



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

**DESARROLLO DE DETERGENTES LÍQUIDOS A BASE DE ACEITES  
NATURALES COMO ADITIVO PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE  
AGUA**

**REALIZADO POR:**

**KARLA CAROLINA FERRER CARVAJAL, C.I: 17.211.867**

**RAÚL ALEXANDER GIL MATA, CI: 18.272.003**

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

**INGENIERO DE PETRÓLEO**

**MATURÍN, MAYO DE 2012**



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

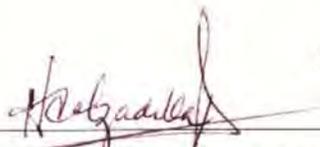
**DESARROLLO DE DETERGENTES LÍQUIDOS A BASE DE ACEITES  
NATURALES COMO ADITIVO PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE  
AGUA**

**REALIZADO POR:**

**KARLA CAROLINA FERRER CARVAJAL, C.I: 17.211.867**

**RAÚL ALEXANDER GIL MATA, CI: 18.272.003**

**REVISADO POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. HORTENSIA CALZADILLA**  
Asesor Académico

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. JESÚS OTAHOLA**  
Asesor Académico

**MATURÍN, MAYO DE 2012**



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

**DESARROLLO DE DETERGENTES LÍQUIDOS A BASE DE ACEITES  
NATURALES COMO ADITIVO PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE  
AGUA**

**REALIZADO POR:**

**KARLA CAROLINA FERRER CARVAJAL, C.I: 17.211.867**

**RAÚL ALEXANDER GIL MATA, CI: 18.272.003**

**APROBADO POR:**

**Ing. HORTENSIA CALZADILLA**

Asesor Académico

**Ing. TOMÁS MARÍN**

Jurado Principal

**Ing. JESÚS OTAÑOLA**

Asesor Académico

**Ing. MARÍA GARCÍA**

Jurado Principal

**MATURÍN, MAYO DE 2012**

## RESOLUCIÓN

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



## DEDICATORIA

*A mi Dios y la Virgen del Valle, por guiarme en todo momento y por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante.*

*A mis padres Dadis Carvajal y Carlos Ferrer, por confiar plenamente en mí, por su apoyo incondicional de madre y padre, por no juzgarme en ningún momento, por enseñarme a ganarme las cosas y por enseñarme a luchar por lo que quiero, que aunque fue un poco larga esta trayectoria no les falle, por enseñarme a crecer personalmente, son tantas cosas padres, que no existen palabras para expresar lo orgullosa que estoy de ustedes por hacer de mí, quien soy y quien seré siempre, los AMO muchísimo.*

*A mis hermanos, Dadyuska, Carlos Alberto, Melina, Carlos Enrique, Ninoska, Ricardo, Fernando, Yhasmira y Carlos Alexander, por darme un ejemplo a seguir y por ponerme como ejemplo para mis sobrinos, que no importa los obstáculos que se nos presente porque lo superamos uno a uno y si nos caemos nos levantamos siempre mirando hacia adelante, por creer en mí y por su apoyo a lo largo de mi carrera. Padres y hermanos esto tan solo será el inicio, ya vendrán momentos mejores, los adoro con todo mi corazón y estoy orgullosísima de ustedes porque tengo la mejor familia*

*A mis sobrinos por siempre ponerme como un ejemplo a seguir, nadie ha dicho que sería fácil pero tampoco imposible, cuando las cosas se hacen de corazón y con mucho empeño se obtendrá muy buenos resultados, así que hay que ser constante y sobre todo nunca darse por vencido, si desean algo luchen, los quiero mucho mis niños.*

*A Danilo Jesús Chirino Solett, por formar parte de este gran sueño y de esta gran familia, son tantas cosas que hemos pasado juntos amor, lo que nos ha ayudado a fortalecernos como pareja, aparte de eso te considero como mi amigo y compañero, fuiste testigo de que luche hasta el final, siempre fuiste lindo al hacerme entender de buenas maneras las cosas, cuando me salía algo mal, yo me ponía a llorar y siempre me decías que me quedara tranquila que llorando no iba a solucionar nada, que las cosas iban a estar bien, y así fue . Te Amo cielo!!*

