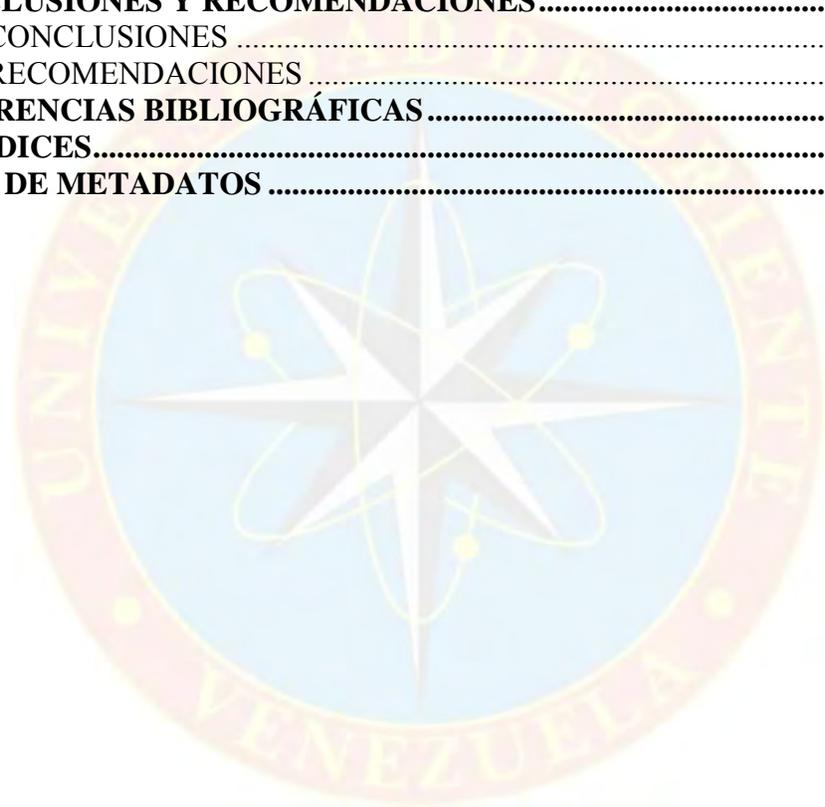
Mil gracias a cada uno de ustedes de todo corazón...

José Miguel Rodríguez Díaz

ÍNDICE

ACTA DE APROBACION	ii
RESOLUCIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE	x
LISTA DE GRÁFICOS	xii
LISTA DE TABLAS	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.2 BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1 Fluidos de perforación.....	7
2.2.2 Funciones del fluido de perforación.....	7
2.2.3 Propiedades de los fluidos de perforación.....	7
2.2.4 Materiales viscosificantes.....	9
2.2.5 Goma xántica.....	10
2.2.6 Cayena (<i>Hibiscus rosasinensis</i>).....	11
2.2.7 Polímeros.....	12
2.2.8 Clasificación de polímeros.....	12
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	13
CAPÍTULO III.....	15
MARCO METODOLÓGICO	15
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	15
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	15
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	16
3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	16
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	20
3.6 RECURSOS	21
CAPÍTULO IV	22
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	22
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ADITIVO VISCOSIFICANTE DESARROLLADO COMO SUSTITUTO DE LA GOMA XÁNTICA	22

4.2 COMPARACIÓN DEL EFECTO DEL ADITIVO VISCOSIFICANTE DESARROLLADO Y DE LA GOMA XÁNTICA SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN POLIMÉRICO BASE AGUA	24
4.3 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE AGENTES CONTAMINANTES SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS FORMULADOS CON EL ADITIVO VISCOSIFICANTE DESARROLLADO Y LOS FORMULADOS CON GOMA XÁNTICA.....	30
CAPÍTULO V.....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
5.1 CONCLUSIONES	42
5.2 RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÉNDICES.....	46
HOJA DE METADATOS	101



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N°4.1 .Viscosidad plástica de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	24
Gráfico N°4.2. El punto cedente de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	26
Gráfico N°4.3. El esfuerzo de gel de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	27
Gráfico N°4.4. Volumen de filtrado y el espesor del revoque de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	28
Gráfico N°4.5. Alcalinidad de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base cayena.....	29
Gráfico N°4.6. Contenido de cloruro y contenido de calcio de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base cayena.....	30
Gráfico N°4.7. Efectos de agentes contaminantes sobre la viscosidad plástica de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	31
Gráfico N°4.8. Efectos de agentes contaminantes sobre el punto cedente de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	32
Gráfico N°4.9. Efectos de agentes contaminantes sobre el esfuerzo de gel inicial de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	33
Gráfico N°4.10. Efectos de agentes contaminantes sobre el esfuerzo de gel final de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	34
Gráfico N°4.11. Efectos de agentes contaminantes sobre el revoque de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificantes.....	35
Gráfico N°4.12. Efectos de agentes contaminantes sobre el filtrado de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificantes.....	36
Gráfico N°4.13. Efectos de agentes contaminantes sobre la alcalinidad del lodo (PM) de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	37
Gráfico N°4.14. Efectos de agentes contaminantes sobre la alcalinidad del filtrado (Pf) de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	38
Gráfico N°4.15. Efectos de agentes contaminantes sobre la alcalinidad del filtrado (Mf) de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena.....	39

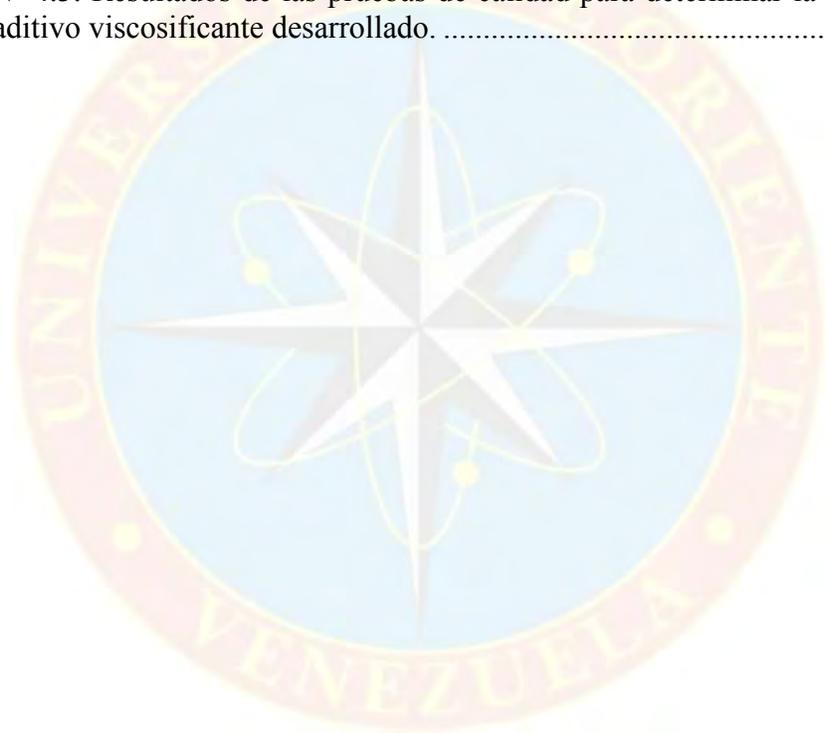
Gráfico N°4.16. Efectos de agentes contaminantes sobre el contenido cloruro de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena 40

Gráfico N°4.17. Efectos de agentes contaminantes sobre el contenido de calcio de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena 41



LISTA DE TABLAS

Tabla N°3.1. Requerimientos de las propiedades para el control de calidad de la goma xántica establecidas por la empresa ESVENCA	17
Tabla 3.2 Aditivos para la formulación de las muestras de fluido polimérico con goma xántica como viscosificante.....	18
Tabla 3.3 Aditivos para la formulación de las muestras de fluido polimérico con el aditivo desarrollado como viscosificante.	18
Tabla N° 4.1. Propiedades del aditivo viscosificante desarrollado a base de cayena. 22	
Tabla N° 4.2. Propiedades de la goma xántica como aditivo viscosificante.	22
Tabla N° 4.3. Resultados de las pruebas de calidad para determinar la concentración del aditivo viscosificante desarrollado.	23





**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**DESARROLLO DE UN ADITIVO VISCOSIFICANTE COMO SUSTITUTO
DE LA GOMA XÁNTICA PARA LA FORMULACIÓN DE FLUIDOS DE
PERFORACIÓN POLIMÉRICOS BASE AGUA**

AUTORES:

ANAROSA DEL VALLE RATTI BELLO

C.I. 16.625.794

JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ DÍAZ

C.I. 17.723.564

MARZO 2012

ASESOR:

ING. JESÚS OTAHOLA

ASESOR ACADÉMICO

RESUMEN

Para desarrollar el aditivo viscosificante la cayena se sometió a un proceso de deshidratación, molienda y tamizado para llevarlo a condiciones que faciliten su solubilidad en agua, el producto resultante se caracterizó determinando sus principales propiedades físicas, para luego someterla a pruebas de calidad a fin de estimar una concentración que cumpliera con los requerimientos establecidos por las empresas de servicio para la goma xántica. Se formularon muestras de fluidos usando como viscosificantes goma xántica y el aditivo desarrollado para hacer una comparación entre ambos y conocer si es posible la aplicación del aditivo desarrollado como agente viscosificante, evaluando de igual manera el comportamiento de sus propiedades físicas y químicas antes y después de contaminarlas con (1lb y 1,5lb) de cal hidratada, (2% y 4%) v/v de cloruro de calcio y (2% y 4%) v/v de crudo de 9° API. Se realizó un análisis de varianza y las diferencias entre los resultados obtenidos fueron determinados mediante la aplicación de la diferencia mínima significativa (DMS; $P \leq 0,05$), utilizando como patrón de comparación el fluido formulado con goma xántica. Como conclusión principal se tiene que el aditivo desarrollado a base de cayena no presentó el mismo rendimiento como agente viscosificante en fluidos de perforación poliméricos base agua en comparación con la goma xántica basados en los resultados obtenidos en los parámetros de estudio donde se observó la diferencia estadística entre ambos aditivos.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial y en nuestro país, el petróleo ha sido un elemento determinante y decisivo en la transformación política, económica y social; Venezuela es un país con una economía dependiente de la explotación del petróleo generando un nexo directo entre el nivel de producción de petróleo y la disponibilidad financiera para fines de inversión social y desarrollo económico. La creciente necesidad que tiene el estado venezolano de optimizar los procesos de exploración, perforación y producción petrolera en aras de incrementar la productividad, ha conllevado a la investigación y desarrollo de numerosos proyectos para lograrlo.

En la perforación de pozos petroleros uno de los puntos a consideración es el fluido de perforación, el cual debe contar con características y propiedades específicas que permitan mantener la estabilidad del hoyo que se está perforando y una serie de condiciones que brinden la posibilidad de seguir perforando eficientemente, lo que ha incentivado el estudio de nuevos productos que se puedan usar como aditivos en la formulación de fluidos de perforación de forma que contribuyan a mejorar este proceso y a disminuir los costos asociados a la explotación de hidrocarburos a través de la posible sustitución de productos en su mayoría importados existentes en el mercado. Tal es el caso de la goma xántica usada como viscosificante que permite mejorar la habilidad de remoción de sólidos o recortes por parte de los fluidos durante la perforación del pozo y a la vez proporcionar propiedades de suspensión del material densificante. La presente investigación contribuye al conocimiento de la aplicación de materia prima nacional, no convencional para el desarrollo de aditivos que puedan ser usados en la formulación de fluidos de perforación que cumpla a cabalidad la función para la que serán desarrollados y de este modo representar una herramienta de utilidad tanto académica como industrial.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el medio en el que se realizan las operaciones de perforación de pozos petroleros, uno de los componentes importantes involucrados es el que se conoce como fluido de perforación que constituye un sistema con características físicas y químicas que se adaptan a los requerimientos del proceso de perforación y a la compatibilidad con las formaciones a ser atravesadas; entre sus funciones se destaca mantener la estabilidad del pozo gracias a que presentan propiedades tixotrópicas.

Al ser la perforación de un pozo petrolero un proceso dinámico en el que se pueden producir cambios de las condiciones de operación a medida de que se avanza a través de las arenas del subsuelo, es posible que durante su desarrollo sea necesario ajustar la composición del fluido empleado, ya sea por la adición de agua o de productos capaces de subsanar el desequilibrio que pueda estar presentándose. Uno de los constituyentes que conforman un fluido de perforación, son los agentes viscosificantes, que son aditivos que se agregan a los fluidos para mejorar su habilidad para remover los cortes del hoyo y suspender el material densificante durante las operaciones de perforación y circulación.

Uno de los agentes viscosificantes usados en nuestro país es la goma xántica cuya versatilidad radica en su habilidad de controlar la reología de fluidos base agua; presentando una viscosidad elevada durante período de reposo y una extraordinaria estabilidad bajo condiciones de deformación que a menudo se tienen durante la circulación en el pozo. Por ser la goma xántica un producto importado, su aplicación genera incrementos en los costos, principalmente por concepto de flete internacional

y nacional, impuesto de aduanas que evidentemente se trasladan como costo asociados a la construcción de los pozos y finalmente se verán reflejado en los costos totales de producción de hidrocarburos, haciendo necesaria la búsqueda de nuevas opciones que resulten más económicas sin que dejen de ser efectivas.

Esto incentivó el desarrollo de aditivos viscosificantes como sustituto de la goma xántica en fluidos de perforación a base agua formulados con polímeros naturales utilizando materia prima nacional de fácil obtención que tengan igual o mejor rendimiento que los productos ya existentes en el mercado y de esta manera posiblemente contribuir a la reducción de costos.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un aditivo viscosificante como sustituto de la goma xántica para la formulación de fluidos de perforación poliméricos base agua.

1.2.2 Objetivos específicos

- ❖ Caracterizar el aditivo viscosificante desarrollado como sustituto de la goma xántica.
- ❖ Comparar el efecto del aditivo viscosificante desarrollado y de la goma xántica sobre las propiedades reológicas del fluido de perforación polimérico base agua.
- ❖ Determinar el efecto de agentes contaminantes sobre las propiedades de los fluidos formulados con el aditivo desarrollado y los formulados con goma xántica.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El uso de viscosificante como modificadores de las propiedades reológicas es una práctica común en el mundo petrolero; siendo su adecuada utilización de suma importancia para garantizar una operación exitosa.

En virtud de lo señalado, esta investigación reviste una gran importancia permitiendo conocer las potencialidades, ventajas y desventajas del uso de materia prima no convencional para el desarrollo de aditivos viscosificantes que puedan sustituir a los ya existentes en el mercado, como es el caso de la goma xántica tradicionalmente empleada como agente viscosificante y que es un producto importado que genera grandes costos asociados a la producción de hidrocarburos.

Los estudios de las diferentes propiedades físicas y químicas del aditivo viscosificante desarrollado como sustituto de la goma xántica en fluidos de perforación base agua formulados con polímeros naturales se realizaron en las instalaciones del laboratorio de perforación de la Escuela de Ingeniería de Petróleo de la Universidad de Oriente Núcleo Monagas, comparándose las propiedades del fluido de perforación formulados con la goma xántica a fin de establecer o demostrar si es posible la aplicación de estos productos como aditivos en la formulación de fluidos utilizados en el campo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En los antecedentes de la investigación, se incluyen los trabajos realizados previamente relacionados con el tema o problema tratado en la investigación, se presenta a continuación:

Otahola J y Amundaray, R. (2010) “Efecto de agentes contaminantes sobre propiedades físicas y químicas de los fluidos de perforación formulados con polímeros naturales”. Manifiestan que para la construcción de un hoyo productor en La Faja del Orinoco, se ha utilizado un fluido de perforación formulado con polímeros naturales como la goma xántica y el almidón de maíz, sin embargo, entre sus limitantes se destacan la contaminación del fluido por agentes contaminantes presentes en una perforación. Por esta razón, a nivel de laboratorio se formularon muestras de fluidos con aditivos utilizados en el área estimándose el comportamiento de sus propiedades físicas. Se realizó un análisis de varianza y las diferencias entre los resultados obtenidos fueron determinados mediante la aplicación de la diferencia mínima significativa (DMS; $P \leq 0,05$), utilizando como patrón de comparación el fluido polimérico sin contaminar. Como conclusión principal se tuvo que los fluidos formulados con polímeros naturales son más resistentes a la presencia de CaCl_2 como agente contaminante sufriendo menos alteraciones en sus propiedades físicas, mientras que el crudo extra pesado causó mayores alteraciones en dichas propiedades. Se determinó que la alcalinidad del fluido de perforación se incrementa en presencia de cal hidratada como agente contaminante y disminuye en los tratamientos con CaCl_2 y crudo extra pesado. El aporte a nuestra investigación se basa en el comportamiento de las propiedades físicas ante la presencia de ciertos contaminantes en los fluidos de

perforación formulado con polímeros naturales como la goma xántica, de igual manera aporta el conocimiento sobre la aplicación del análisis de varianza y la diferencia significativa.

Gómez M. y Fuentes F. (2010) “Derivados de la yuca como material para controlar pérdidas de circulación en la perforación de pozos”. Expresan que el tamaño molecular de la fibra de yuca se determinó empleando técnicas de microscopia para posteriormente preparar sistemas de fluido a base de derivados de este tubérculo, determinándose así su comportamiento como agente controlador de pérdidas de circulación en la perforación de pozos, dicho comportamiento se estudió mediante el ensayo de taponamiento de permeabilidad o prueba PPT con discos de aloxita de 750 Darcy a 500 lpc de presión y 150 °F de temperatura. Posteriormente a través, de un análisis de varianza y una prueba de rango múltiple como la de diferencias mínimas significativas (DMS), y utilizando como patrón de comparación un fluido viscoelástico sin presencia de fibra, se determinó que cuando existe la presencia de derivados de yuca en los fluidos estos se comportan efectivamente como controladores de filtrado, disminuyendo la pérdida de circulación, asimismo, según el análisis de varianza realizado, los sistemas que presentaron comportamientos más cercanos al fluido patrón fueron los que tienen en su composición 15 y 20 lpb de fibra, es decir controlaron las pérdidas de circulación pero no tan efectivamente como el fluido con mayor concentración de derivados de la yuca (30 lpb). Con una concentración de 30 lpb se obtuvo reducción de la permeabilidad del disco de aloxita antes de finalizar la prueba, lo que permitió aseverar que dicha muestra era la ideal para controlar pérdidas de circulación. Esta investigación aportó el conocimiento para la aplicación del método de análisis de varianza utilizado para los análisis de los resultados

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Fluidos de perforación

El fluido de perforación o lodo como comúnmente se le llama, puede ser cualquier sustancia o mezcla de sustancias con características físicas y químicas apropiadas, como por ejemplo: aire o gas, agua, petróleo o combinaciones de agua y aceite con determinado porcentaje de sólidos. (PDVSA CIED, 2002, pág. 2).

2.2.2 Funciones del fluido de perforación

Según PDVSA CIED (2002), el propósito fundamental del fluido de perforación es ayudar a hacer rápida y segura la perforación del pozo, mediante el cumplimiento de las siguientes funciones:

- ❖ Capacidad de transporte
- ❖ Enfriar y lubricar
- ❖ Formar revoque
- ❖ Controlar la presión de la formación
- ❖ Capacidad de suspensión
- ❖ Flotabilidad
- ❖ Estabilidad
- ❖ Evaluación
- ❖ Hidráulica

2.2.3 Propiedades de los fluidos de perforación

De acuerdo con el Instituto Americano del Petróleo (API), las propiedades del fluido a mantener durante la perforación del pozo son:

Propiedades físicas

- ❖ Densidad o peso: es la propiedad del fluido que tiene por función principal mantener en sitio los fluidos de la formación, es uno de los dos factores, de los cuales depende la presión hidrostática ejercida por la columna de fluido la cual se trata de mantener ligeramente mayor a la presión de la formación, para evitar en lo posible una arremetida.
- ❖ Viscosidad plástica: es la viscosidad que resulta de la fricción mecánica entre sólidos, sólidos y líquidos, líquido y líquidos. Esta viscosidad depende de la concentración, tamaño y forma de los sólidos presentes en el fluido.
- ❖ Punto cedente: es una medida de la fuerza de atracción entre las partículas, bajo condiciones dinámicas o de flujo. Es la fuerza que ayuda a mantener el fluido una vez que entra en movimiento. El punto cedente está relacionado con la capacidad de limpieza del fluido en condiciones dinámicas, y generalmente sufre incremento por la acción de los contaminantes solubles como el carbonato, calcio, y por los sólidos reactivos de formación.
- ❖ Resistencia o fuerza de gel: esta resistencia o fuerza de gel es una medida de la atracción física y electroquímica bajo condiciones estáticas. Está relacionada con la capacidad de suspensión del fluido y se controla, en la misma forma, como se controla el punto cedente, puesto que la origina el mismo tipo de sólido.
- ❖ Filtrado API y a AP –AT (alta presión – alta temperatura): el filtrado indica la cantidad relativa de líquido que se filtra a través del revoque hacia las formaciones permeables, cuando el fluido es sometido a una presión diferencial. Esta característica es afectada por los siguientes factores: presión, dispersión, temperatura y tiempo.