*De igual manera le dedico este logro a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo durante este trayecto, a los abuelitos de mi novio; Elena Hernández y Jesús Solett, a la familia Laguna Muños, Zudania D'ancona, Onideyis Gonzalez, Yolisay Laguna, Andris Reyes, Rodolfo Coa, Profesor Mantilla, Jesús Tami, Elvis Hernández, Carlos Brito, Nieves Guzmán, Jesús González (Chui), Raúl Gil, Carmen Valladares, Ricardo Sanchez, Carlos Zamora, Los hermanos Torres, Andreat Villafranca, Yimy Morales, Paulo De Miranda, Marialberth Parejo, Adriana Sanchez, Paola Guzmán, entre otras, por ser parte de cada instante vivido bajo este recinto. Esta experiencia es increíble!!*

***Karla Carolina Ferrer Carvajal***

## DEDICATORIA

*Agradezco a Dios todopoderoso por darme la fortaleza para superar todos los obstáculos que se me han presentado a lo largo de la vida, y sobre todo por darme la gran familia que tengo, gracias Señor por este logro obtenido, uno de muchos por venir.*

*A mi Mamá Judith Mata y a mi papá Raúl Gil por estar siempre a mi lado, apoyándome en todo momento, dándome esos buenos consejos y guiándome siempre por el camino del bien, sin la ayuda de ustedes no hubiera logrado esta meta, se que esta es la primera de muchas, de todo corazón GRACIAS...*

*A mis hermanos, Bertha Gil y Manuel Gil por los buenos momentos que hemos vivido, lo mucho que nos hemos reído durante todos estos años, se que a veces peleamos y que los molesto mucho, pero eso no quita el gran cariño y aprecio que les tengo, los quiero mucho HERMANOS...*

*A toda mi familia que es muy grande, pero debo destacar a mis primos Luis Carlos Márquez Mata, Libny Cenit Márquez Mata y su Hija Diana Cenit Semprum Márquez, Vittorio Alberto Di Bonaventura Mata, Adrian Vittorio Di Bonaventura Mata, Ricardo Fabio Di Bonaventura Mata, por ser los mejores primos del mundo y por todos los momentos que vivimos juntos, esos recuerdos nunca se me olvidaran los quiero mucho primos...*

***Raúl Alexander Gil Mata***

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente a Dios por darme las fuerzas necesarias para llevar a cabo las metas propuestas, por guiarme en cada paso que doy y por ayudarme a superar los obstáculos que se me han presentado. Gracias Diosito por no abandonarme nunca y por responder a todas mis suplicas.*

*A la virgen del valle por ser patrona de oriente y porque aquí en este Estado aprendí a creer y depositar parte de mi fe en ti.*

*A mis padres; Dadis Carvajal y Carlos Ferrer por brindarme su apoyo incondicional y por depositar en mí toda su confianza, por no juzgarme y por dejarme ser como he querido ser, por hacer de mí una persona responsable y que le gusta salir adelante, por enseñarme a valorarlos como padres, que lastima que tuve que salir de la casa para darme cuenta de que tan grande son, el día a día bajo este recinto y en esta ciudad no fueron fáciles pero a la final todo valió la pena, este logro es de ustedes, los amo con todo mi corazón. Gracia papi, gracias Mami. Que dios los bendiga!*

*A mis hermanos, Carlos Alberto, Dadyuska, Melina, Carlos Enrique, Ninoska, Ricardo, Fernando, Yhasmira y Carlos Alexander, porque son un modelo a seguir, porque aunque todos no son profesionales tenemos algo en particular y que nos caracteriza y es el alma de luchadores y bueno querer es poder, por el apoyo incondicional de hermanos y por las veces que colaboraron con la negrita, por acompañarme durante esta trayectoria que muy pocas fueron físicamente pero si emocionalmente. Nene (Carlos A.) y dadyu los quiero y los amo con todo mi corazón claro con ustedes he compartido mas y existe mucha confianza, sé que están orgulloso de mi como yo lo estoy de ustedes, gracias por escucharme cuando lo*

*necesite y por sus consejos. Con el favor de dios la bordona de la casa va ser una Ingeniero mas para la familia Ferrer, hermanos gracias por cada instante de alegría y por alentarme en los momentos de tristeza, este logro también es de ustedes. Le doy gracias a dios por tener esta familia tan maravillosa y por ponerme como ejemplo a seguir para sus hijos.*

*Danilo Jesús Chirino Solett, gracias por formar parte de esta gran historia, este triunfo también es tuyo Cielo, tú también has sido testigo de mis esfuerzos, de mis alegrías, de mis tristezas, de los dos tú has sido siempre el más optimista y el de palabras alentadoras, gracias por estar ahí, brindándome tu apoyo incondicional, gracias por estar a mi lado a pesar de todas las dificultades, por quererme, escucharme y entenderme de igual manera le doy gracias a Dios por ponerte en mi camino, no existen palabras que describan lo maravilloso que ha sido haber culminado este logro de tu mano. Gracias por darme un lugar en tu familia y gracias a tus abuelitos; Elena Hernandez y Jesus Solett, por brindarme su apoyo y por hacerme sentir que formo parte de ellos. Te amo!!*

*A mis Amigos; Zudania; amiguita linda, gracias por todo siempre fuiste incondicional y bueno creo q todavía lo eres, sabes que en mi tienes a una amiga, una hermana y una madre, espero que mis consejos y mi ayuda te hayan servido de algo, te quiero. Yoli, Andris y Rodolfo, amigos con ustedes empecé la carrera en sí y le doy gracias a dios por haberlos puesto en mi camino, porque yo no tenía grupo de estudios (en propiedades ¿se acuerdan?), con ustedes logré formar uno, ustedes más que nadie saben lo que hemos pasado y lo que todavía estamos pasando para poder obtener nuestro titulo, hemos llorado bastante de alegría cuando pasábamos las materias y de tristeza cuando nos quedaban las materias (jajajaja), pero como decimos “el tiempo de Dios es perfecto y por algo pasan las cosas” así que se haga su voluntad, los quiero y los adoro con todo mi corazón, siempre tendrán en mi una hermana y amiga. Anyel, a pesar del poco tiempo que tenemos tratándonos te tengo*

*un gran aprecio y te quiero mucho, me identifico mucho contigo, gracias por insistir tanto para que fuera a reparar crudos pesados. Angelito, gracias a ti tengo este tema, aunque me abandonaste pero bueno te entendí y gracias a dios estamos por finalizar esta meta.*

*Ony, con tu ayuda logré entrar a esta casa de estudios, gracias porque fuiste la primera persona que aunque no nos conocíamos me brindaste hospedaje cuando llegue a Maturín, por tu apoyo, por todas las cosas lindas que vivimos y por las cosas malas que no enseñaron a crecer mucho como persona, fuiste única, a pesar de todo eres especial para mí. En esta vida hay que ser agradecido y yo lo estoy contigo, así que mil gracias.*

*Raúl, Amigo y Compañero de Tesis, fue muy grato haber desarrollado este tema contigo, sé que de mi parte hubo muchísima tensión pero también sé que me entendiste en todo momento, gracias por tu infinita paciencia, de igual manera formas parte del pequeño grupo de propiedades al igual que el loquito de Jesús (chui) son muy buenos amigos.*

*Madrina Amelia, fuiste como una madre para mí, estaré agradecida eternamente con la familia entera, gracias por abrirme las puertas de su casa y de su corazón, por sus oraciones y por sus buenos deseos para conmigo, que dios la colme de muchísima salud a usted y a toda la familia Laguna Muñoz, los quiero!*

*Quiero agradecer al profesor Jesús A. Otahola por ser el coa asesor número “1”, muchísimas gracias profe, eres un sol, fuiste incondicional, gracias por tu paciencia y dedicación, fuiste testigo principal de todo a lo que concierne a la tesis, también formas parte de ella, porque al igual de nosotros aportaste tu granito de arena (el camión completo, jajaja), eres una excelente persona y profesor.*