- ❖ El pH: indica si el fluido es ácido o básico. La mayoría de los fluidos base acuosa son alcalinos y trabajan con un rango de pH entre 7,5 a 11,5. Cuando el pH varía de 7.5 a 9.5, el fluido es de bajo pH y cuando varía de 9,5 a 11,5, es de alto pH.
- ❖ % Sólidos y líquidos: el porcentaje de sólidos y líquidos se determina con una prueba de retorta. Los resultados obtenidos permiten conocer a través de un análisis de sólidos, el porcentaje de sólidos de alta y baja gravedad específica.

Propiedades químicas:

- ❖ Dureza: es causada por la cantidad de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua o en el filtrado del fluido. El calcio por lo general, es un contaminante de los fluidos base de agua.
- ❖ Cloruros: es la cantidad de iones de cloro presentes en el filtrado del fluido. Una alta concentración de cloruros causa efectos adversos en un fluido base de agua.
- ❖ Alcalinidad: se puede definir como la concentración de iones solubles en agua que pueden neutralizar ácidos. Con los datos obtenidos de la prueba de alcalinidad se pueden estimar la concentración de iones OH^- , CO_3 y HCO_3 (oxidrilos, carbonatos y bicarbonatos), presentes en el fluido. Se determinan a través de pruebas químicas.

2.2.4 Materiales viscosificantes

Estos productos son agregados a los fluidos para mejorar la habilidad de los mismos de remover los sólidos perforados y suspender el material densificante, durante la perforación de un pozo. Sin embargo, no todos los viscosificantes

potenciales van a brindar una limpieza efectiva y económica del hoyo, y tampoco se hallan totalmente a salvo de las interferencias mecánicas y químicas del medio ambiente. (PDVSA CIED, 2002, p. 9).

Tipos de materiales viscosificantes

Según PDVSA CIED (2002) los materiales más utilizados son arcillas y polímeros, entre ellos están:

- ❖ Bentonita (silicato de aluminio y sodio/calcio)
- ❖ Atapulguita (silicato de aluminio y magnesio)
- ❖ CMC (derivado de celulosa)
- ❖ Goma Xantha (derivado de Goma Xántica)
- ❖ HEC (derivado de la celulosa)
- ❖ Goma Guar (Goma de Polisacárido)

2.2.5 Goma xántica

La goma xántica es un carbohidrato, específicamente un polisacárido natural de alto peso molecular. Se produce en un proceso de fermentación de cultivos puros por medio del microorganismo *Xanthomonas campestris*. Una de las propiedades funcionales más importantes de la goma xántica es su habilidad de controlar la reología de fluidos acuosos. Las soluciones acuosas de goma xántica, son extremadamente pseudoplásticas; cuando se aplica un esfuerzo tangencial. La viscosidad disminuye en proporción directa a tal esfuerzo una vez que se ha excedido el límite de fluencia. Después de que se haya dejado de aplicar el esfuerzo tangencial, la recuperación de la viscosidad inicial es casi instantánea.

Características de la Goma Xántica

- Elevada viscosidad y solubilidad en agua.
- Su viscosidad y su actuación puede mantenerse bajo temperaturas de -18 a 120°C, pH entre 2 – 12 y concentraciones salinas variables.
- Buena compatibilidad: puede formar un sistema de espesamiento estable combinando con ácidos, bases, sales, enzimas, agentes activos superficiales, antisépticos, agentes oxidantes (entre otros materiales químicos), y al mismo tiempo mantener la reología.
- Bajo una proporción adecuada, combinándola con otros tipos de goma, puede obtenerse la reología necesaria.
- El xantano no es tóxico, no inhibe el crecimiento y no provoca sensibilización ni irritación ocular o de la piel.

2.2.6 Cayena (*Hibiscus rosasinensis*)

La cayena es una planta dicotiledónea perteneciente al género *Hibiscus* de la familia de las Malváceas proveniente del continente asiático (Japón y China). Esta familia incluye más de 100 géneros y alrededor de 2.000 especies, principalmente ubicadas en los trópicos y subtrópicos, con algunas especies en las regiones templadas.

Es una planta rica en sustancias activas como los mucílagos que es un polisacárido de alto peso molecular (aproximadamente 1.900.000), que en solución acuosa posee una gran viscosidad (aproximadamente 32,2 cP.) este puede ser incorporado a una preparación cosmética como agente emoliente, flavonoides, antocianósidos, fitosteroles, vitamina C o pectina; también está entre su composición: óxido potasio, ácido+ oxálico, azúcar y grasas. (Rosales, 2000, p. 3)

2.2.7 Polímeros

Los polímeros son coloides orgánicos, constituidos por unidades estructurales llamadas monómeros, que se repiten en cadena mediante un proceso de polimerización, los monómeros pueden ser iguales o diferentes: en el primer caso se obtiene un homopolímero, y en el segundo un copolímero. Las cadenas pueden ser lineales o ramificadas. (PDVSA-CIED, 2002, pág. 168)

2.2.8 Clasificación de polímeros

Según el autor citado anteriormente los polímeros constituyen por lo general, sistemas no dispersos y se clasifican de acuerdo a su origen, estructura y utilidad.

Según su origen se clasifica:

- Polímeros naturales: estos polímeros se originan de una forma natural y no requieren de cambios químicos en el proceso de manufactura. Son relativamente económicos y generalmente son hidrocoloides, es decir, polímeros que no se solubilizan, sino que se hidratan desarrollando viscosidad.
- Polímeros modificados: estos polímeros son alterados químicamente con el fin de mejorar su tolerancia a la sal, su solubilidad y su estabilidad térmica. Poseen buenas propiedades tixotrópicas y de adelgazamiento, pero carecen de propiedades reológicas.
- Polímeros Sintéticos: estos polímeros se obtienen, mediante una reacción repetitiva de monómeros iguales (homopolímeros) o diferentes (copolímeros). Son más costosos que los naturales y los modificados, son más resistentes a los contaminantes.

Estructuralmente se clasifican en:

- Estructura química: químicamente existen dos grupos, los que se derivan de la celulosa y los que se derivan de los alcoholes.
- Estructura física: físicamente los polímeros pueden ser iónicos y no iónicos

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Aditivo: cualquier material que se añade a un lodo para lograr un propósito determinado. (PDVSA-CIED, 2002, pág. 46).

Anión: átomo con carga negativa, tal como Cl, OH, SO₄, etc. (PDVSA-CIED, 2002, pág. 48).

Carbonato de calcio – CaCO₃: sal insoluble de calcio que se utiliza extensamente como material densificante hasta densidades de 12 lb/gal. También se usa para controlar pérdida de circulación en formaciones productoras de hidrocarburos y como agente puenteante. (PDVSA-CIED, 2002, pág. 115).

Catión: partícula cargada positivamente. Ejemplo: Na, H, NH₄, Ca, Mg, Al. (PDVSA-CIED, 2002, pág. 247).

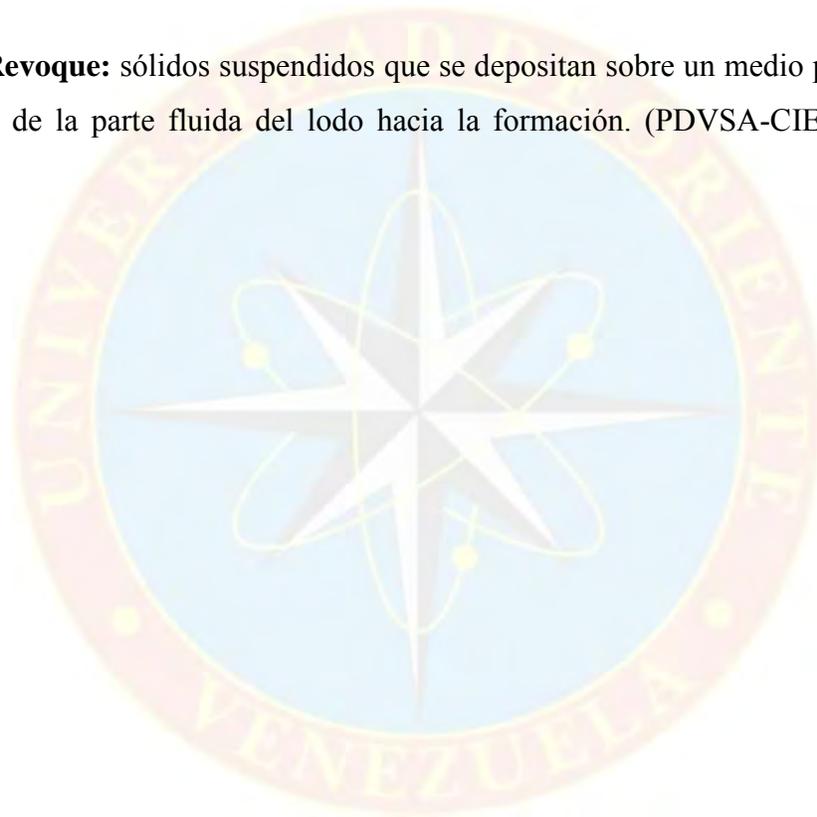
Cloruro de calcio – CaCl₂: sal de calcio, muy soluble, que se agrega a veces a los fluidos para impartirles propiedades especiales y principalmente para formular salmueras de 11.6 lb/gal (PDVSA-CIED, 2002, pág. 120).

Filtración: proceso de separación de los sólidos suspendidos en su líquido al forzar su paso a través de un medio poroso. En el pozo tienen lugar dos tipos de

filtración del fluido: filtración dinámica, mientras se está circulando y filtración estática cuando se está en reposo. (PDVSA-CIED, 2002, pág. 258).

Gel: estado de una suspensión coloidal en el cual las tensiones de corte (shearing stress), por debajo de un cierto valor finito son incapaces de producir deformación permanente. (PDVSA-CIED, 2002, pág. 262).

Revoque: sólidos suspendidos que se depositan sobre un medio poroso durante el pase de la parte fluida del lodo hacia la formación. (PDVSA-CIED, 2002, pág. 277).



CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de esta investigación se consideró de tipo explicativa, debido a que a través de ésta se pudo evaluar, basándose en los resultados obtenidos de pruebas de laboratorio, la factibilidad de desarrollar un aditivo viscosificante como sustituto de la goma xántica en la formulación de fluidos de perforación poliméricos base agua.

Tal como lo indica Arias F., (2004):”Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos” (pág. 24).

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Arias F., (2004) sostiene que:

La investigación experimental, proceso que consiste en someter a un objeto o un grupo de individuos determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). (pag.31).

De esta manera el diseño de investigación estuvo enmarcado en el renglón de tipo experimental donde se considera a las concentraciones de los diferentes aditivos o productos químicos como la variable independiente y proceder al análisis de la influencia que tuvieron dichas variantes sobre las variables dependientes, considerando entre ellas reología, filtrado y propiedades químicas para lograr los objetivos planteados.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Según Arias F., (2004): “población es el conjunto de elementos con características comunes que son el objeto de análisis y para los cuales serán validas las conclusiones de la investigación.” (Pág. 98).

En esta investigación la población y muestra estuvieron conformadas por tres muestras del fluido formulado con el aditivo viscosificante desarrollado por cada uno de los parámetro en estudio y un fluido formulado con la goma xántica como viscosificante (muestra referencial), estos fueron sometidos a pruebas experimentales a fin de establecer si es posible la aplicación del aditivo desarrollado como agente viscosificante en la formulación de fluidos de perforación poliméricos base agua.

3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

A continuación se describe la metodología de tres etapas que se aplicó para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Etapas I: Caracterización del aditivo viscosificante desarrollado como sustituto de la goma xántica

Para el desarrollo del aditivo viscosificante, se inició con la transformación de las hojas de cayena a las condiciones necesarias para poder formular, esto se llevó a cabo sometiéndolas a un proceso de deshidratación a una temperatura de 105°F (40,5°C) en horno de secado, para luego pasar por un proceso de molienda y tamizado consecutivamente. Por medio de la observación y pruebas experimentales se le determinó al aditivo viscosificante desarrollado, las propiedades físicas y químicas para así tener una idea clara de cómo se debe manipular, entre ellas: apariencia, gravedad específica que serán estimada mediante una balanza analítica y un

picnómetro, pH en agua usando un pH metro, solubilidad a una temperatura de 65°C (149°F) y contenido de calcio por medio de la titulación. Una vez obtenidas sus propiedades se procedió a realizar pruebas de control de calidad para determinar la concentración que se ajustara a los requerimientos establecidos por la empresa de servicio ESVENCA, los que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla N°3.1. Requerimientos de las propiedades para el control de calidad de la goma xántica establecidas por la empresa ESVENCA

PROPIEDADES	ESPECIFICACIONES
LECTURA DE 300rpm (cP) \times 0,2	MÍNIMO 3 cP
LECTURA DE 6 rpm (cP) \times 10	MÍNIMO 30 cP
LECTURA DE 3rpm (cP) \times 20	MÍNIMO 60 Cp

Fuente: hoja técnica de la empresa ESVENCA.

Etapa II: Comparación del efecto del aditivo viscosificante desarrollado y de la Goma Xántica sobre las propiedades reológicas del fluido de perforación polimérico base agua

Esta etapa se inició con la formulación de muestras de fluidos de perforación a base de polímeros naturales, usando como viscosificante el aditivo desarrollado y la goma xántica. A continuación se muestra en las tablas N° 3.2 y 3.3 los aditivos empleados, las cuales se encuentran reflejadas de acuerdo al orden de agregado y mezclado los cuales fueron establecidos por normas de laboratorio con la finalidad de obtener como resultado un fluido con características y propiedades que garanticen un desempeño óptimo a la hora de su utilización. Las cantidades de los mismos fueron establecidas para formular un fluido con una densidad de 9 lpg.

Tabla 3.2 Aditivos para la formulación de las muestras de fluido polimérico con goma xántica como viscosificante

Productos en orden de agregado	Unidad	Mezcla, min	Muestra
Agua	ml	0	306,37
Goma Xántica	g	5	1
Controlador de filtrado	g	5	1
Carbonato de Calcio	g	5	113.35
Potasa Cáustica	g	5	Hasta un pH de 9

Tabla 3.3 Aditivos para la formulación de las muestras de fluido polimérico con el aditivo desarrollado como viscosificante.

Productos en orden de agregado	Unidad	Mezcla, min	Muestra
Agua	ml	0	285,13
Aditivo desarrollado a base de cayena	g	5	6
Controlador de filtrado	g	5	1
Carbonato de Calcio	g	5	127.52
Potasa Cáustica	g	5	Hasta un pH de 9

Se realizaron pruebas reológicas fundamentales como: viscosidad plástica, punto cedente y resistencia al gel con la ayuda de un viscosímetro rotacional, factores imprescindibles para inferir acerca del comportamiento del fluido durante la perforación. Se utilizó el filtro prensa API para determinar el volumen de filtrado o pérdida de fluido y el espesor del revoque, de igual manera se determinó el comportamiento de sus principales propiedades químicas como la alcalinidad del fluido (Pm), alcalinidad del filtrado a la fenolftaleína (Pf), alcalinidad del filtrado al

naranja de metilo (Mf) presentes mediante titulaciones ácido-base como indicadores y ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 0,02N como agente titulante así como también se determinó el contenido de cloruro y dureza

Los procedimientos de las pruebas realizadas están fundamentados bajo la norma API 13B-1 (procedimiento estándar para las pruebas de laboratorio con fluidos de perforación), los procedimientos de las pruebas están descritos en el apéndice E

El desarrollo de este objetivo tuvo como finalidad evaluar el comportamiento de los fluidos formulados mediante la realización de un análisis de varianza y las diferencias entre los resultados obtenidos fueron determinados mediante la aplicación de la diferencia mínima significativa (DMS; $P \leq 0,05$), utilizando como patrón de comparación el fluido polimérico formulado con goma xántica como agente viscosificante, estas diferencias se presentan de acuerdo con el ámbito donde la letra A representa el mejor comportamiento, para el segundo mejor comportamiento se le asigno la letra B, seguido de la letra C y así sucesivamente hasta clasificar el comportamiento de cada uno de los tratamientos.

Etapa III: Determinación del efecto de agentes contaminantes sobre las propiedades físicas de los fluidos formulados con el aditivo viscosificante desarrollado y los formulados con goma xántica

El objetivo de esta etapa fue formular muestras de fluidos con el aditivo desarrollado y la Goma Xántica como agentes viscosificantes, al igual que en la etapa anterior se sometieron a pruebas reológicas fundamentales como son viscosidad plástica, punto cedente y resistencia al gel, el volumen de filtrado o pérdida de fluido y el espesor del revoque, se determinó el comportamiento de sus principales propiedades químicas como la alcalinidad del fluido (Pm), alcalinidad del filtrado (Pf), alcalinidad del filtrado (Mf), presentes así como también se estableció el

contenido de cloruro y dureza; antes y después de contaminarlas con concentraciones de 1 y 1,5 libras masa por barril (lb/bbl) de cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) como componente del cemento, 2 y 4 % (v/v) de solución de cloruro de calcio (CaCl_2) al 95% de pureza; 2 y 4 % (v/v) de una muestra de crudo pesado (9°API); para determinar y comparar el efecto causado por estos contaminantes sobre las propiedades de ambos tratamientos. De igual manera se realizó un análisis de varianza bajo las mismas condiciones que en la etapa anterior mediante la aplicación de la diferencia mínima significativa (DMS; $P \leq 0,05$), utilizando como patrón de comparación el fluido polimérico formulado con goma xántica como agente viscosificante sin contaminar.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Arias, F. (2006) expresa: “se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. (pág.67). Basado en esta definición, las técnicas para la recolección de datos de esta investigación se fundamentaron en:

- ❖ La observación directa de los resultados que serán obtenidos mediante las pruebas de laboratorio a realizar, para su posterior análisis y obtención de conclusiones.
- ❖ Revisión Bibliográfica: publicaciones, tesis, páginas web, entre otros; con el fin de obtener la información necesaria que servirá de base para sustentar el marco de referencia de la investigación.

Los instrumentos de recolección de información estuvieron constituidos por los diferentes equipos utilizados para formular y determinar las propiedades físicas de los sistemas de fluidos evaluados entre ellos: horno de secado para la deshidratación, molino, tamices de diferentes tamaños, mezcladores eléctricos para preparar los

fluidos, viscosímetro para medir la reología, filtro prensa API, pHmetro para medir el grado de acidez o alcalinidad, balanza analítica y otros instrumentos de laboratorio.

3.6 RECURSOS

Recursos humanos:

En lo que respecta a la parte metodológica de la investigación, la supervisión estuvo a cargo de profesores de la Escuela de Ingeniería de Petróleo de la Universidad de Oriente Núcleo de Monagas.

Recursos financieros:

Los realizadores de este proyecto se encargaron de financiar los costos asociados a la realización del trabajo de investigación.

Recursos materiales:

Entre los recursos materiales empleados para la realización de esta investigación estuvieron: diversos aditivos químicos para la formulación de los fluidos, equipos necesarios para realizar las pruebas suministrados por el laboratorio y materiales de oficina en general tales como: computadoras, impresora, papel libro de notas, entre otros y materiales bibliográficos necesarios para obtener la información para la realización del proyecto (tesis, internet, libros, manuales).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ADITIVO VISCOSIFICANTE DESARROLLADO COMO SUSTITUTO DE LA GOMA XÁNTICA

Tabla N° 4.1. Propiedades del aditivo viscosificante desarrollado a base de cayena.