***Karla Carolina Ferrer Carvajal***

## AGRADECIMIENTOS

*Ante todo Gracias mi Dios, por ayudarme a realizar mi trabajo de grado.*

*Gracias a mis padres, por su paciencia y apoyo a lo largo de mi carrera.*

*Gracias a los amigos que compartieron conmigo toda la carrera, en especial a personas como: Karla Ferrer mi compañera de Tesis, gracias Karlita por haberme dado la oportunidad de realizar esta investigación contigo, te tengo mucho cariño y aprecio, te deseo lo mejor en tu vida, éxitos amiga; A Jesús González (Chui) por ser tan buen amigo, sé que voy a contar con tu amistad por el resto de mi vida, se le quiere mucho; a mis panas incondicionales Cruz Palacios y Juan González, le doy gracias a Dios por haberlos conocido, son personas excepcionales; y a muchos otros amigos como: Alberto, Alexfer, Andérico, Andris, Carlos, Carmen, Christian, Francine, Hurtado, Isabel, Jhoan, Jordamys, Karen, Laura, Leonardo, Ludimar, Obdulio, Ori, Ricardo, Rodolfo, Yolisay y muchos otros, gracias...*

*A mi AMIGO de toda la vida Víctor González, gracias por brindarme tu amistad, eres del tipo de amigos que todo el mundo quisiera tener, inigualable, para mí eres otro hermano y lo sabes, también quiero agradecer a toda su familia, a la señora Gaby, al señor Victor Gonzalez y Gabriela, son mi segunda familia, los quiero y los aprecio mucho, gracias...*

*A Krisly Betancourt por apoyarme en siempre y darme momentos de mucha alegría, te quiero mucho, a toda su familia por ser tan amables y serviciales conmigo, gracias por todo.*

*A mis amigos del edificio donde vivo, a Luis Ernesto, Luis Emilio, Editor, Elias, Julio, Balmore, Carlos Luis, Andres, Ericson, Erick, Robert, Victor, Jesus, Jose Luis, Gabriel, Gelder y muchos otros amigos, algunos de estos ya son ingenieros, y otros están estudiando, muchas gracias amigos.*

*A los profesores Ing. Hortensia Calzadilla y al Ing. Jesús Otahola por ofrecernos sus asesorías en la realización de este trabajo de investigación, en todo momento pudimos contar con ustedes a la hora de tener alguna duda, gracias por ese apoyo incondicional.*

***Raúl Alexander Gil Mata***



# ÍNDICE

|                                                                               | Pág.        |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>RESOLUCIÓN</b> .....                                                       | <b>viii</b> |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                                                      | <b>ix</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....                                                  | <b>xii</b>  |
| <b>ÍNDICE</b> .....                                                           | <b>xvii</b> |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                                                 | <b>xix</b>  |
| <b>LISTA DE GRÁFICAS</b> .....                                                | <b>xx</b>   |
| <b>LISTA DE TABLAS</b> .....                                                  | <b>xxi</b>  |
| <b>RESUMEN</b> .....                                                          | <b>xxii</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                                                     | <b>1</b>    |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....                                                       | <b>2</b>    |
| <b>EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES</b> .....                                  | <b>2</b>    |
| 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.....                                    | 3           |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....                                                      | <b>5</b>    |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....                                                    | <b>5</b>    |
| 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....                                     | 5           |
| 2.2 BASES TEÓRICAS.....                                                       | 6           |
| 2.2.1 Fluidos de perforación.....                                             | 6           |
| 2.2.2 Funciones del fluido de perforación.....                                | 6           |
| 2.2.3 Tipos de fluidos de perforación.....                                    | 7           |
| 2.2.4 Propiedades principales de los fluidos de perforación.....              | 8           |
| 2.2.5 Sistemas de fluidos de perforación lignosulfonatos.....                 | 9           |
| 2.2.6 Aditivos usados para la formulación de los fluidos lignosulfonatos..... | 10          |
| 2.2.7 Detergente.....                                                         | 11          |
| 2.2.8 Funciones de los detergentes.....                                       | 11          |
| 2.2.9 Aceite de Palma ( <i>Elaeis guineensis</i> ).....                       | 12          |
| 2.2.9.1 Cultivo de la palma aceitera.....                                     | 13          |
| 2.2.10 Aceite de Soya ( <i>Glycine max</i> ).....                             | 14          |
| 2.2.10.1 Cultivo de la soya.....                                              | 15          |
| 2.2.11 Proceso de transesterificación.....                                    | 16          |
| 2.2.12 Proceso de saponificación.....                                         | 18          |
| 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....                                       | 19          |
| <b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b> .....                                 | <b>21</b>   |
| 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....                                                | 21          |
| 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....                                           | 21          |
| 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....                                                  | 22          |

|                                                                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....                                                                                                                   | 22         |
| 3.4.1 Formulaci3n de detergentes l3quidos a base de aceites naturales .....                                                                           | 23         |
| 3.4.2 Determinaci3n de la calidad de los detergentes desarrollados mediante pruebas de acreci3n para fluidos de perforaci3n base agua .....           | 26         |
| 3.4.3 Evaluaci3n del efecto de los detergentes desarrollados sobre las propiedades f3sicas y qu3micas de los sistemas de fluido Lignosulfonatos ..... | 27         |
| 3.4.3.1 Comparaci3n de las diferencias entre las propiedades a trav3s de an3lisis varianza .....                                                      | 28         |
| 3.5 T3CNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCI3N DE DATOS.....                                                                                              | 30         |
| 3.5.1 T3cnicas de recolecci3n de datos .....                                                                                                          | 30         |
| 3.5.2 Instrumentos.....                                                                                                                               | 30         |
| 3.6 RECURSOS.....                                                                                                                                     | 30         |
| 3.6.1 Recursos humanos.....                                                                                                                           | 30         |
| 3.6.2 Recursos materiales.....                                                                                                                        | 30         |
| 3.6.3 Recursos financieros .....                                                                                                                      | 31         |
| <b>CAPÍTULO IV .....</b>                                                                                                                              | <b>32</b>  |
| <b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>                                                                                                   | <b>32</b>  |
| 4.1 FORMULACIÓN DE DETERGENTES LÍQUIDOS A BASE DE ACEITES NATURALES .....                                                                             | 32         |
| 4.1.2 Característica f3sicas- qu3micas de los detergentes .....                                                                                       | 34         |
| 4.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS DETERGENTES DESARROLLADOS MEDIANTE PRUEBAS DE ACRECI3N PARA FLUIDOS DE PERFORACI3N BASE AGUA .....             | 36         |
| 4.3 EVALUACI3N DEL EFECTO DE LOS DETERGENTES DESARROLLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SISTEMAS DE FLUIDO LIGNOSULFONATOS .....   | 39         |
| 4.3.1 Comparaci3n de las diferencias entre las propiedades f3sicas y qu3micas obtenidas para cada formulaci3n a trav3s de an3lisis estadístico.....   | 44         |
| <b>CAPÍTULO V.....</b>                                                                                                                                | <b>49</b>  |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                                                                                                            | <b>49</b>  |
| 5.1 CONCLUSIONES .....                                                                                                                                | 49         |
| 5.2 RECOMENDACIONES .....                                                                                                                             | 49         |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                                                                                               | <b>51</b>  |
| <b>APÉNDICES.....</b>                                                                                                                                 | <b>54</b>  |
| <b>HOJAS METADATOS.....</b>                                                                                                                           | <b>100</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1 Proceso químico de transesterificación .....                                                                          | 18 |
| Figura 4.1 Barras de acero luego de ser sometida con las muestras de fluido<br>lignosulfonato en el horno de envejecimiento..... | 39 |



## LISTA DE GRÁFICAS

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfica 4.1 Porcentaje de acreción obtenidos mediante la variación de<br>detergentes.....    | 37 |
| Gráfica 4.2 Esfuerzo de gel a 10 segundos (lbs/100pie <sup>2</sup> ) .....                   | 45 |
| Gráfica 4.3 Esfuerzo de gel a 10 minutos (lbs/100pie <sup>2</sup> ) .....                    | 46 |
| Gráfica 4.4 Esfuerzo de gel a 30 minutos .....                                               | 47 |
| Gráfica 4.5 Alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína (P <sub>M</sub> ) ..... | 48 |



## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2.1 Características físico - químicas del aceite de palma.....                                                                                                | 13 |
| Tabla 2.2 Características físico - químicas del aceite de soya .....                                                                                                | 15 |
| Tabla 3.1 Aditivos para la formulación de fluidos lignosulfonatos .....                                                                                             | 26 |
| Tabla 4.1 Cantidad de glicerina obtenida mediante el proceso de transesterificación.....                                                                            | 32 |
| Tabla 4.2 Productos y función para la obtención de detergentes a base de glicerina de palma aceitera y glicerina de soya mediante el proceso de saponificación..... | 33 |
| Tabla 4.3 Cantidad de detergentes a base de glicerina de palma aceitera y glicerina de soya mediante el proceso de saponificación.....                              | 33 |
| Tabla 4.4 Productos y función para la obtención de detergentes a base de aceite de palma aceitera y aceite de soya mediante el proceso artesanal .....              | 34 |
| Tabla 4.5 Cantidad de detergente de detergentes a base de aceite de palma aceitera y aceite de soya mediante el proceso artesanal .....                             | 34 |
| Tabla 4.6 Características físicas y químicas de los detergentes.....                                                                                                | 35 |
| Tabla 4.7 Viscosidad plástica para cada muestra de fluido formulado con diferentes detergentes .....                                                                | 40 |
| Tabla 4.8 Esfuerzo gel a los 10 segundos para cada muestra de fluido formulado con diferentes detergentes.....                                                      | 40 |
| Tabla 4.9 Esfuerzo de gel a 10 minutos para cada muestra de fluido formulado con diferentes detergentes .....                                                       | 41 |
| Tabla 4.10 Esfuerzo gel a los 30 minutos para cada muestra de fluido formulado con diferentes detergentes.....                                                      | 42 |
| Tabla 4.11 Alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína (P <sub>M</sub> ) .....                                                                         | 43 |
| Tabla 4.12 Promedios para la viscosidad plástica (cPs) .....                                                                                                        | 44 |
| Tabla 4.13 Promedios para los geles de 10 segundos (lbs/100pie <sup>2</sup> ) .....                                                                                 | 45 |
| Tabla 4.14 Promedios para los geles de 10 minutos (lbs/100pie <sup>2</sup> ) .....                                                                                  | 46 |
| Tabla 4.15 Promedios para los geles de 30 minutos .....                                                                                                             | 47 |
| Tabla 4.16 Promedios para la alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína (P <sub>M</sub> ) .....                                                       | 48 |



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

**DESARROLLO DE DETERGENTES LÍQUIDOS A BASE DE ACEITES  
NATURALES COMO ADITIVO PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE  
AGUA**

**Autores:**

Karla Carolina Ferrer Carvajal

Raúl Alexander Gil Mata

Mayo 2012

**Asesor Académico:**

Ing. Hortensia Calzadilla

**Asesor Académico:**

Ing. Jesús Otahola

**RESUMEN**

Este trabajo consistió en el desarrollo de cuatro (4) detergentes a base de aceites naturales como aditivos para fluidos de perforación base agua, partiendo del proceso de saponificación para la formulación de dos (2) detergentes a base de glicerina de palma y de soya obtenida mediante el proceso de transesterificación, posteriormente se procedió al desarrollo de dos (2) detergentes de aceite de palma y de soya mediante un proceso artesanal que permitió obtener jabones de fácil elaboración. Una vez formulado los detergentes se procedió a determinarle propiedades físicas y químicas, como: color, apariencia, gravedad específica, pH, solubilidad en agua y punto de ebullición, donde los detergentes a base de glicerina presentaron mejores comportamientos a los elaborados mediante el proceso artesanal, debido a su alto contenido de ácido grasos saturados e insaturados. Luego de ser formulado y caracterizado los detergentes se realizaron pruebas de calidad, basada en el estudio del grado de acreción, siendo el detergente a base de glicerina de palma el que presentó mejor eficiencia, con un porcentaje de acreción de (20,63%) y el que más se acercó al valor establecido en las pruebas de calidad con un (20%) de acreción en comparación al detergente comercial usado actualmente en la industria petrolera, donde éste arrojó un porcentaje de acreción de (45,59%) , por otro lado también se les realizaron pruebas físicas y químicas bajo la norma *API 13-B1A (Manual de Procedimientos Estándar para la Evaluación de Fluidos de Perforación Base Agua)*, resultando satisfactorio ya que no originó alteración en la propiedades del fluido, lo cual permite su aplicabilidad en la industria. Seguidamente los resultados obtenidos fueron comparados con una muestra patrón a través de un análisis de varianza y mínima diferencias significativas (DMS), donde en su mayoría éstas no presentaron diferencias significativas entre sus propiedades físicas y químicas.