Propiedades	Apariencia	G.E	Dureza en agua	Solubilidad	pH en agua
Viscosificante a base de Cayena	polvo de color verde oscuro	0,36	480 ppm a 25°C	80% a 65°C	6,75 a 25°C

Tabla N° 4.2. Propiedades de la goma xántica como aditivo viscosificante.

Propiedades	Apariencia	G.E	Dureza en agua	Solubilidad	pH en agua
Goma xántica	polvo de color crema	1,5	200 ppm a 25°C	100% a 65°C	6,11 a 25°C

Al realizar una comparación entre las propiedades del aditivo desarrollado y las propiedades de la goma xántica presentadas en las tablas N°4.1 y 4.2, una de las diferencias resalantes es la que se presenta en los valores de gravedad específica donde el aditivo refleja un valor de esta propiedad muy por debajo del presentado por la goma xántica. En este sentido es pertinente resaltar que será necesario de una

mayor cantidad de el aditivo desarrollado para obtener el mismo desempeño que reporta la goma xántica con una concentración menor. Estos valores de gravedad especifica se consideraron en los cálculos para el balance de masa para determinar la concentración de cada uno de los aditivos empleados en la formulación de los fluidos estudiados en las etapas siguiente (ver muestra de cálculo en el apéndice A). De igual manera se destaca la diferencia en la propiedad de dureza en agua, donde el aditivo desarrollado presenta un valor de ppm superior al presentado por la goma xántica indicativo lo que indica un mayor contenido de iones de calcio presentes en el aditivo desarrollado por ser de origen natural.

Tabla N° 4.3. Resultados de las pruebas de calidad para determinar la concentración del aditivo viscosificante desarrollado.

PROPIEDADES	CONCENTRACIÓN DEL ADITIVO VISCOSIFICANTE DESARROLLADO		
	2g	4g	6g
Lectura de 300 rpm×0,2	1,6 cP	2 cP	3 cP
Lectura de 6 rpm×10	20 cP	20 cP	30 cP
Lectura de 3rpm×20	20 cP	40 cP	60 cP

En la tabla N°4.3 se muestra los resultados de las pruebas realizadas para determinar la concentración de cayena a ser usada en la formulación del fluido en estudio, donde fue seleccionada la concentración de 6gr porque es la que se ajusta a los requerimientos de calidad establecidos por las empresas de servicio ESVENCA para la goma xántica como agente viscosificante. (.Ver tabla N°3.4.1 en la pág. 17)

4.2 COMPARACIÓN DEL EFECTO DEL ADITIVO VISCOSIFICANTE DESARROLLADO Y DE LA GOMA XÁNTICA SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN POLIMÉRICO BASE AGUA

Viscosidad plástica

Entre estos dos tratamientos existe un comportamiento estadísticamente diferente como se observa en el gráfico N°4.1 motivado por la diferencia significativa presente, debido a que existe mayor contenido de sólidos en el fluido formulado con el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante que en el fluido formulado con goma xántica lo que genera una fricción mecánica entre las partículas sólidas, de igual manera entre las partículas sólidas y el líquido contenidos en el fluido incrementando la resistencia interna al flujo de este tratamiento, en base a esto el tratamiento formulado con el aditivo desarrollado posee una mayor capacidad de acarreo y suspensión de sólidos indeseables que la aportada por la goma xántica. Según González, H. (2003): “La viscosidad plástica es la resistencia interna al flujo atribuida a la cantidad, tipo y tamaño de los sólidos presentes en un fluido dado.” (pág. 8).

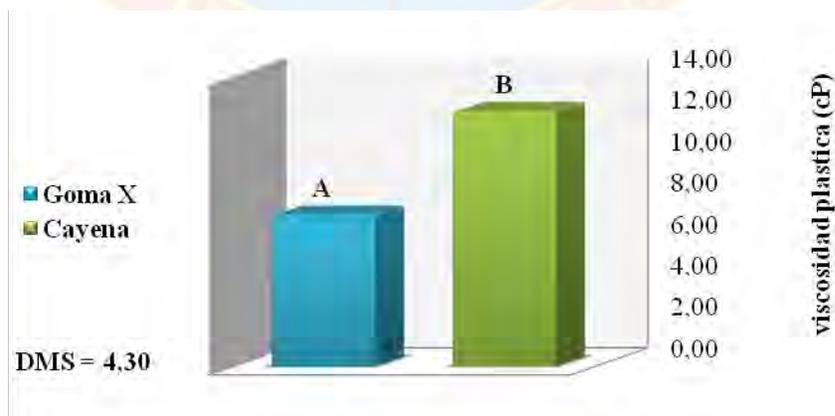


Gráfico N°4.1 .Viscosidad plástica de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Punto cedente

El comportamiento del punto cedente a una temperatura de 120 °F para la muestra de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificantes se muestra en el gráfico N°4.2; donde se puede apreciar que existe una diferencia significativa entre los tratamientos lo que presentan un comportamiento estadísticamente diferente debido a que en el fluido formulado con goma xántica están presentes un nivel mayor de fuerzas electroquímicas que en el formulado con cayena. Esto es debido a que existe mayor fuerza de cargas en la superficie de las partículas suspendidas en este fluido; que en el fluido formulado con el aditivo desarrollado, en el cual existe mayor fricción mecánica que fuerza electroquímica, dando como resultado una resistencia de flujo baja.

Cabe destacar que el tratamiento formulado con goma xántica presenta una reología invertida, comportamiento propio de los fluidos poliméricos contrario al formulado con el aditivo desarrollado que presenta un comportamiento más parecido al de un sistema agua-gel por presentar valores de viscosidad plástica superiores al punto cedente. Según Hurtado, J. (2011): “valores de punto cedente mayor a la viscosidad plástica ($P_c > V_p$), es un comportamiento conocido como reología invertida y característica principal de los fluidos poliméricos, donde la interacción electroquímica es mayor a la mecánica” (pág. 44).

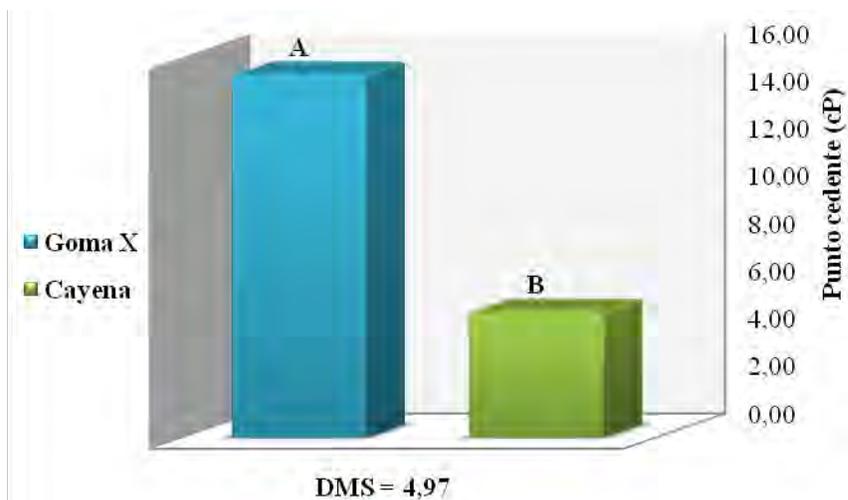


Gráfico N°4.2. El punto cedente de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Fuerza de gel

Existe diferencia significativa tanto en la fuerza de gel a los 10 segundos como en la fuerza de gel a los 10 minutos para la muestra de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado como viscosificantes. por lo que tienen un comportamiento estadísticamente diferente esto se observa en la grafica N°4.3 debido a que las fuerzas de atracción entre las partícula es menor en el tratamiento formulado con el aditivo desarrollado que en el de la goma xántica, esto representa un menor esfuerzo para vencer las fuerzas de gel desarrollados durante el estado de reposo pero tal vez no pueda desarrollar una estructura de gel suficientemente rigida que pueda mantener los sólidos indeseables en suspensión producidos durante un proceso de perforación como lo haría el fluido formulado con goma xántica. Con respecto a esta propiedad Hurtado, J. (2011) expresa:

“Esta propiedad es un indicativo de la capacidad de suspensión del fluido bajo condiciones estáticas producto de las cargas electrostáticas entre las partículas, el fluido de perforación debe poseer características tixotrópicas, es decir, debe ser capaz de crear una estructura rígida o semirrígida cuando se deja en reposo y luego retomar su fluidez cuando se pone en movimiento.”(pág. 45).

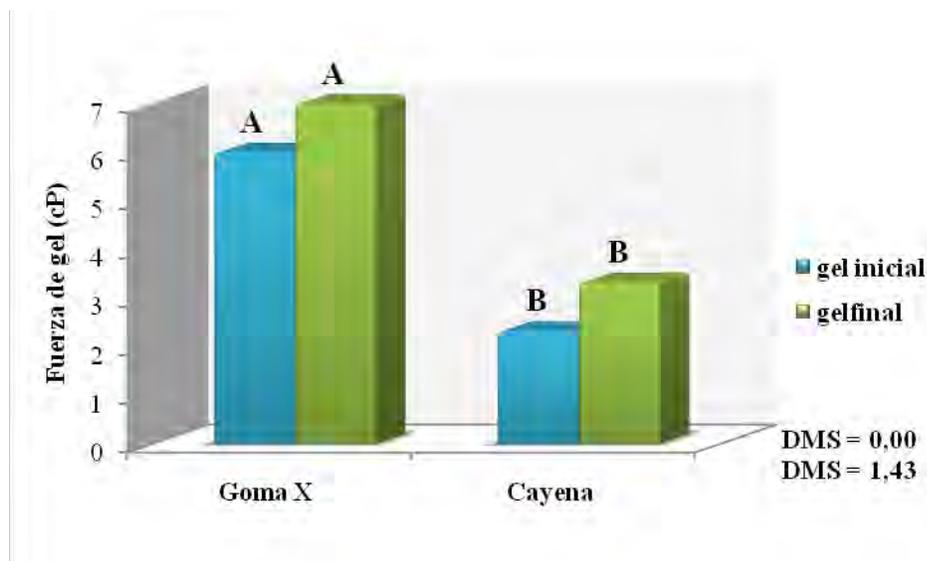


Gráfico N°4.3. El esfuerzo de gel de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Volumen de filtrado y espesor de revoque

El volumen de filtrado obtenido mediante el filtro prensa API a temperatura de ambiente y aplicando un diferencial de presión de 100 lpc durante un período de 30 minutos, y el espesor del revoque para la muestra de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificantes se presenta en el gráfico N°4.4, donde se observa que entre los tratamientos existe una diferencia significativa en ambas propiedades, donde el tratamiento formulado con el aditivo desarrollado muestra un revoque más grueso debido a la cantidad de sólidos presentes en este fluido pero no más impermeable por lo que presenta un mayor volumen de pérdida de filtrado.

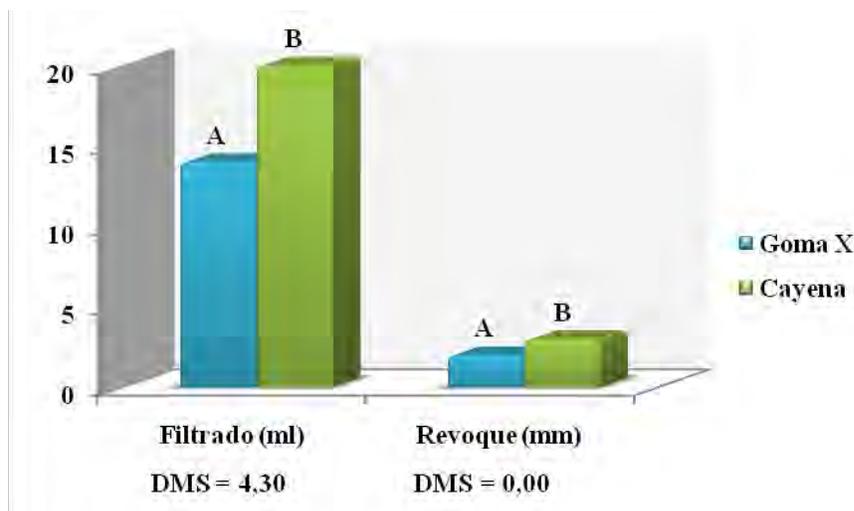


Gráfico N°4.4. Volumen de filtrado y el espesor del revoque de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Alcalinidad del fluido y del filtrado

El gráfico N°4.5 muestra el comportamiento de la alcalinidad en las muestras de los fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado, se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo que exhibiendo un comportamiento diferente estadísticamente en cada uno de los parámetros, donde el fluido formulado con el aditivo desarrollado presenta una mayor cantidad de iones solubles de carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-), pero menor cantidad de iones de oxidrilos (OH^-) que contribuya a la alcalinidad del fluido, esto resulta desventajoso porque altas concentraciones de carbonatos y bicarbonatos puede causar inestabilidad en los fluidos de perforación. Según Hurtado, J (2011):

“A través de la prueba de alcalinidad de los fluidos de perforación se determinan las concentraciones de los iones oxidrilos (OH^-), carbonatos (CO_3^{2-}), y bicarbonatos (HCO_3^-) presentes en los mismos. Estos cálculos de igual manera ayudan a monitorear y determinar posibles contaminaciones y adicionalmente proporcionan un mejor entendimiento del ambiente iónico y amortiguador del sistema de fluidos, más allá de lo que se puede deducir solamente de un valor de pH”. (pág. 51).

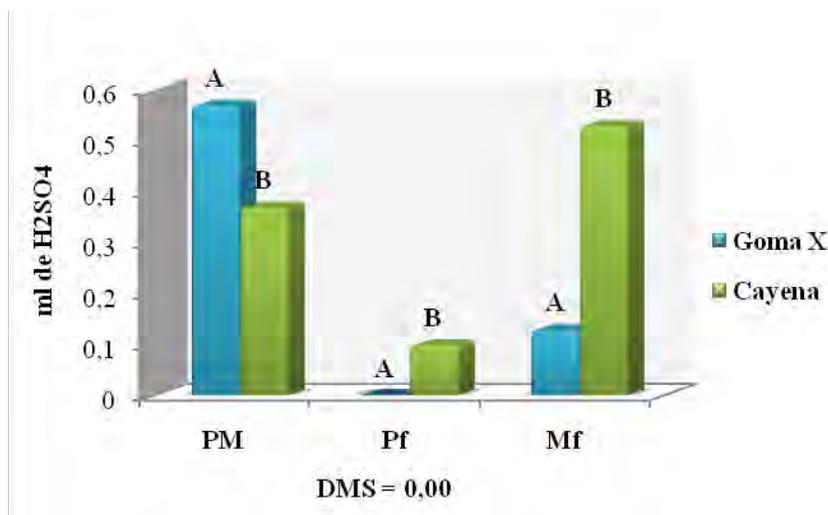


Gráfico N°4.5. Alcalinidad de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base cayena

Contenido de cloruro y contenido de calcio

El comportamiento del contenido de cloruro y contenido de calcio en las muestras de los fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado como viscosificantes se muestra en el gráfico N°4.6, apreciándose que el contenido total de cloruro entre los tratamientos presenta un comportamiento estadísticamente similar entre ambas muestras de fluido. Caso contrario ocurrió en la medición de la dureza donde existe diferencia significativa entre ambos fluidos. Se observa un valor bajo de ppm de calcio para el fluido formulado con goma xántica en comparación con el tratamiento formulado con el aditivo desarrollado; esto se debe a que en la composición del aditivo desarrollado existe mayor presencia de cationes Ca^{++} que permita aumentar considerablemente su concentración como se puede apreciar en la tabla N°4.1, lo que se traduce en efectos nocivos para el fluido.

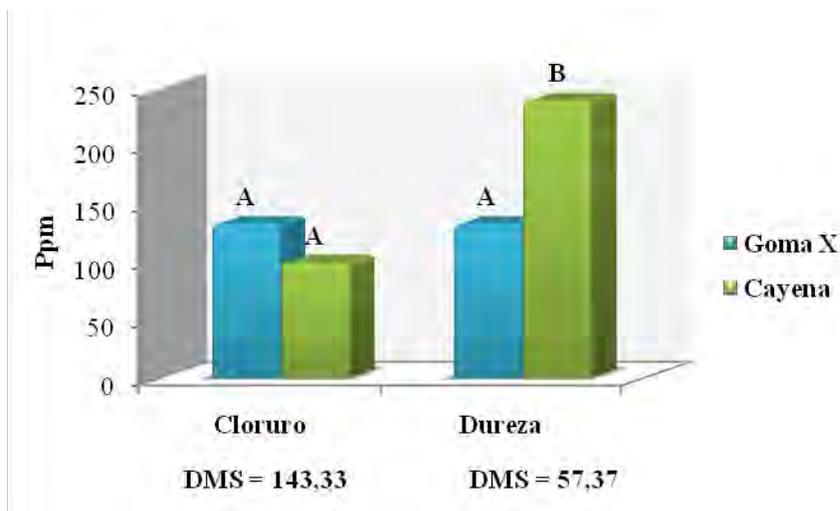


Gráfico N°4.6. Contenido de cloruro y contenido de calcio de las muestras de fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base cayena

4.3 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE AGENTES CONTAMINANTES SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS FORMULADOS CON EL ADITIVO VISCOSIFICANTE DESARROLLADO Y LOS FORMULADOS CON GOMA XÁNTICA

Para facilitar la elaboración de las tablas y gráficos, los tratamientos utilizados fueron identificados de la siguiente manera:

Fluido base sin contaminar **(F1)**

Fluido base + 1 lb de cal hidratada **(F2)**

Fluido base + 1,5 lb de cal hidratada **(F3)**

Fluido base + 2% v/v CaCl_2 95% **(F4)**

Fluido base + 4% v/v CaCl_2 95% **(F5)**

Fluido base + 2% v/v de crudo de 9° API **(F6)**

Fluido base + 4% v/v de crudo de 9° API **(F7)**

Viscosidad plástica

En presencia de agentes contaminantes los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado presento valores mas elevados de viscosidad plástica en comparación a los tratamientos formulados con la goma xántica como se observar en el gráfico N°4.7. A los efectos de este comportamiento existe una diferencia significativa entre los tratamientos formulados con ambos aditivos viscosificantes por lo que persiste un comportamiento estadísticamente diferente en presencia de los contaminantes. La viscosidad plástica de los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado se vio disminuida por la presencia de los agentes contaminantes contrario a lo que ocurre en el caso donde se contamina con 4% v/v de crudo de 9°API (F7) donde se presume que algún elemento en la composición del crudo produce una alteración en la forma y tamaños d las partículas suspendidas en el fluido provocando un aumento de la viscosidad.

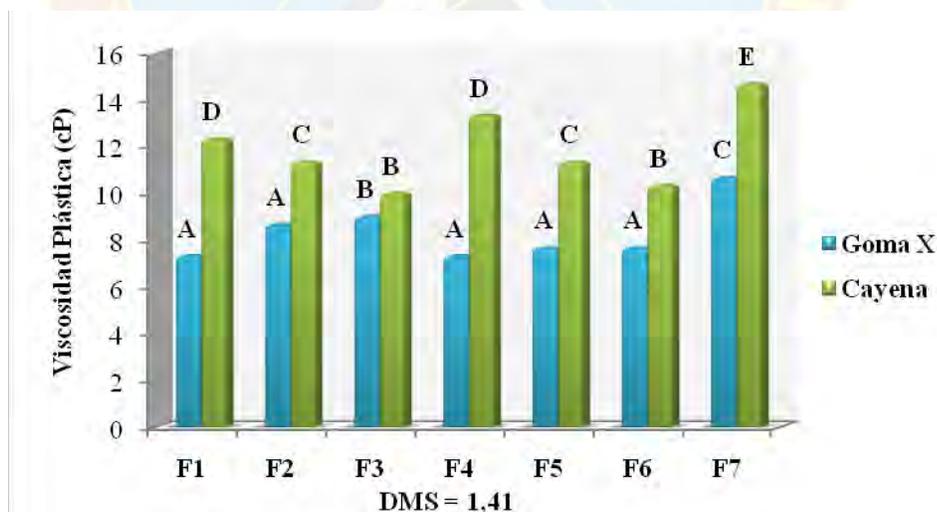


Gráfico N°4.7. Efectos de agentes contaminantes sobre la viscosidad plástica de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Punto Cedente

Es evidente un comportamiento estadísticamente diferente en presencia de contaminantes entre los tratamientos formulados con ambos aditivos. Así mismo los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado siguen siendo bajos en comparación a los que presenta los tratamientos formulados con goma xántica, no obstante es importante resaltar que a pesar de los contaminantes el comportamiento entre los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado es estadísticamente similar en vista de que no existe una diferencia significativa entre ellos salvo en el caso en que se agrega 4% v/v de crudo de 9° API (F7) donde se infiere que a un volumen mayor de este contaminante se restringen las fuerzas de cargas en las superficies de las partículas reduciendo la atracción entre ellas, por consiguiente una disminución del punto cedente. En presencia de contaminantes los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado siguen conservando un comportamiento más parecido a un sistema agua-gel que al comportamiento de reología invertida característico de un fluido polimérico.

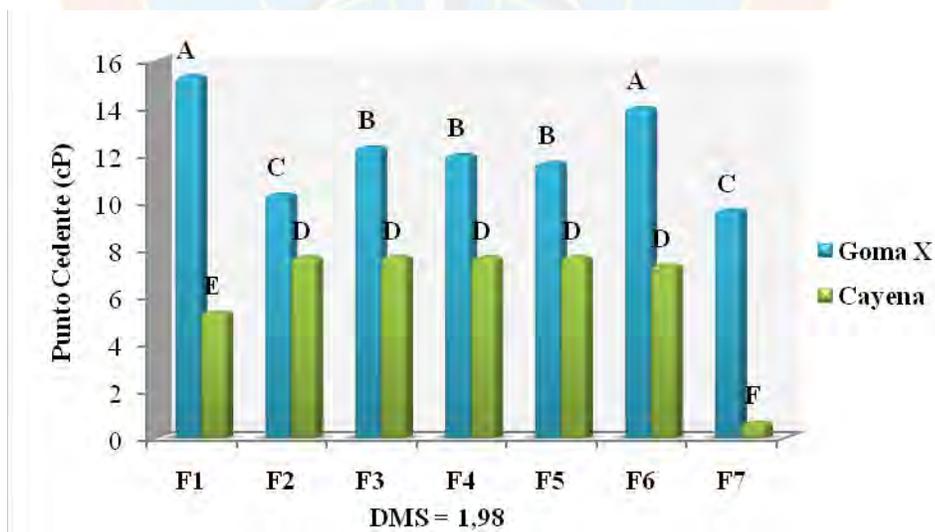


Gráfico N°4.8. Efectos de agentes contaminantes sobre el punto cedente de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Esfuerzo de gel 10seg

En el gráfico N°4.9 el esfuerzo de gel a los 10 sg. para la muestra de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado se presenta en presencia de los contaminantes que existen diferencias significativas entre los tratamientos por lo que presenta un comportamiento estadísticamente diferente debido a que las fuerzas de atracción entre las partículas es menor en los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado que en los de la goma xántica, pero cabe destacar que existe un comportamiento similar entre los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado en presencia de los contaminantes en comparación con el tratamiento formulado con el aditivo desarrollado sin contaminar (F1) con excepción de los casos en que se contaminó con 1,5lb de cal hidratada (F3), 4% v/v de cloruro de calcio (F5) y 2% v/v crudo de 9°API (F6) donde la acción de los contaminantes causó un aumento de la atracción entre las partículas presentes en el fluido y presentan un comportamiento estadísticamente similar entre ellos.

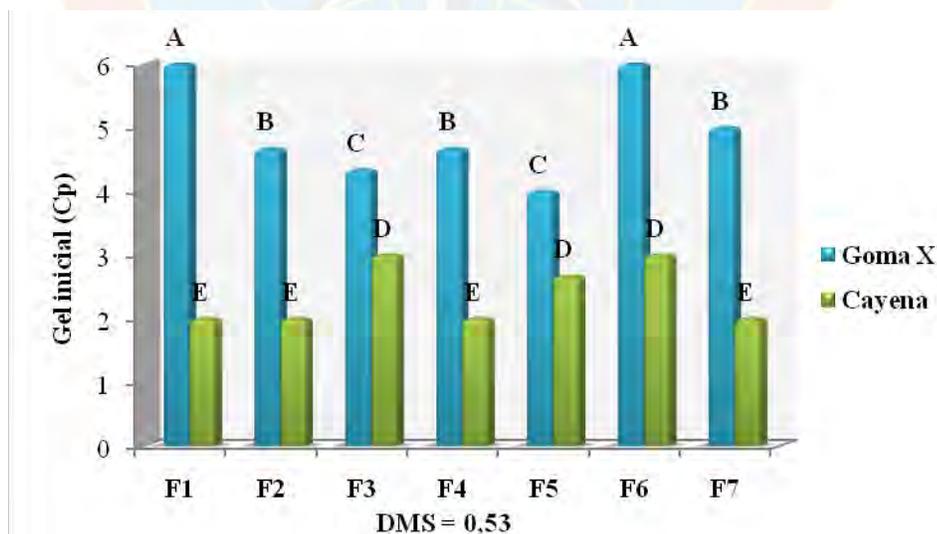


Gráfico N°4.9. Efectos de agentes contaminantes sobre el esfuerzo de gel inicial de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Esfuerzo de gel a los 10min

El comportamiento del esfuerzo de gel a los 10 min para la muestra de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado como viscosificantes en presencia de agentes contaminantes se observa en el gráfico N°4.10. que presenta un comportamiento estadísticamente diferente debido a que los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado superan el valor de diferencia mínima significativa (DMS: 0,75); cabe destacar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado en presencia de los contaminantes en comparación al tratamiento formulado con el aditivo desarrollado sin contaminar (F1) presentando un comportamiento estadísticamente similar, por lo que se infiere que a pesar de la presencia de los contaminantes esta propiedad no se ve afectada por la presencia de estos contaminantes con excepción del tratamiento contaminado con 4% v/v de crudo de 9°API (F7) que presentó valores de esfuerzo de gel inferiores a los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado.

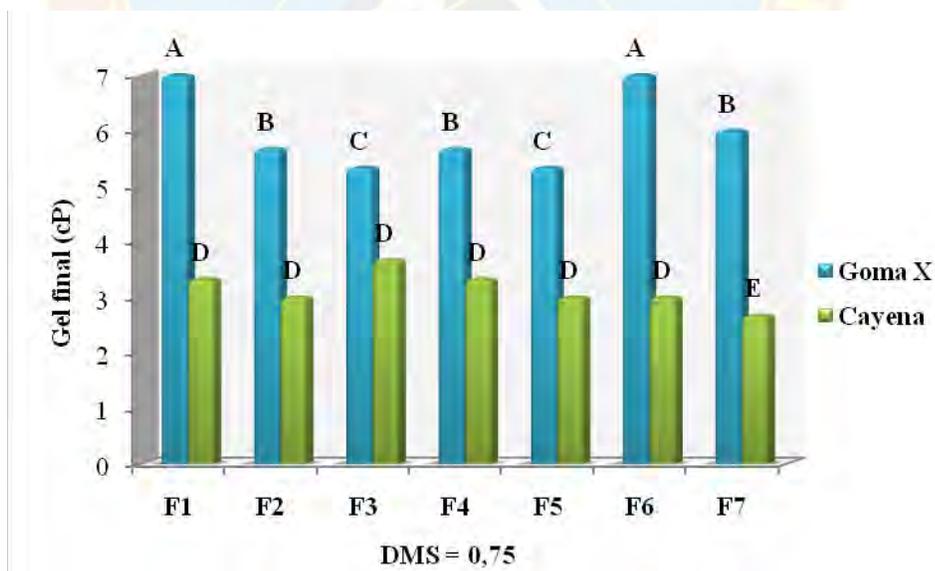


Gráfico N°4.10. Efectos de agentes contaminantes sobre el esfuerzo de gel final de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Espesor del revoque

Los espesores de revoque para la muestra de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado como viscosificantes no presentaron diferencias significativas aun en presencia de los contaminantes como se observa en la gráfica N°4.11, lo que indica que tiene un comportamiento estadísticamente similar salvo en el caso cuando se agregó 1,5 lb de cal hidratada (F3) presentando valores altos debido a la adición de partículas sólidas por parte de este contaminante provocando un mayor grosor del revoque tanto en el tratamiento formula con el aditivo desarrollado como en el formulado con la goma xántica.

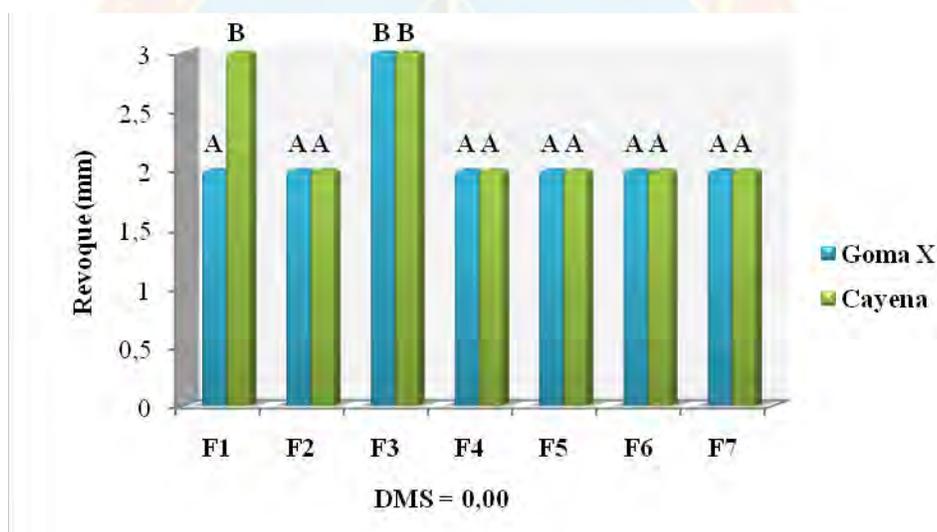


Gráfico N°4.11. Efectos de agentes contaminantes sobre el revoque de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificantes.

Volumen del filtrado a 30min

Los tratamientos formulados con el aditivo a base de cayena contaminados con 2%v/v de cloruro de calcio (F4), 1 y 1,5 lb de cal hidratada (F2 y F3) tienen un comportamiento estadísticamente similar al que presenta el fluido base formulado con goma xántica como se muestra en el gráfico N°4.12 debido a que la diferencia entre

estos valores de filtrado no superan la diferencia mínima significativa (DMS =3,38). En el tratamiento formulados con el aditivo desarrollado contaminado con 4% v/v de cloruro de calcio presenta una mayor disminución del volumen de filtrado, donde se infiere que en presencia de este volumen de contaminante provoca un aumento del pH que a su vez provoca la precipitación de algunos componentes del fluido produciendo un mejor ajuste de los sólidos en el revoque volviéndolo más impermeable resultando en una menor tasa de pérdida de filtrado.

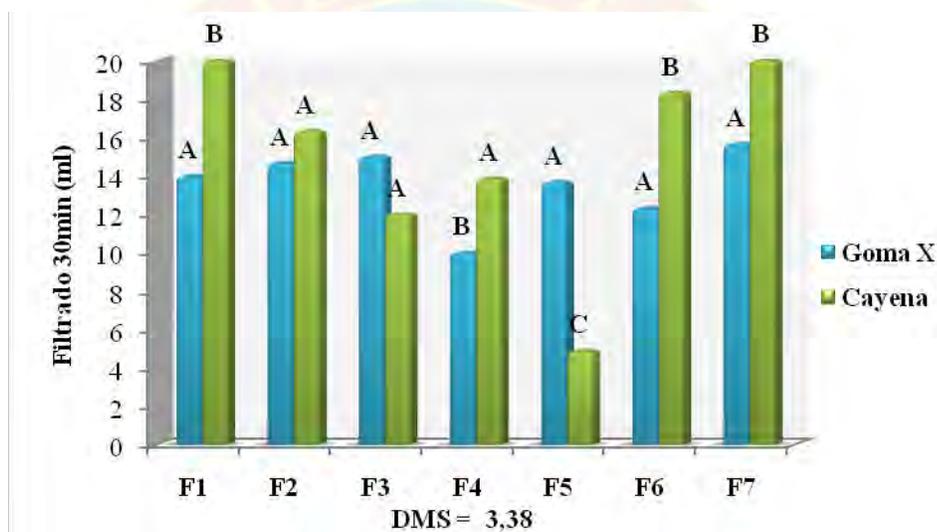


Gráfico N°4.12. Efectos de agentes contaminantes sobre el filtrado de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificantes.

Alcalinidad del fluido (PM)

Se muestra en el gráfico N°4.3.7 el comportamiento de la alcalinidad del fluido de perforación en las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificantes, se observa un comportamiento estadísticamente similar entre los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado donde a pesar de la presencia de agentes contaminantes no existe diferencia significativa en la concentración de iones solubles de oxidrilos (OH^-) que

contribuyan a la alcalinidad del fluido de perforación en comparación al tratamiento formulado con el aditivo desarrollado sin contaminar (F1); pero existe diferencia significativa al compararlos con el fluido patrón formulado con goma xántica donde la concentración de estos iones es mayor por lo que su comportamiento entre estos tratamientos sin la presencia de contaminantes es estadísticamente diferente.

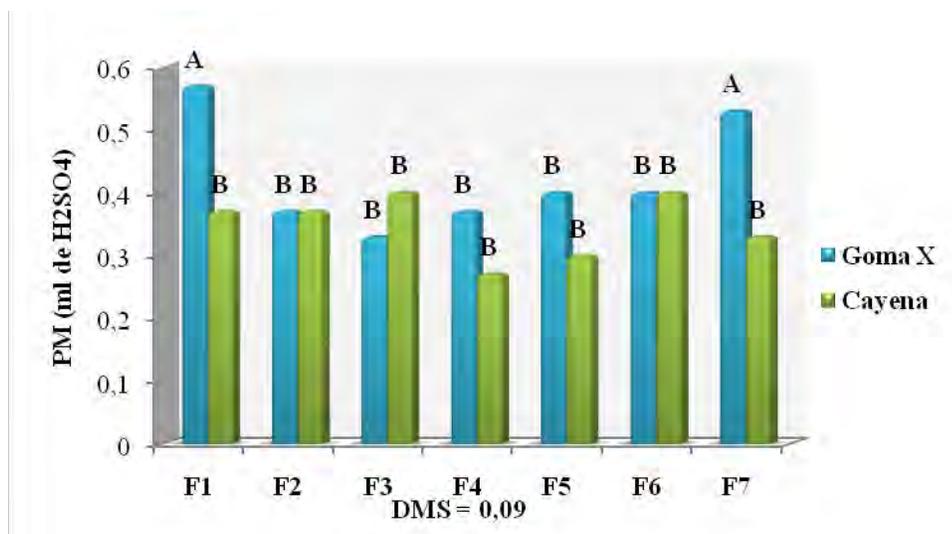


Gráfico N°4.13. Efectos de agentes contaminantes sobre la alcalinidad del lodo (PM) de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Alcalinidad del filtrado a la fenoltaleina (Pf)

En el gráfico N°4.3.8 se muestra el comportamiento de la alcalinidad del filtrado en las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificantes, en presencia de agentes contaminantes los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado presentaron un comportamiento estadísticamente similar en comparación al tratamiento formulado con el aditivo sin contaminar con excepción de los tratamientos donde se contaminó con 1,5lb. de cal hidratada y 4% v/v de crudo de 9°API donde se necesitaron de mayor volumen de ácido para reducir el pH del filtrado a un pH de 8,3, necesario para neutralizar el hidróxido y convertir los carbonatos. En los tratamientos formulados

con goma xántica no fue necesaria la presencia de ácido para reducir su pH, el cual ya oscilaba por debajo de 8,3 razón por la cual presenta un comportamiento estadísticamente diferente a los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado en presencia y sin la presencia de contaminantes.

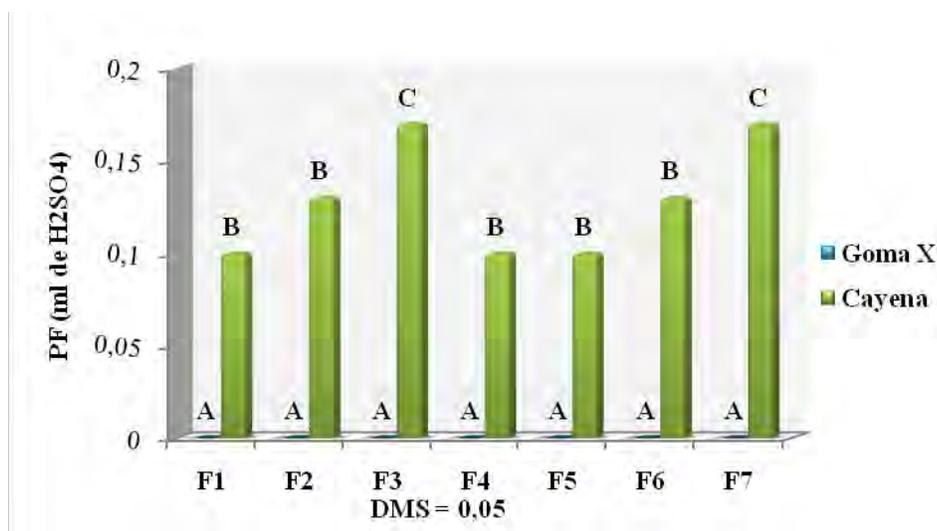


Gráfico N°4.14. Efectos de agentes contaminantes sobre la alcalinidad del filtrado (Pf) de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Alcalinidad del filtrado al naranja de metilo (Mf)

La alcalinidad del filtrado en presencia de contaminantes presenta en el gráfico N°4.3.9 un comportamiento para las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificantes estadísticamente diferente a causa de que los tratamientos formulados con aditivo desarrollado se incrementa la concentración de bicarbonatos gracias a la adiciones por parte de los contaminantes, en los casos en que los tratamientos fueron contaminados con 1,5 lb de cal hidratada (F2 y F3) donde fue requerido la adición de una mayor cantidad de ácido para reducir el pH a 4,3 y así poder convertir los bicarbonatos a dióxido de carbono, y de esta manera lograr una estabilidad

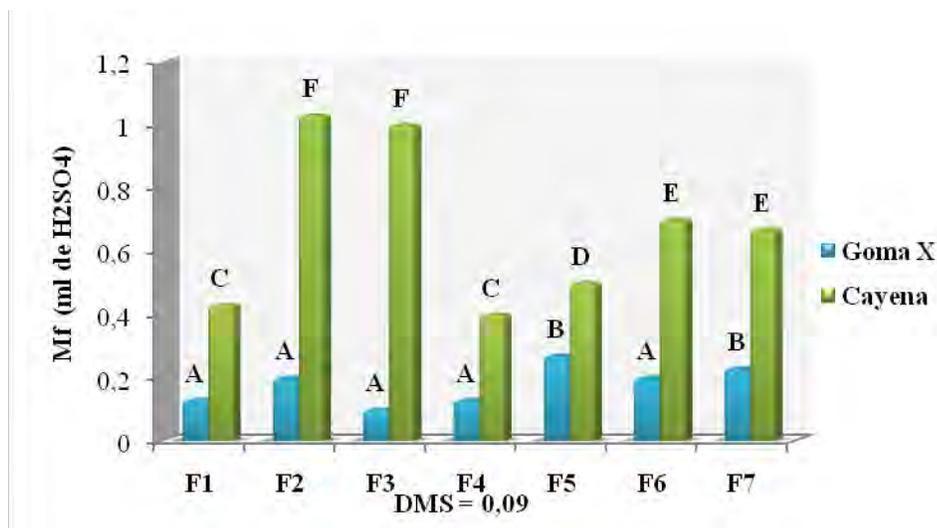


Gráfico N°4.15. Efectos de agentes contaminantes sobre la alcalinidad del filtrado (Mf) de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Contenido de cloruro

El gráfico N°4.3.10 muestra el comportamiento del contenido de cloruro obtenido mediante las pruebas químicas correspondiente realizada al filtrado, mostrando que al no superar la diferencia significativa (108,72) presentan un comportamiento estadísticamente similar entre los tratamiento formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado aun en la presencia de cal hidratada (F2, F3) como contaminante a diferencia de lo que ocurre con los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado donde las ppm de cloruro se incrementan debido al aporte de Cl⁻ añadidos al contaminar con 2% y 4% v/v de CaCl₂ 95% (F4 y F5) y 2% , 4% v/v de crudo de 9° API (F6 y F7), mostrando una clara diferencia estadística en su comportamiento en comparación al fluido patrón.

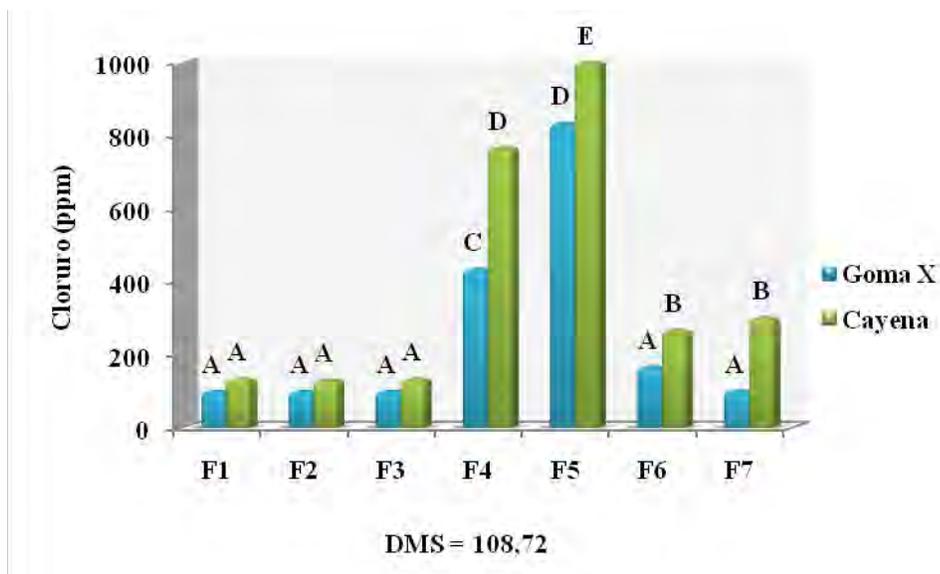


Gráfico N°4.16. Efectos de agentes contaminantes sobre el contenido cloruro de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

Dureza y contenido de calcio

El comportamiento que muestra el gráfico N°4.3.11 representa el contenido de calcio obtenido mediante las pruebas químicas correspondiente realizada al filtrado, observándose que el comportamiento entre los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado y la goma xántica como agentes viscosificantes son estadísticamente diferente al fluido patrón debido a que en la composición de la cayena existe mayor concentración de calcio (Ca^{++}) y magnesio (ver referencia en la tabla N°4.2.1). Es notable un incremento de las concentraciones de los cationes debido a la adición por parte del cloruro de calcio (F4 y F5), 4% v/v crudo de 9°API (F7) y 1lb de cal hidratada (F2), esto resulta desfavorable por el efecto nocivo que tiene la presencia de los cationes de calcio y magnesio en los fluidos de perforación.

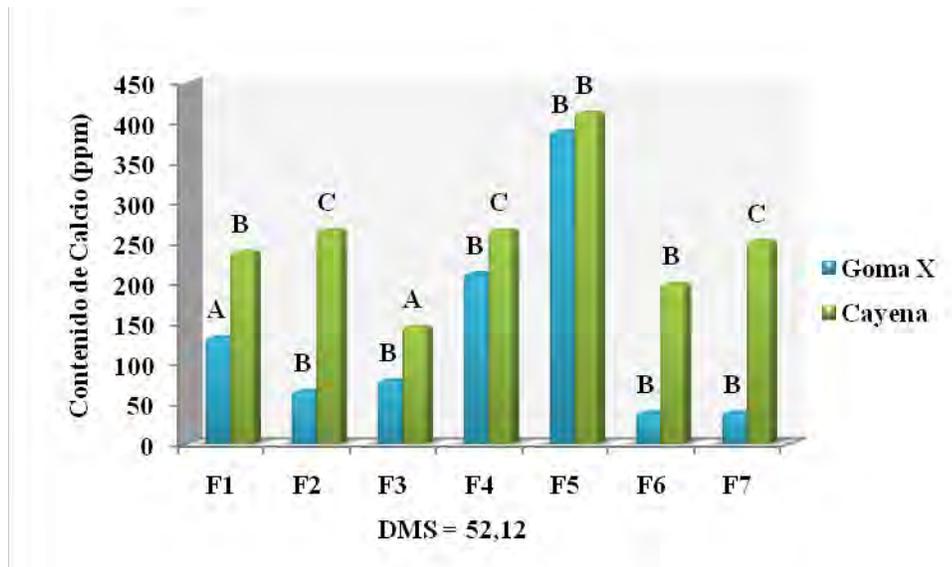


Gráfico N°4.17. Efectos de agentes contaminantes sobre el contenido de calcio de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ❖ El aditivo desarrollado a base de cayena presentó una gravedad específica inferior con respecto al valor de esta propiedad presentada por la goma xántica necesitando una mayor concentración para cumplir con los mismos requerimientos de la goma xántica como agente viscosificante.
- ❖ El aditivo desarrollado presentó una dureza en agua superior con respecto al valor de esta propiedad presentada por la goma xántica, demostrando que en la composición del aditivo viscosificante existe un alto contenido de calcio.
- ❖ La reología presentada por los fluidos formulado con el aditivo desarrollado presenta un comportamiento inverso al comportamiento característico de la reología de los fluidos poliméricos.
- ❖ Los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado presentan una mayor concentración de los iones oxidrilos (OH^-), carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$), y bicarbonatos (HCO_3^-) que resultan nocivos para las propiedades reológicas de un fluido de perforación en comparación al tratamiento formulado con goma xántica.
- ❖ Aun en presencia de contaminantes los tratamientos formulados con el aditivo desarrollado a base de cayena logra mantenerse sin variación estadística en algunas de sus propiedades como lo fue el punto cedente, los esfuerzos de gel, el espesor de revoque, manteniendo un comportamiento estadísticamente similar entre ellos.
- ❖ El aditivo desarrollado a la concentración determinada no es aplicable como agente viscosificante en fluidos poliméricos base agua.

5.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Determinar la eficiencia del aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante en sistemas de fluidos de perforación a base de agua salada.
- ❖ Determinar el efecto de la variación de la temperatura sobre las propiedades de los fluidos formulados con el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.
- ❖ Aplicar otro método para el desarrollo de un aditivo a base de cayena que permita mejorar su eficiencia como aditivo viscosificante en fluidos de perforación.
- ❖ Comparar la eficiencia del aditivo a base de cayena con un sistema agua-gel a base de bentonita.
- ❖ Determinar la efectividad de la mezcla del aditivo desarrollado a base de cayena con la goma xántica como un agente viscosificante.

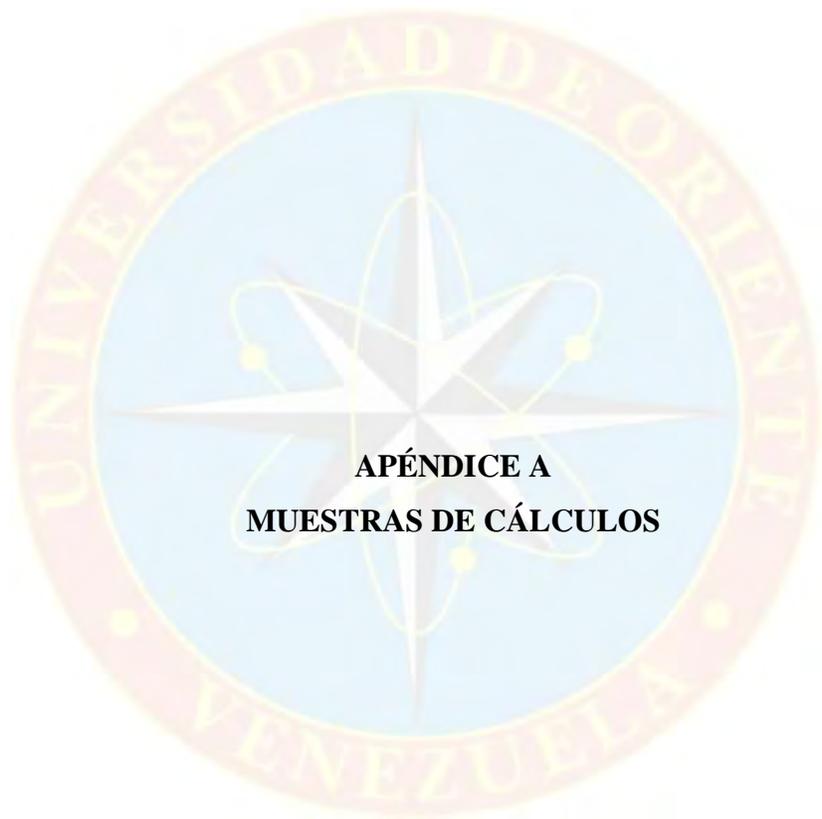
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS, F. (2006). **“El Proyecto de Investigación”**. Editorial Episteme. Cuarta Edición. Caracas - Venezuela.
- GÓMEZ, M. J. Y FUENTES, F. (2010) **“Derivados de la yuca como material para controlar pérdidas de circulación en la perforación de pozos”**. Trabajo de grado no publicado, Universidad de Oriente Núcleo Monagas. Venezuela.
- GONZÁLEZ, J. Y MARTÍNEZ, A. (2011) **“Almidón de yuca (manihot sculenta) como aditivo controlador de filtrado para fluidos de perforación base agua”**. Trabajo de grado no publicado, Universidad de Oriente Núcleo Monagas. Venezuela, pp. 20-25
- GONZÁLEZ, H. (2003). **“Análisis y evaluación de la aplicación de tecnología a los fluidos de perforación para el campo gasífero Yucal-Placer, con la finalidad de optimizar el fluido utilizado”**. [Tesis en línea]. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. Consultada el 21 de marzo de 2012 en: <http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/426/1/TRABAJO%20ESPECIAL%20DE%20GRADO%20FINAL.pdf>
- GRUPO INDUSTRIAL AISA (2005) (pagina web en línea). Consultada el 22 de junio de 2011 Disponible en: <http://www.oocities.org/grupoindustrialaisa/xantana.htm>
- HURTADO, J. (2011). **“Evaluación de una sal de amoníaco como base salina alternativa del fluido envirodrill plus para la perforación de arcillas reactivas”**. Trabajo de grado no publicado, Universidad de Oriente Núcleo Monagas. Venezuela, pp. 25-51.

- LITTLE, T. Y HILLS, F.J. (1981). **“Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura”**. Editorial Trillas, S.A. Tercera edición. México D.F, pp. 53-77
- OTAHOLA, J Y AMUNDARAY, R. (2010). **“Efecto de agentes contaminantes sobre propiedades físicas y químicas de los fluidos de perforación formulados con polímeros naturales”** Memorias del VIII Congreso Científico de la Universidad de Oriente. Venezuela.
- PDVSA-CIED. (2002). **“Manual de Fluidos de Perforación.”** [Programa de computación/ Venezuela: PDVSA.
- QUIMINET (2011) (pagina web en línea). Consultada el 28 de junio del 2011. Disponible en: http://www.quiminet.com/ar3/ar_armRsDFbcBuRsDF-usos-y-aplicaciones-de-la-goma-xantana.htm
- ROSALES, R. (2000) Programa Educación para la Salud. (Documento en línea). Consultada el 28 de junio de 2011. Universidad de los Andes. Disponible en: http://biosalud.saber.ula.ve/db/ssalud/Edocs/articulos/plantas_medicinales.pdf



APÉNDICES



APÉNDICE A
MUESTRAS DE CÁLCULOS

MUESTRA DE CÁLCULOS

Balance de masa de los fluidos

- **Gravedad específica**

$$G.E._{ADITIVO} = \frac{\rho_{ADITIVO}}{\rho_{AGUA}} \quad (A.1)$$

Donde:

$G.E._{ADITIVO}$: gravedad específica del aditivo, lb/gal

$\rho_{ADITIVO}$: densidad del aditivo, lb/gal

ρ_{AGUA} : densidad del agua, lb/gal ; (8,33 lbs/gal)

Conocidas las gravedades específicas, despejando de la ecuación A.1 se obtuvo la densidad de cada uno de los aditivos, tal como se muestra a continuación:

- **Densidad**

$$\rho_{ADITIVO} = G.E._{ADITIVO} \times \rho_{AGUA}$$

Conocida la concentración de cada aditivo, su densidad, y el volumen total a preparar, se determinó el volumen de cada aditivo de la siguiente manera:

- **Volumen**

$$V_{ADITIVO} = \frac{C \times V_{TOTAL}}{\rho_{ADITIVO} \times 42} \quad (A.2)$$

Donde:

C : concentración del aditivo, lb/bbl

V_{TOTAL} : volumen total, bbl

$\rho_{ADITIVO}$: densidad del aditivo, lb/gal

42 : factor de conversión, gal/bbl

De esta manera se determinaron las densidades y volúmenes de cada uno de los aditivos.

Aplicando balance de masa

- ▲ El volumen total es igual a la suma de los volúmenes de los componentes individuales:

$$V_{TOTAL} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (A.3)$$

Donde:

V : Volumen, bbl

Escribiendo la ecuación en base al fluido base, el material densificante y el resto de los aditivos se tiene:

$$V_{TOTAL} = V_{AGUA} + \sum V_{ADITIVOS} + V_{VISCOSIFICANTE}$$

- ▲ La masa total es igual a la suma de las masas de los componentes individuales:

$$V_{TOTAL} \times \rho_{TOTAL} = V_1 \times \rho_1 + V_2 \times \rho_2 + V_3 \times \rho_3 + \dots + V_n \times \rho_n \quad (A.4)$$

Donde:

V : volumen, bbl

ρ : densidad, lb/gal

Escribiendo la ecuación en base al fluido base, el material densificante y el resto de los aditivos se tiene:

$$V_{TOTAL} \times \rho_{TOTAL} = V_{AGUA} \times \rho_{AGUA} + \sum V_{ADITIVOS} \times \rho_{ADITIVOS} + V_{VISCOSIFI} \times \rho_{VISCOSIFI}$$

A.2 Propiedades reológicas

Ecuaciones:

$$Vp = L_{600} - L_{300} \quad (A.5)$$

$$Pc = L_{300} - Vp \quad (A.6)$$

Donde:

Vp : viscosidad plástica, cP

Pc : punto cedente, lb/100pie²

L_{600} : lectura del dial del viscosímetro a 600 rpm

L_{300} : lectura del dial del viscosímetro a 300 rpm

- **Determinación de la diferencia mínima significativa.**

Grado de libertad tabulado.

$$GL_{error} = 2,00$$

$F_{tabla} > F_c$, por lo tanto existe diferencia significativa, como se cumple la condición se aplica mínima diferencia significativa (DMS)

$$DMS = \sqrt{\frac{2S^2}{R}}$$

$$DMS = t \sqrt{\frac{2cME}{R}}$$





APÉNDICE B
DATOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA

**B.1. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA COMPARAR
ENTRE LOS AGENTES VISCOSIFICANTES**

Tabla N°B.1 Datos obtenidos de la lectura de 600rpm de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	29,00	31,00	30,00	90,00	30,00	A
2	Cayena	30,00	29,00	30,00	89,00	29,67	A
Total		59,00	60,00	60,00	179,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	0,14	ns
Tratamientos	1	0,167	0,1667	0,14	ns
Error	2	2,333	1,1667		
Total	5	2,833			

Tabla N°B.2. Datos obtenidos de la lectura de 300rpm de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	23,00	23,00	22,00	68,00	22,67	A
2	Cayena	17,00	17,00	18,00	52,00	17,33	B
Total		40,00	40,00	40,00	120,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,000	0,0000	0,00	ns

Tratamientos	1	42,667	42,6667	64,00	*
Error	2	1,333	0,6667		
Total	5	44,000			

Tabla N°B.3. Datos obtenidos de la lectura de 200rpm de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	12,00	19,00	21,00	52,00	17,33	A
2	Cayena	11,00	12,00	12,00	35,00	11,67	A
Total		23,00	31,00	33,00	87,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	28,000	14,0000	1,62	ns
Tratamientos	1	48,167	48,1667	5,56	ns
Error	2	17,333	8,6667		
Total	5	93,500			

Tabla N°B.4. Datos obtenidos de la lectura de 100rpm de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	15,00	15,00	14,00	44,00	14,67	A
2	Cayena	8,00	8,00	8,00	24,00	8,00	B
Total		23,00	23,00	22,00	68,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	1,00	ns
Tratamientos	1	66,667	66,6667	400,00	*
Error	2	0,333	0,1667		

Total	5	67,333
-------	---	--------

Tabla N°B.5. Datos obtenidos de la lectura de 6rpm de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	6,00	6,00	6,00	18,00	6,00	A
2	Cayena	3,00	4,00	3,00	10,00	3,33	B
Total		9,00	10,00	9,00	28,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	1,00	ns
Tratamientos	1	10,667	10,6667	64,00	*
Error	2	0,333	0,1667		
Total	5	11,333			

Tabla N°B.6. Datos obtenidos de la lectura de 3rpm de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	5,00	5,00	5,00	15,00	5,00	A
2	Cayena	2,00	3,00	2,00	7,00	2,33	B
Total		7,00	8,00	7,00	22,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	1,00	ns
Tratamientos	1	10,667	10,6667	64,00	*
Error	2	0,333	0,1667		
Total	5	11,333			

Tabla N°B.7. Datos obtenidos de la viscosidad plástica de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	6,00	8,00	8,00	22,00	7,33	A
2	Cayena	13,00	12,00	12,00	37,00	12,33	B
Total		19,00	20,00	20,00	59,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	0,11	ns
Tratamientos	1	37,500	37,5000	25,00	*
Error	2	3,000	1,5000		
Total	5	40,833			

Tabla N°B.8 Datos obtenidos de la viscosidad aparente de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	14,50	15,50	15,00	45,00	15,00	A
2	Cayena	14,50	14,50	15,00	44,00	14,67	A
Total		29,00	30,00	30,00	89,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	1,00	ns
Tratamientos	1	0,167	0,1667	1,00	ns
Error	2	0,333	0,1667		
Total	5	0,833			

Tabla N°B.9. Datos obtenidos de la punto cedente de las muestras de fluido..

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	17,00	15,00	14,00	46,00	15,33	A
2	Cayena	5,00	5,00	6,00	16,00	5,33	B
Total		22,00	20,00	20,00	62,00		

Fuentes de variación	GI	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	1,333	0,6667	0,33	ns
Tratamientos	1	150,000	150,0000	75,00	*
Error	2	4,000	2,0000		
Total	5	155,333			

Tabla N°B.10. Datos obtenidos del esfuerzo de gel inicial de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	6,00	6,00	6,00	18,00	6,00	A
2	Cayena	2,00	3,00	2,00	7,00	2,33	B
Total		8,00	9,00	8,00	25,00		

Fuentes de variación	GI	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	1,00	ns
Tratamientos	1	20,167	20,1667	121,00	*
Error	2	0,333	0,1667		
Total	5	20,833			

Tabla N°B.11. Datos obtenidos del esfuerzo de gel final de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00	A
2	Cayena	3,00	4,00	3,00	10,00	3,33	B
Total		10,00	11,00	10,00	31,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	1,00	ns
Tratamientos	1	20,167	20,1667	121,00	*
Error	2	0,333	0,1667		
Total	5	20,833			

Tabla N°B.12. Datos obtenidos del filtrado (30min) de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	15,00	13,00	14,00	42,00	14,00	A
2	Cayena	20,00	21,00	19,00	60,00	20,00	B
Total		35,00	34,00	33,00	102,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	1,000	0,5000	0,33	ns
Tratamientos	1	54,000	54,0000	36,00	*
Error	2	3,000	1,5000		
Total	5	58,000			

Tabla N°B.13. Datos obtenidos del espesor del revoque de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
2	Cayena	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	B
Total		5,00	5,00	5,00	15,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,000	0,0000	0,00	
Tratamientos	1	1,500	1,5000	0,00	
Error	2	0,000	0,0000		
Total	5	1,500			

Tabla N°B.14. Datos obtenidos de la alcalinidad del fluido PM de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	0,60	0,50	0,60	1,70	0,57	A
2	Cayena	0,40	0,30	0,40	1,10	0,37	B
Total		1,00	0,80	1,00	2,80		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,013	0,0067	0,00	ns
Tratamientos	1	0,060	0,0600	0,00	ns
Error	2	0,000	0,0000		
Total	5	0,073			

Tabla N°B.15. Datos obtenidos de la alcalinidad del fluido Pf de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A
2	Cayena	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	B
Total		0,10	0,10	0,10	0,30		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,000	0,0000	0,00	
Tratamientos	1	0,015	0,0150	0,00	
Error	2	0,000	0,0000		
Total	5	0,015			

Tabla N°B.16. Datos obtenidos de la alcalinidad del fluido Mf de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	0,20	0,10	0,10	0,40	0,13	A
2	Cayena	0,60	0,50	0,50	1,60	0,53	B
Total		0,80	0,60	0,60	2,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,013	0,0067	0,00	ns
Tratamientos	1	0,240	0,2400	0,00	ns
Error	2	0,000	0,0000		
Total	5	0,253			

Tabla N°B.17. Datos obtenidos del contenido de cloruro de las muestras de

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	100,00	100,00	200,00	400,00	133,33	A
2	Cayena	100,00	100,00	100,00	300,00	100,00	A
Total		200,00	200,00	300,00	700,00		

fluido.

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	3333,333	1666,6667	1,00	ns
Tratamientos	1	1666,667	1666,6667	1,00	ns
Error	2	3333,333	1666,6667		
Total	5	8333,333			

Tabla N°B.18. Datos obtenidos de dureza y contenido de calcio de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X	160,00	120,00	120,00	400,00	133,33	A
2	Cayena	240,00	240,00	240,00	720,00	240,00	B
Total		400,00	360,00	360,00	1120,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	533,333	266,6667	1,00	ns
Tratamientos	1	17066,667	17066,6667	64,00	*
Error	2	533,333	266,6667		

Total	5	18133,333
--------------	---	-----------

B.2. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS MUESTRAS CONTAMINADAS

Tabla N°B.2.1. Datos obtenidos de la lectura de 600rpm de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	29,00	31,00	30,00	90,00	30,00	A
2	Cayena (F1)	30,00	29,00	30,00	89,00	29,67	A
3	Goma X (F2)	29,00	26,00	28,00	83,00	27,67	A
4	Cayena (F2)	29,00	31,00	31,00	91,00	30,33	A
5	Goma X (F3)	30,00	31,00	30,00	91,00	30,33	A
6	Cayena (F3)	29,00	31,00	31,00	91,00	30,33	A
7	Goma X (F4)	27,00	25,00	28,00	80,00	26,67	B
8	Cayena (F4)	33,00	35,00	35,00	103,00	34,33	B
9	Goma X (F5)	27,00	26,00	28,00	81,00	27,00	B
10	Cayena (F5)	29,00	31,00	31,00	91,00	30,33	A
11	Goma X (F6)	29,00	29,00	30,00	88,00	29,33	A
12	Cayena (F6)	29,00	31,00	24,00	84,00	28,00	A
13	Goma X (F7)	32,00	30,00	31,00	93,00	31,00	A
14	Cayena (F7)	25,00	32,00	29,00	86,00	28,67	A
Total		407,00	418,00	416,00	1241,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc
Repeticiones	2	4,905	2,4524	0,86
Tratamientos	13	147,738	11,3645	4,01
Error	26	73,762	2,8370	

Total	41	226,405
--------------	----	---------

Tabla N°B.2.2. Datos obtenidos de la lectura de 300rpm de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	23,00	23,00	22,00	68,00	22,67	A
2	Cayena (F1)	17,00	17,00	18,00	52,00	17,33	C
3	Goma X (F2)	21,00	17,00	19,00	57,00	19,00	B
4	Cayena (F2)	18,00	20,00	19,00	57,00	19,00	B
5	Goma X (F3)	21,00	22,00	21,00	64,00	21,33	A
6	Cayena (F3)	17,00	19,00	19,00	55,00	18,33	B
7	Goma X (F4)	19,00	19,00	20,00	58,00	19,33	B
8	Cayena (F4)	20,00	20,00	21,00	61,00	20,33	B
9	Goma X (F5)	19,00	19,00	20,00	58,00	19,33	B
10	Cayena (F5)	18,00	20,00	19,00	57,00	19,00	B
11	Goma X (F6)	22,00	21,00	22,00	65,00	21,67	A
12	Cayena (F6)	18,00	20,00	15,00	53,00	17,67	C
13	Goma X (F7)	21,00	20,00	20,00	61,00	20,33	B
14	Cayena (F7)	12,00	16,00	14,00	42,00	14,00	D
Total		266,00	273,00	269,00	808,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	1,762	0,8810	0,59	ns
Tratamientos	13	176,952	13,6117	9,10	*
Error	26	38,905	1,4963		
Total	41	217,619			

Tabla N°B.2.3. Datos obtenidos de la lectura de 200rpm de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	18,00	19,00	21,00	58,00	19,33	A
2	Cayena (F1)	11,00	12,00	12,00	35,00	11,67	B
3	Goma X (F2)	19,00	15,00	15,00	49,00	16,33	B
4	Cayena (F2)	14,00	14,00	15,00	43,00	14,33	B
5	Goma X (F3)	17,00	16,00	16,00	49,00	16,33	B
6	Cayena (F3)	13,00	15,00	15,00	43,00	14,33	B
7	Goma X (F4)	17,00	15,00	16,00	48,00	16,00	B
8	Cayena (F4)	13,00	15,00	15,00	43,00	14,33	B
9	Goma X (F5)	14,00	15,00	15,00	44,00	14,67	B
10	Cayena (F5)	14,00	11,00	13,00	38,00	12,67	B
11	Goma X (F6)	16,00	17,00	16,00	49,00	16,33	B
12	Cayena (F6)	10,00	12,00	10,00	32,00	10,67	B
13	Goma X (F7)	17,00	17,00	18,00	52,00	17,33	B
14	Cayena (F7)	7,00	9,00	8,00	24,00	8,00	C
Total		200,00	202,00	205,00	607,00		

Fuentes de variación	GI	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,905	0,4524	0,34	ns
Tratamientos	13	336,405	25,8773	19,17	*
Error	26	35,095	1,3498		
Total	41	372,405			

Tabla N°B.2.4. Datos obtenidos de la lectura de 100rpm de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	15,00	15,00	14,00	44,00	14,67	A
2	Cayena (F1)	8,00	8,00	8,00	24,00	8,00	D
3	Goma X (F2)	15,00	12,00	12,00	39,00	13,00	B
4	Cayena (F2)	10,00	10,00	10,00	30,00	10,00	C
5	Goma X (F3)	14,00	15,00	15,00	44,00	14,67	A
6	Cayena (F3)	9,00	10,00	10,00	29,00	9,67	C
7	Goma X (F4)	14,00	12,00	14,00	40,00	13,33	A
8	Cayena (F4)	9,00	11,00	11,00	31,00	10,33	C
9	Goma X (F5)	12,00	13,00	12,00	37,00	12,33	B
10	Cayena (F5)	10,00	8,00	10,00	28,00	9,33	C
11	Goma X (F6)	14,00	14,00	14,00	42,00	14,00	A
12	Cayena (F6)	8,00	8,00	7,00	23,00	7,67	D
13	Goma X (F7)	15,00	13,00	15,00	43,00	14,33	A
14	Cayena (F7)	5,00	6,00	5,00	16,00	5,33	E
Total		158,00	155,00	157,00	470,00		

Fuentes de variación	GI	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	0,21	ns
Tratamientos	13	347,810	26,7546	34,21	*
Error	26	20,333	0,7821		
Total	41	368,476			

Tabla N°B.2.5. Datos obtenidos de la lectura de 6rpm de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	6,00	6,00	6,00	18,00	6,00	A
2	Cayena (F1)	3,00	4,00	3,00	10,00	3,33	C
3	Goma X (F2)	6,00	5,00	5,00	16,00	5,33	A
4	Cayena (F2)	3,00	2,00	3,00	8,00	2,67	C
5	Goma X (F3)	6,00	6,00	6,00	18,00	6,00	A
6	Cayena (F3)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	C
7	Goma X (F4)	6,00	6,00	6,00	18,00	6,00	A
8	Cayena (F4)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	C
9	Goma X (F5)	5,00	5,00	4,00	14,00	4,67	B
10	Cayena (F5)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	C
11	Goma X (F6)	6,00	6,00	5,00	17,00	5,67	A
12	Cayena (F6)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	C
13	Goma X (F7)	6,00	6,00	6,00	18,00	6,00	A
14	Cayena (F7)	1,00	3,00	2,00	6,00	2,00	D
Total		60,00	61,00	58,00	179,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,333	0,1667	0,87	ns
Tratamientos	13	90,786	6,9835	36,31	*
Error	26	5,000	0,1923		
Total	41	96,119			

Tabla N°B.2.6 Datos obtenidos de la lectura de 3rpm de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	5,00	5,00	5,00	15,00	5,00	A
2	Cayena (F1)	2,00	3,00	2,00	7,00	2,33	D
3	Goma X (F2)	5,00	4,00	4,00	13,00	4,33	B
4	Cayena (F2)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	D
5	Goma X (F3)	5,00	5,00	5,00	15,00	5,00	A
6	Cayena (F3)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	D
7	Goma X (F4)	5,00	5,00	5,00	15,00	5,00	A
8	Cayena (F4)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	D
9	Goma X (F5)	4,00	4,00	3,00	11,00	3,67	C
10	Cayena (F5)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	D
11	Goma X (F6)	5,00	5,00	4,00	14,00	4,67	A
12	Cayena (F6)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	D
13	Goma X (F7)	5,00	5,00	5,00	15,00	5,00	A
14	Cayena (F7)	1,00	2,00	1,00	4,00	1,33	E
Total		47,00	48,00	44,00	139,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,619	0,3095	2,96	ns
Tratamientos	13	83,643	6,4341	61,63	*
Error	26	2,714	0,1044		
Total	41	86,976			

Tabla N°B.2.7. Datos obtenidos del esfuerzo de gel inicial de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Tratamientos	6,00	6,00	6,00	18,00	6,00	A
2	Goma X (F1)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	E
3	Cayena (F1)	5,00	4,00	5,00	14,00	4,67	B
4	Goma X (F2)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	E
5	Cayena (F2)	4,00	5,00	4,00	13,00	4,33	C
6	Goma X (F3)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	D
7	Cayena (F3)	4,00	5,00	5,00	14,00	4,67	B
8	Goma X (F4)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	E
9	Cayena (F4)	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00	C
10	Goma X (F5)	3,00	3,00	2,00	8,00	2,67	D
11	Cayena (F5)	6,00	6,00	6,00	18,00	6,00	A
12	Goma X (F6)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	D
13	Cayena (F6)	5,00	5,00	5,00	15,00	5,00	B
14	Goma X (F7)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	E
Total		51,00	52,00	51,00	154,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,048	0,0238	0,24	ns
Tratamientos	13	84,667	6,5128	64,65	*
Error	26	2,619	0,1007		
Total	41	87,333			

Tabla N°B.2.8. Datos obtenidos del esfuerzo de gel final de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
2	Goma X (F1)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00	A
1	Cayena (F1)	3,00	4,00	3,00	10,00	3,33	D
4	Goma X (F2)	6,00	5,00	6,00	17,00	5,67	B
3	Cayena (F2)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	D
6	Goma X (F3)	5,00	6,00	5,00	16,00	5,33	C
5	Cayena (F3)	3,00	4,00	4,00	11,00	3,67	D
8	Goma X (F4)	5,00	6,00	6,00	17,00	5,67	B
7	Cayena (F4)	3,00	4,00	3,00	10,00	3,33	D
10	Goma X (F5)	6,00	5,00	5,00	16,00	5,33	C
9	Cayena (F5)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	D
12	Goma X (F6)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00	A
11	Cayena (F6)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	D
14	Goma X (F7)	6,00	6,00	6,00	18,00	6,00	B
13	Cayena (F7)	3,00	2,00	3,00	8,00	2,67	E
Total		63,00	65,00	64,00	192,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,143	0,0714	0,36	ns
Tratamientos	13	96,952	7,4579	37,36	*
Error	26	5,190	0,1996		
Total	41	102,286			

Tabla N°B.2.9. Datos obtenidos de la viscosidad plástica de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	6,00	8,00	8,00	22,00	7,33	A
2	Cayena (F1)	13,00	12,00	12,00	37,00	12,33	D
3	Goma X (F2)	8,00	9,00	9,00	26,00	8,67	A
4	Cayena (F2)	11,00	11,00	12,00	34,00	11,33	C
5	Goma X (F3)	9,00	9,00	9,00	27,00	9,00	B
6	Cayena (F3)	9,00	11,00	10,00	30,00	10,00	B
7	Goma X (F4)	8,00	6,00	8,00	22,00	7,33	A
8	Cayena (F4)	13,00	13,00	14,00	40,00	13,33	D
9	Goma X (F5)	8,00	7,00	8,00	23,00	7,67	A
10	Cayena (F5)	11,00	11,00	12,00	34,00	11,33	C
11	Goma X (F6)	7,00	8,00	8,00	23,00	7,67	A
12	Cayena (F6)	11,00	11,00	9,00	31,00	10,33	C
13	Goma X (F7)	11,00	10,00	11,00	32,00	10,67	C
14	Cayena (F7)	13,00	16,00	15,00	44,00	14,67	E
Total		138,00	142,00	145,00	425,00		

Fuentes de variación	GI	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	1,762	0,8810	1,26	ns
Tratamientos	13	210,405	16,1850	23,07	*
Error	26	18,238	0,7015		
Total	41	230,405			

Tabla N°B.2.10. Datos obtenidos del punto cedente de las muestras de fluido

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	17,00	15,00	14,00	46,00	15,33	A
2	Cayena (F1)	5,00	5,00	6,00	16,00	5,33	E
3	Goma X (F2)	13,00	8,00	10,00	31,00	10,33	C
4	Cayena (F2)	7,00	9,00	7,00	23,00	7,67	D
5	Goma X (F3)	12,00	13,00	12,00	37,00	12,33	B
6	Cayena (F3)	8,00	8,00	9,00	25,00	8,33	D
7	Goma X (F4)	11,00	13,00	12,00	36,00	12,00	B
8	Cayena (F4)	7,00	9,00	7,00	23,00	7,67	D
9	Goma X (F5)	11,00	12,00	12,00	35,00	11,67	B
10	Cayena (F5)	7,00	9,00	7,00	23,00	7,67	D
11	Goma X (F6)	15,00	13,00	14,00	42,00	14,00	A
12	Cayena (F6)	7,00	9,00	6,00	22,00	7,33	D
13	Goma X (F7)	10,00	10,00	9,00	29,00	9,67	C
14	Cayena (F7)	1,00	0,00	1,00	2,00	0,67	F
Total		131,00	133,00	126,00	390,00		

Fuentes de variación	GI	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	1,857	0,9286	0,67	ns
Tratamientos	13	554,571	42,6593	30,69	*
Error	26	36,143	1,3901		
Total	41	592,571			

Tabla N°B.2.11. Datos obtenidos de la viscosidad aparente de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	14,50	15,50	15,00	45,00	15,00	A
2	Cayena (F1)	14,50	14,50	15,00	44,00	14,67	A
3	Goma X (F2)	14,50	13,00	14,00	41,50	13,83	A
4	Cayena (F2)	14,50	15,50	15,50	45,50	15,17	A
5	Goma X (F3)	15,00	15,50	15,00	45,50	15,17	A
6	Cayena (F3)	13,00	15,00	14,50	42,50	14,17	A
7	Goma X (F4)	13,50	12,50	14,00	40,00	13,33	B
8	Cayena (F4)	18,00	20,00	18,00	56,00	18,67	B
9	Goma X (F5)	13,50	13,00	14,00	40,50	13,50	A
10	Cayena (F5)	14,50	15,50	15,50	45,50	15,17	A
11	Goma X (F6)	14,50	14,50	15,00	44,00	14,67	A
12	Cayena (F6)	14,50	15,50	12,00	42,00	14,00	A
13	Goma X (F7)	16,00	15,00	15,50	46,50	15,50	A
14	Cayena (F7)	12,50	16,00	14,50	43,00	14,33	A
Total		203,00	211,00	207,50	621,50		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	2,298	1,1488	1,43	ns
Tratamientos	13	65,863	5,0664	6,31	*
Error	26	20,869	0,8027		
Total	41	89,030			

Tabla N°B.2.12. Datos obtenidos del filtrado (30min) de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	15,00	13,00	14,00	42,00	14,00	A
2	Cayena (F1)	20,00	21,00	19,00	60,00	20,00	A
3	Goma X (F2)	15,00	14,00	15,00	44,00	14,67	A
4	Cayena (F2)	19,00	14,00	16,00	49,00	16,33	A
5	Goma X (F3)	16,00	14,00	15,00	45,00	15,00	A
6	Cayena (F3)	17,00	7,00	12,00	36,00	12,00	B
7	Goma X (F4)	11,00	9,00	10,00	30,00	10,00	B
8	Cayena (F4)	15,00	12,60	14,00	41,60	13,87	B
9	Goma X (F5)	15,00	14,00	12,00	41,00	13,67	B
10	Cayena (F5)	4,80	4,90	5,00	14,70	4,90	C
11	Goma X (F6)	11,00	12,00	14,00	37,00	12,33	B
12	Cayena (F6)	14,00	20,00	21,00	55,00	18,33	A
13	Goma X (F7)	16,00	16,00	15,00	47,00	15,67	A
14	Cayena (F7)	20,00	21,00	19,00	60,00	20,00	A
Total		208,80	192,50	201,00	602,30		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	9,495	4,7474	1,17	ns
Tratamientos	13	613,615	47,2011	11,64	*
Error	26	105,432	4,0551		
Total	41	728,541			

Tabla N°B.2.13. Datos obtenidos del espesor de revoque de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
2	Cayena (F1)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	B
3	Goma X (F2)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
4	Cayena (F2)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
5	Goma X (F3)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	B
6	Cayena (F3)	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00	B
7	Goma X (F4)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
8	Cayena (F4)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
9	Goma X (F5)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
10	Cayena (F5)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
11	Goma X (F6)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
12	Cayena (F6)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
13	Goma X (F7)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
14	Cayena (F7)	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00	A
Total		31,00	31,00	31,00	93		

Fuentes de variación	GI	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,000	0,0000	0,00	ns
Tratamientos	13	7,071	0,5440	0,00	*
Error	26	0,000	0,0000		
Total	41	7,071			

Tabla N°B.2.14. Datos obtenidos de la alcalinidad del lodo (PM) de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	0,60	0,50	0,60	1,70	0,57	A
2	Cayena (F1)	0,40	0,30	0,40	1,10	0,37	B
3	Goma X (F2)	0,30	0,40	0,40	1,10	0,37	B
4	Cayena (F2)	0,40	0,30	0,40	1,10	0,37	B
5	Goma X (F3)	0,30	0,30	0,40	1,00	0,33	B
6	Cayena (F3)	0,40	0,40	0,40	1,20	0,40	B
7	Goma X (F4)	0,40	0,40	0,30	1,10	0,37	B
8	Cayena (F4)	0,20	0,30	0,30	0,80	0,27	B
9	Goma X (F5)	0,40	0,40	0,40	1,20	0,40	B
10	Cayena (F5)	0,30	0,30	0,30	0,90	0,30	B
11	Goma X (F6)	0,50	0,30	0,40	1,20	0,40	B
12	Cayena (F6)	0,40	0,40	0,40	1,20	0,40	B
13	Goma X (F7)	0,60	0,50	0,50	1,60	0,53	A
14	Cayena (F7)	0,30	0,30	0,40	1,00	0,33	B
Total		5,50	5,10	5,60	16,20		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,010	0,0050	1,86	ns
Tratamientos	13	0,251	0,0193	7,18	*
Error	26	0,070	0,0027		
Total	41	0,331			

Tabla N°B.2.15. Datos obtenidos de la alcalinidad del filtrado (Pf) de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A
2	Cayena (F1)	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	B
3	Goma X (F2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A
4	Cayena (F2)	0,20	0,10	0,10	0,40	0,13	B
5	Goma X (F3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A
6	Cayena (F3)	0,10	0,20	0,20	0,50	0,17	C
7	Goma X (F4)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A
8	Cayena (F4)	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	B
9	Goma X (F5)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A
10	Cayena (F5)	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	B
11	Goma X (F6)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A
12	Cayena (F6)	0,10	0,20	0,10	0,40	0,13	B
13	Goma X (F7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A
14	Cayena (F7)	0,20	0,10	0,20	0,50	0,17	C
Total		0,90	0,90	0,90	2,70		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,000	0,0000	0,00	ns
Tratamientos	13	0,190	0,0146	14,23	*
Error	26	0,027	0,0010		
Total	41	0,216			

Tabla N°B.2.16. Datos obtenidos de la alcalinidad del filtrado (Mf) de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	0,20	0,10	0,10	0,40	0,13	A
2	Cayena (F1)	0,50	0,40	0,40	1,30	0,43	C
3	Goma X (F2)	0,20	0,20	0,20	0,60	0,20	A
4	Cayena (F2)	1,10	1,00	1,00	3,10	1,03	F
5	Goma X (F3)	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	E
6	Cayena (F3)	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	F
7	Goma X (F4)	0,10	0,20	0,10	0,40	0,13	A
8	Cayena (F4)	0,40	0,40	0,40	1,20	0,40	C
9	Goma X (F5)	0,30	0,20	0,30	0,80	0,27	B
10	Cayena (F5)	0,60	0,40	0,50	1,50	0,50	D
11	Goma X (F6)	0,20	0,20	0,20	0,60	0,20	A
12	Cayena (F6)	0,60	0,80	0,70	2,10	0,70	E
13	Goma X (F7)	0,20	0,30	0,20	0,70	0,23	B
14	Cayena (F7)	0,70	0,60	0,70	2,00	0,67	E
Total		6,20	5,90	5,90	18,00		

Fuentes de variación	GI	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	0,004	0,0021	0,68	ns
Tratamientos	13	3,839	0,2953	93,20	*
Error	26	0,082	0,0032		
Total	41	3,926			

Tabla N°B.2.17. Datos obtenidos del contenido de cloruro de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	100	100	100	300	100,00	A
2	Cayena (F1)	100	100	200	400	133,33	A
3	Goma X (F2)	100	200	100	400	133,33	A
4	Cayena (F2)	100	100	100	300	100,00	A
5	Goma X (F3)	100	100	100	300	100,00	A
6	Cayena (F3)	100	100	100	300	100,00	A
7	Goma X (F4)	400	400	500	1300	433,33	C
8	Cayena (F4)	700	900	700	2300	766,67	D
9	Goma X (F5)	800	900	800	2500	833,33	D
10	Cayena (F5)	900	1200	900	3000	1000,00	E
11	Goma X (F6)	200	100	200	500	166,67	A
12	Cayena (F6)	200	300	300	800	266,67	B
13	Goma X (F7)	100	100	100	300	100,00	A
14	Cayena (F7)	300	300	300	900	300,00	B
Total		4200	4900	4500	13600		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	17619,048	8809,5238	2,10	ns
Tratamientos	13	3829523,810	294578,7546	70,24	*
Error	26	109047,619	4194,1392		
Total	41	3956190,476			

Tabla N°B.2.18. Datos obtenidos de la dureza y del contenido de calcio de las muestras de fluido.

N°	Tratamientos	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO	ÁMBITO
		I	II	III			
1	Goma X (F1)	160,00	120,00	120,00	400,00	133,33	A
2	Cayena (F1)	240,00	240,00	240,00	720,00	240,00	B
3	Goma X (F2)	80,00	80,00	40,00	200,00	66,67	B
4	Cayena (F2)	320,00	240,00	240,00	800,00	266,67	C
5	Goma X (F3)	80,00	80,00	80,00	240,00	80,00	B
6	Cayena (F3)	160,00	120,00	160,00	440,00	146,67	A
7	Goma X (F4)	200,00	200,00	240,00	640,00	213,33	B
8	Cayena (F4)	280,00	280,00	240,00	800,00	266,67	C
9	Goma X (F5)	480,00	400,00	400,00	1280,00	426,67	D
10	Cayena (F5)	400,00	440,00	400,00	1240,00	413,33	D
11	Goma X (F6)	40,00	40,00	40,00	120,00	40,00	B
12	Cayena (F6)	120,00	240,00	240,00	600,00	200,00	B
13	Goma X (F7)	40,00	40,00	40,00	120,00	40,00	B
14	Cayena (F7)	240,00	280,00	240,00	760,00	253,33	C
Total		2840,00	2800,00	2720,00	8360,00		

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	Fc	
Repeticiones	2	533,333	266,6667	0,28	ns
Tratamientos	13	603161,905	46397,0696	48,12	*
Error	26	25066,667	964,1026		
Total	41	628761,905			



APÉNDICE C
GRÁFICOS

GRÁFICOS DONDE SE COMPARA EL RENDIMIENTO DEL ADITIVO A BASE DE CAYENA CON LA GOMA XÁNTICA COMO AGENTE VISCOSIFICANTE

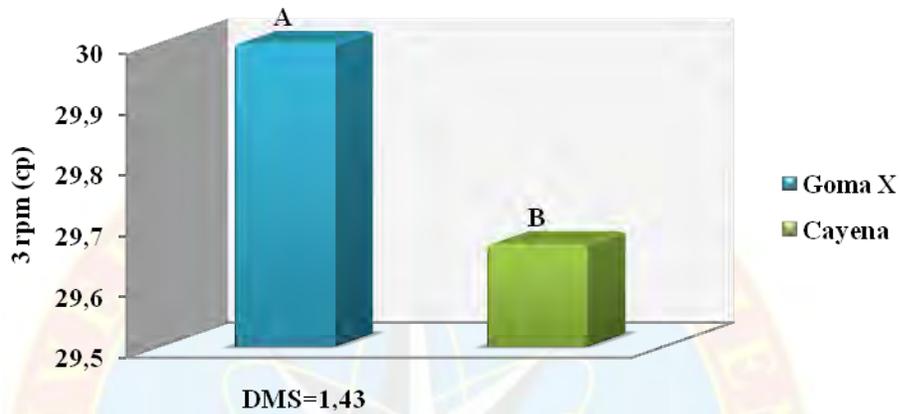


Gráfico N°C.1. Lectura de 3rpm en las muestras de los fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

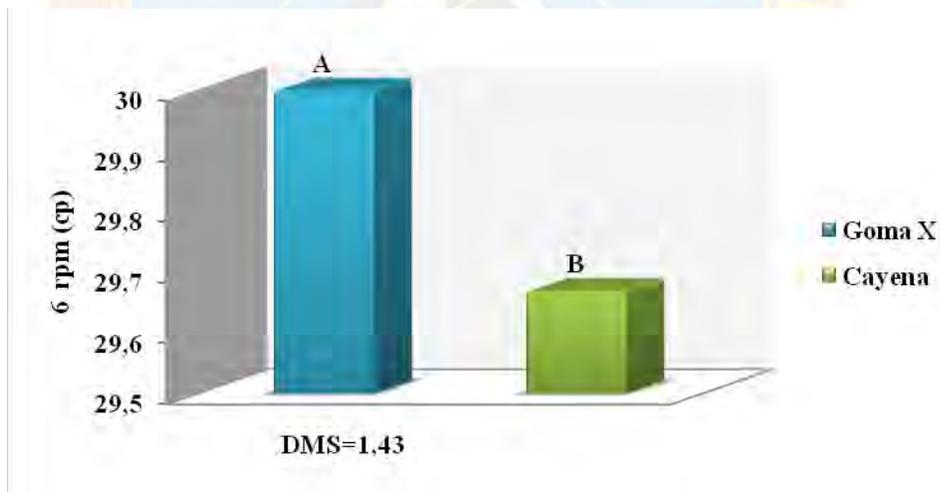


Gráfico N°C.2. Lectura de 6rpm en las muestras de los fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

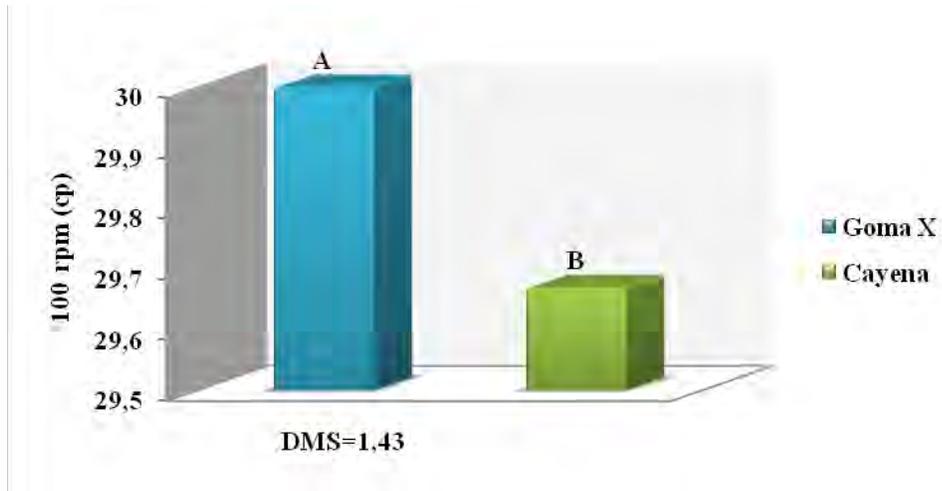


Gráfico N°C.3. Lectura de 100rpm en las muestras de los fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

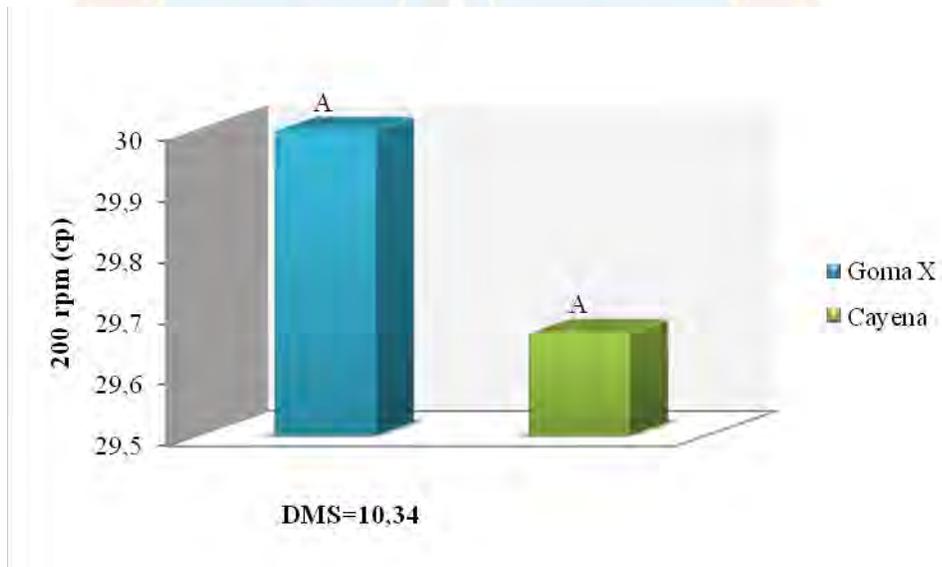


Gráfico N°C.4. Lectura de 200rpm en las muestras de los fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

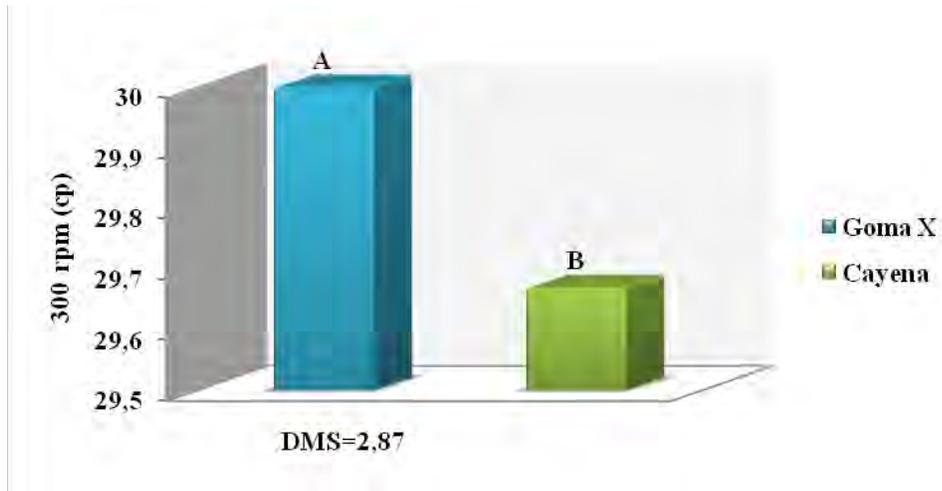


Gráfico N°C.5. Comportamiento de la lectura de 300rpm en las muestras de los fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

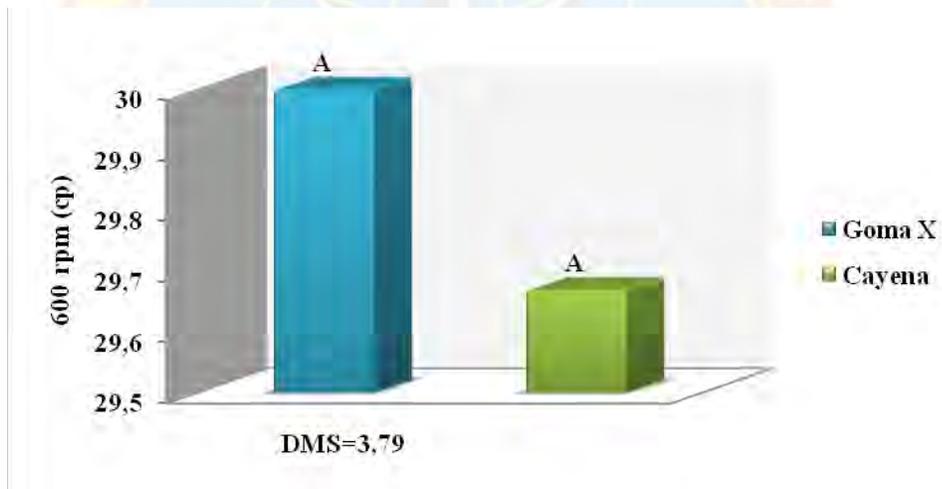


Gráfico N°C.6. Lectura de 600rpm en las muestras de los fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

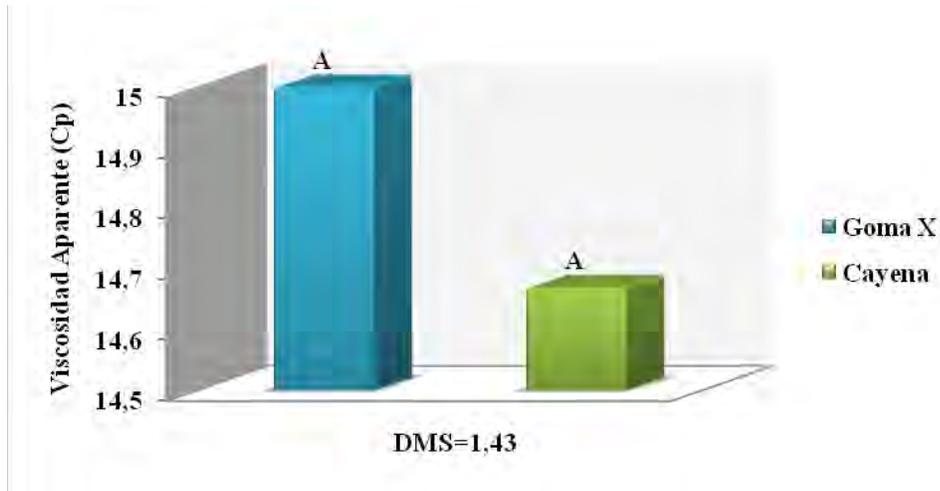


Gráfico N°C.7. Viscosidad aparente en las muestras de los fluidos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

GRÁFICOS DONDE SE MUESTRA EL EFECTO DE CONTAMINANTES SOBRE DEL ADITIVO A BASE DE CAYENA Y LA GOMA XÁNTICA COMO AGENTE VISCOSIFICANTE.

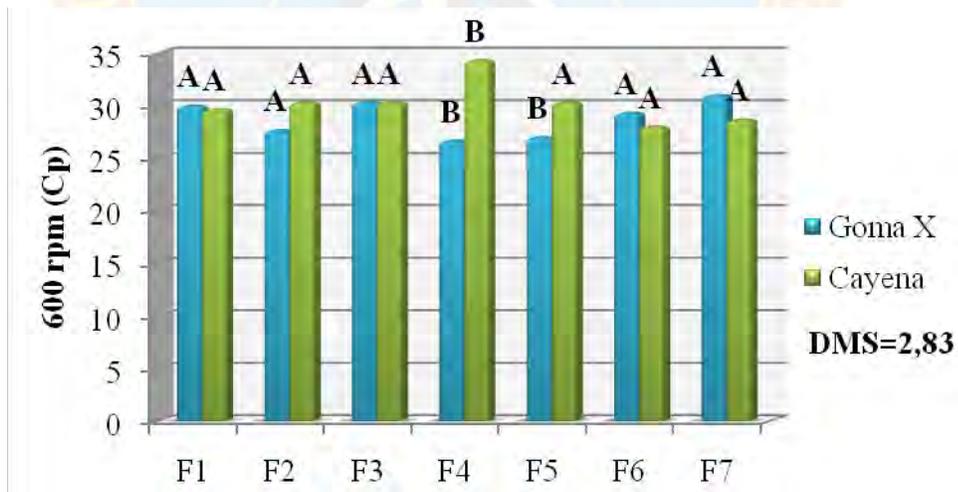


Gráfico N°C.8. Efectos de agentes contaminantes sobre la lectura de 600rpm de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

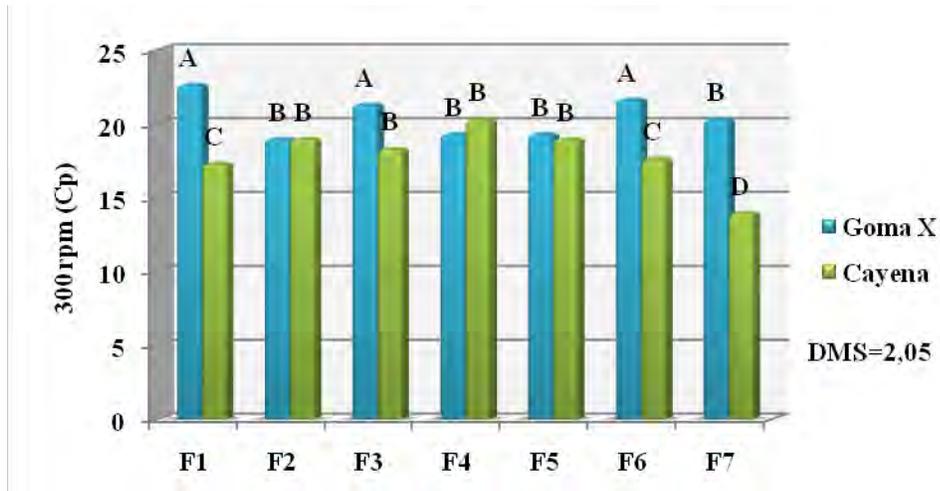


Gráfico N°C.9. Efectos de agentes contaminantes sobre la lectura de 300rpm de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

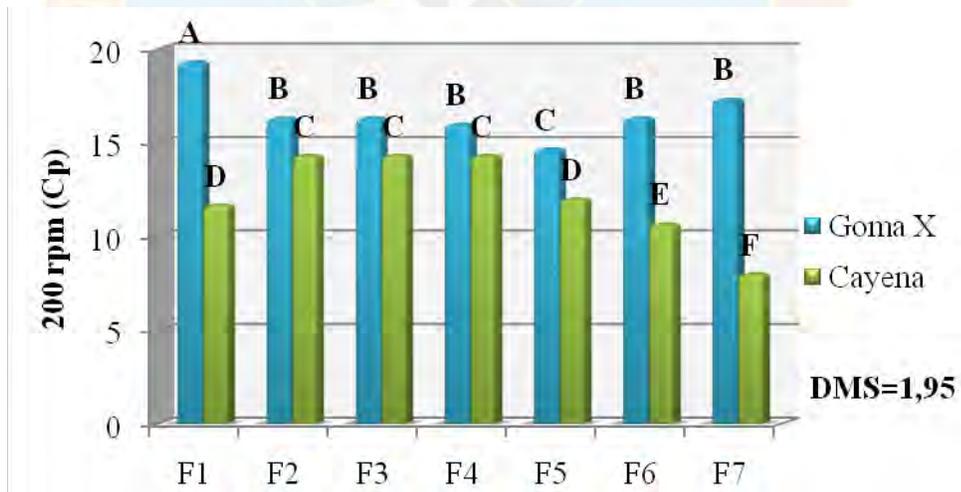


Gráfico N°C.10. Efectos de agentes contaminantes sobre la lectura de 200rpm de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

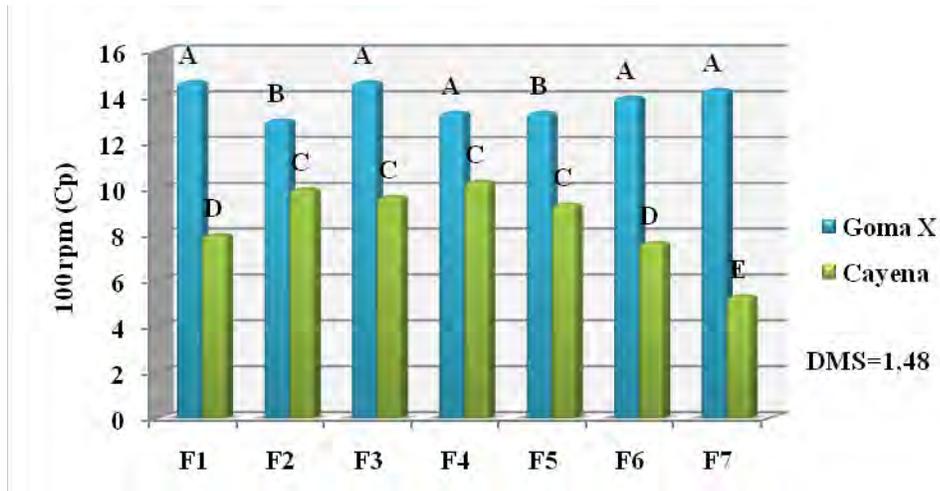


Gráfico N°C.11. Efectos de agentes contaminantes sobre la lectura de 100rpm de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

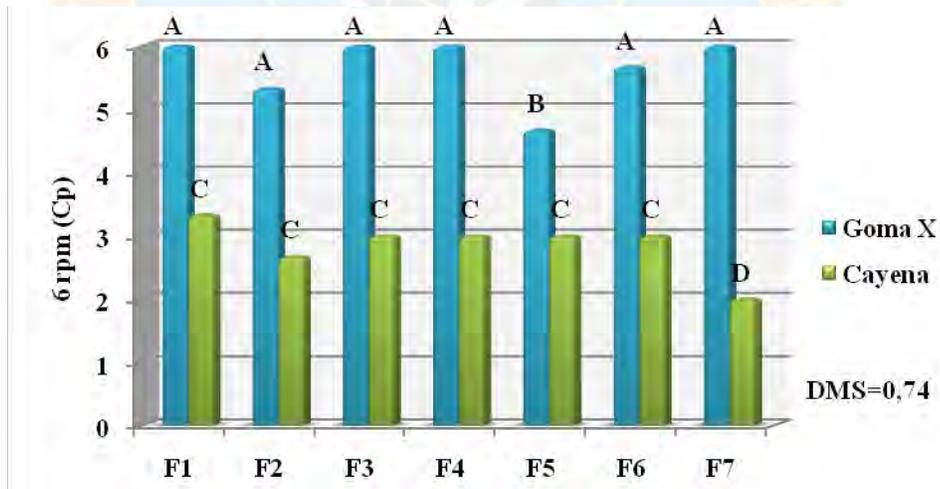


Gráfico N°C.12. Efectos de agentes contaminantes sobre la lectura de 6rpm de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo desarrollado a base de cayena como viscosificante.

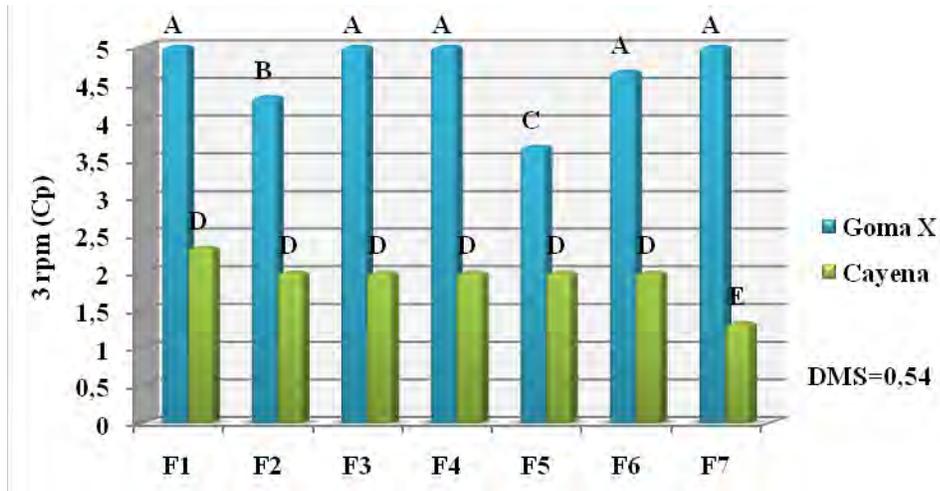


Gráfico N°C.13. Efectos de agentes contaminantes sobre la lectura de 3rpm de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo viscosificante desarrollado a base de cayena como viscosificante.

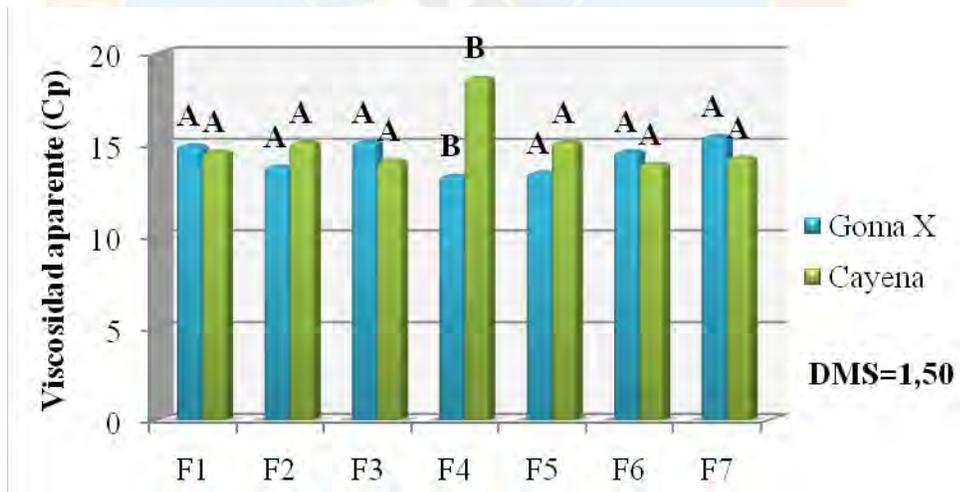


Gráfico N°C.14. Efectos de agentes contaminantes sobre la viscosidad aparente de las muestras de fluidos poliméricos formulados con goma xántica y el aditivo viscosificante desarrollado a base de cayena como viscosificante.



APÉNDICE D
MEMORIA FOTOGRÁFICA

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Figura N°D.1. Materia prima usada para el desarrollo del aditivo viscosificante.

Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas.



Figura N°D.2. Proceso de molienda de la cayena una vez deshidratada

Fuente: Laboratorio de forraje UDO-Monagas



Figura N°D.3. Proceso de tamizado de la cayena.
Fuente: Laboratorio de Suelos UDO-Monagas



Figura N°D.4. Medición de los aditivos para la formulación del fluido.
Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas.



Figura N°D.5. Aditivos usados en la formulación del fluido en estudio.

Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas.



Figura N°D.6. Mezclado del fluido formulado con el aditivo desarrollado

Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas



Figura N°D.7. Viscosímetro usado para determinación de las propiedades reológicas

Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas



Figura N°D.8. Filtro prensa API por medio del cual se determino el volumen de filtrado del fluido.

Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas



Figura N°D.9. Medición del espesor de revoque.

Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas



Figura N°D.10. Volumen de filtrado obtenido en una de las pruebas con el filtro prensa API.

Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas



Figura N°D.11. Pruebas de Alcalinidad.

Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas



Figura N°D.12. Muestra crudo pesado (9°API) usado para contaminar el fluido

Fuente: Laboratorio de Perforación UDO-Monagas.



APÉNDICE E
PROCEDIMIENTOS DE LAS PRUEBAS.

E.1. Procedimiento para determinar la viscosidad plástica y punto cedente

1. Colocar la muestra recién agitada dentro de un vaso térmico y ajustar la superficie del lodo al nivel de la línea trazada en la superficie del rotor.
2. Calentar o enfriar la muestra hasta 120°F (49°C). Agitar lentamente mientras se ajusta la temperatura.
3. Arrancar el motor colocando el conmutador en la posición de alta velocidad, con la palanca de cambio de velocidad en la posición más baja. Esperar que el cuadrante indique un valor constante y registrar la indicación obtenida a 600 RPM. Cambiar las velocidades solamente cuando el motor está en marcha.
4. Ajustar el conmutador a la velocidad de 300 RPM. Esperar que el cuadrante indique un valor constante y registrar el valor indicado para 300 RPM.
5. Viscosidad plástica (cps): $VP = \text{Ø } 600 \text{ rpm} - \text{Ø } 300 \text{ rpm}$
6. Punto Cedente en lb/100 pies²:: $PC = \text{Ø } 300 \text{ rpm} - VP$.
7. Viscosidad aparente en (cps): $Va = \text{Ø } 600 \text{ rpm}/2$

E.2. Procedimiento para determinar los esfuerzo de gel.

1. Agitar la muestra a 600 RPM durante aproximadamente 15 segundos y levantar lentamente el mecanismo de cambio de velocidad hasta la posición neutra.
2. Apagar el motor y esperar 10 segundos.
3. Poner el conmutador en la posición de baja velocidad y registrar las unidades de deflexión máxima en lb/100 pies² como esfuerzo de gel inicial. Si el indicador del cuadrante no vuelve a ponerse a cero con el motor apagado, no se debe reposicionar el conmutador.
4. Repetir las etapas 1 y 2, pero dejar un tiempo de 10 minutos y luego poner el conmutador en la posición de baja velocidad y registrar las unidades de deflexión máxima como esfuerzo de gel a 10 minutos.

E.3. Determinación de Filtrado a baja temperatura/baja presión

Para la prueba API de pérdida de fluido a baja temperatura/baja presión se emplea un filtro prensa API estándar, presurizado hasta un diferencial de 100 psi. La presión se puede aplicar con un medio fluido no peligroso, bien sea gas o líquido. Para obtener resultados correlativos, se empleará el mismo espesor de un papel de filtro apropiado, de 9 cm, Whatman No. 50, S & S No. 576, u otro equivalente.

Procedimiento

1. Asegúrese de que cada pieza de la celda esté limpia y seca, y que las empaaduras no estén deformes o gastadas.
2. Vierta la muestra de fluido en la celda y complete el ensamblaje con el papel de filtro en su lugar.
3. Coloque un cilindro graduado seco por debajo del tubo de drenaje, para que reciba el filtrado.
4. Cierre la válvula de alivio y ajuste el regulador de manera tal que se aplique una presión de 100 ± 1 psi durante un periodo de 30 segundos o menos, contabilizándolos desde el momento de la aplicación de la presión.
5. Al final de los 30 minutos, mida el volumen de filtrado, interrumpiendo el flujo que pasa por el regulador de presión y abriendo cuidadosamente la válvula de alivio.
6. Registre el volumen de filtrado en centímetros cúbicos (con una precisión de 0,1 cm³) como filtrado API, y también registre la temperatura inicial del fluido en oF (oC).
7. Guarde el filtrado para ser posteriormente sometido a las correspondientes pruebas químicas.
8. Desmonte la celda y deseche el fluido, con extremo cuidado para guardar el papel de filtro con un mínimo de perturbación del revoque.

9. Lave el revoque sobre el papel, con un chorro de agua suave o con aceite en el caso de los fluidos de base aceite.
10. Mida el espesor del revoque y regístrelo en 32avos de pulgada o en milímetros. Si bien es prácticamente imposible contar con descripciones estándar, anotaciones o descripciones del revoque tales como *duro*, *blando*, *resistente*, *gomoso*, *firme*, etc. pueden dar una cierta idea de su consistencia

Pruebas químicas.

E.4. Alcalinidad

E.4.1 Procedimiento para la Alcalinidad del Lodo (PM)

1. Medir 1 ml de lodo dentro del recipiente de valoración utilizando la jeringa.
2. Diluir la muestra de lodo con 25 ml de agua destilada.
3. Añadir 4-6 gotas de indicador de fenolftaleína, y durante la agitación, añadir ácido 0,02 N hasta que el color rosa desaparezca. Si la muestra está tan coloreada que no se puede observar el cambio de color del indicador, el punto final será tomado cuando el pH cae a 8,3, según sea medido con electrodo de vidrio.
4. Indicar la alcalinidad de fenolftaleína del lodo, Pm, como número de ml de ácido 0,02 N (N/50) requeridos por ml de lodo.

E.4.2. Procedimiento para la Alcalinidad del Filtrado (PF Y MF)

1. Medir 1 ml de filtrado dentro del recipiente de valoración.
2. Añadir 5 ml de agua desionizada (destilada)
3. Agregar 2 o 3 gotas de indicador de fenolftaleína. Si la solución se vuelve rosada.

4. Adicionar ácido sulfúrico 0,02 N gota a gota de la pipeta, agitando hasta que el color rosado desaparezca. Si la muestra está tan coloreada que no se puede observar el cambio de color del indicador, el punto final será tomado cuando el pH cae a 8,3, según sea medido por el medidor de pH con electrodo de vidrio.
5. Indicar la alcalinidad de fenolftaleína del filtrado, Pf, como número de ml de ácido 0,02 N requeridos por ml de filtrado para lograr el punto final.
6. Añadir 3 a 4 gotas de indicador de anaranjado de metil/verde de bromocresol a la misma muestra que fue utilizada para medir Pf; un color verde aparecerá.
7. Valorar con ácido 0,02 N hasta que el color se vuelva amarillo. Esto ocurrirá al pH 4,3.
8. Mf se indica como el volumen total (ml) de ácido utilizado para Pf más esta última valoración.

E.5. Contenido de cloruro

1. Medir 1 o 2 ml de filtrado dentro de un recipiente de valoración.
2. Agregar la cantidad de ácido requerida para la valoración de Pf.
3. Añadir 25 ml de agua destilada y 10 gotas de la solución de cromato de potasio. Agitar continuamente y valorar con la solución normal de nitrato de plata, gota a gota de la pipeta, hasta que el color pase de amarillo a rojo anaranjado y permanezca en este color durante 30 segundos.
4. Registrar el número de ml de nitrato de plata requeridos para lograr el punto final.

Cl⁻ (mg/l) = ml de nitrato de plata 0,0282 N x 1.000 ml de filtrado

Cl⁻ (mg/l) = ml de nitrato de plata 0,282 N x 10.000 ml de filtrado

Dependiendo de la concentración de nitrato de Plata.

E.6. Dureza y contenido de calcio

1. Añadir aproximadamente 20 a 25 ml de agua destilada al recipiente de valoración.
2. Adicionar 1 ml de la muestra de filtrado a estudiar.
3. Agregar 2 ml (40 gotas) de solución amortiguadora (base de NH₄OH). Hardner Buffer.
4. Añadir unas 6 gotas del indicador Negro de Eriocromato y mezclar con una varilla de agitación. Un color rojo tinto aparecerá si la muestra contiene calcio y/o magnesio.
5. Usando una pipeta, valorar con la Solución de Versenato Estándar, agitando continuamente hasta que la muestra se vuelva azul por primera vez, sin que quede ningún rastro de rojo. Registrar el número de ml de solución de Versenato Estándar utilizados.

Dureza total como Ca²⁺ (mg/l) = ml de Versenato Estándar x 400 ml de muestra

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	Desarrollo de un aditivo viscosificante como sustituto de la goma xántica para la formulación de los fluidos de perforación poliméricos base agua
Subtítulo	

Autor(es):

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Ratti Bello Anarosa del Valle	CVLAC	C.I. 16.625.794
	e-mail	rattianarosa@gmail.com
Rodríguez Díaz José Miguel	CVLAC	C.I. 17.723.564
	e-mail	jrodriguezdelvalle@live.com

Palabras o frases claves:

Cayena
Fluido polimérico
Goma xántica
Viscosificante
Análisis de varianza

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
TECNOLOGÍA APLICADAS	CIENCIAS PETRÓLEO

Resumen (Abstract):

Para desarrollar el aditivo viscosificante la cayena se sometió a un proceso de deshidratación, molienda y tamizado para llevarlo a condiciones que faciliten su solubilidad en agua, el producto resultante se caracterizó determinando sus principales propiedades físicas, para luego someterla a pruebas de calidad a fin de estimar una concentración que cumpliera con los requerimientos establecidos por las empresas de servicio para la goma xántica. Se formularon muestras de fluidos usando como viscosificantes goma xántica y el aditivo desarrollado para hacer una comparación entre ambos y conocer si es posible la aplicación del aditivo desarrollado como agente viscosificante, evaluando de igual manera el comportamiento de sus propiedades físicas y químicas antes y después de contaminarlas con (1lb y 1,5lb) de cal hidratada, (2% y 4%) v/v de cloruro de calcio y (2% y 4%) v/v de crudo de 9° API. Se realizó un análisis de varianza y las diferencias entre los resultados obtenidos fueron determinados mediante la aplicación de la diferencia mínima significativa (DMS; $P \leq 0,05$), utilizando como patrón de comparación el fluido formulado con goma xántica. Como conclusión principal se tiene que el aditivo desarrollado a base de cayena no presentó el mismo rendimiento como agente viscosificante en fluidos de perforación poliméricos base agua en comparación con la goma xántica basados en los resultados obtenidos en los parámetros de estudio donde se observó la diferencia estadística entre ambos aditivos.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Otahola B., Jesús A	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I: 14.940.176.
	e-mail	jotahola@hotmail.com
	e-mail	
Rubén Vega	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I: 10.100.632
	e-mail	rvgas@udo.edu.ve
	e-mail	
María García	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I: 15.510.689
	e-mail	mariacgarcial@hotmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2012	Mayo	24

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TESIS_AR_JR	Docx.

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)

Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

INGENIERO DE PETRÓLEO

Nivel Asociado con el trabajo:

INGENIERIA

Área de Estudio:

INGENIERÍA DE PETRÓLEO

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE MONAGAS

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,


JUAN A. BOLAÑOS CUVARE
Secretario



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR 
FECHA 5/8/09 HORA 5:20

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

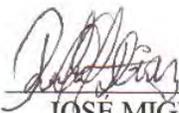
JABC/YGC/manuja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6

Derechos:

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.


ANAROSA DEL VALLE
RATTI BELLO
AUTOR


JOSÉ MIGUEL
RODRÍGUEZ DÍAZ
AUTOR


JESÚS OTAÑOLA
TUTOR