## INTRODUCCIÓN

Es necesario conocer a cabalidad los problemas presentados en la industria petrolera para poder brindar soluciones a estos y mejorar la eficiencia en las etapas de perforación. Un ingeniero integral, es aquel que logra llevar a cabo el mejor trabajo en el menor tiempo posible con costos asociados que representen una mínima inversión, siendo éste el encargado de evaluar la trayectoria de las etapas de perforación desde la apertura hasta el cierre del pozo.

Durante la perforación de un pozo, es de vital importancia mantener las propiedades del fluido dentro de los valores deseables y preestablecidos para evitar los problemas de inestabilidad del hoyo. Actualmente, las compañías de servicio dedicadas a la preparación y manejo de fluidos de perforación base agua se ven en la necesidad de adquirir aditivos detergentes importados para utilizarlos durante la perforación de fases someras, con el propósito de minimizar los problemas operacionales, de allí la necesidad de estudiar el comportamiento de un fluido cuyas características beneficien el proceso de perforación logrando minimizar la adherencia de las arcillas a los componentes del ensamblaje de fondo de la sarta de perforación.

Esta investigación se enfocó en el desarrollo de detergentes líquidos partiendo de glicerina natural de palma y soya obtenidas mediante el proceso de transesterificación y saponificación, siendo éstos incorporados en la formulación de diferentes muestras de fluidos de perforación lignosulfonato, determinando así la factibilidad de ser aplicados como aditivos para reducir la tensión superficial y disminuir la acreción de las partículas de arcillas compactas sobre los componentes de la sarta de perforación.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante la fase de perforación en la industria petrolera uno de los problemas que ocasiona disminución en la tasa de penetración es la presencia de arcillas y sedimentos adheridos a la mecha, que disminuyen el contacto entre los elementos cortantes y la superficie del estrato a ser perforado y de igual manera, otros componentes importantes de la sarta de perforación son afectados, como es el caso de los estabilizadores, cuya estructura física puede presentar obstrucción en sus canales de flujo, limitando la circulación del fluido de perforación por el espacio anular que existe entre la paredes internas de la formación y el estabilizador.

Cuando el agua de la fase continua del fluido de perforación entra en contacto con formaciones de alto contenido de arcilla, estas partículas son hidratadas e incrementan su tamaño estructural y su capacidad de adherirse a cualquier superficie rígida específicamente en aquellos componentes de mayor diámetro que forman parte de la sarta de perforación incrementando la presencia de torque en el movimiento del sistema de rotación y arrastre durante los viajes de tubería que si no son controlados pueden causar pegas mecánicas y diferenciales ocurriendo eventos donde las paredes del hoyo se derrumben, que a su vez pueden originar el colapso y pérdida del mismo.

Actualmente en Venezuela la industria petrolera se han visto limitada la adquisición de detergentes importados, debido a las dificultades para obtención de divisas por parte de las empresas dedicadas a la formulación y manejo de los fluidos de perforación y a las estrechas relaciones comerciales existentes con otros países. Esta investigación se fundamentó principalmente en la formulación de detergentes

elaborados con materia prima nacional de fácil obtención y que permita disminuir el riesgo de pega de tubería por efecto de la adherencia de la arcilla de formación sobre los componentes de la sarta.

Por estas razones, la presente investigación respondió a la necesidad de estudiar y demostrar el comportamiento de los detergentes en sistema de fluidos lignosulfonatos, capaz de minimizar el efecto de acreción de arcilla, reducción de la tensión superficial la cual contribuye en la remoción de los recortes que se generan durante la perforación, para así lograr un óptimo desempeño en las actividades.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo General**

Desarrollar detergentes líquidos a base de aceites naturales como aditivo para fluidos de perforación base agua.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Formular detergentes líquidos a base de aceites naturales.
- Determinar la calidad de los detergentes desarrollados mediante pruebas de acreción para fluidos de perforación base agua.
- Evaluar el efecto de los detergentes desarrollados sobre las propiedades físicas y químicas de los sistemas de fluido Lignosulfonatos.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La arcilla adherida a la mecha y la incomunicación de los elementos cortantes con la formación, son solo algunos de los problemas presentados por el efecto del embolamiento de los componentes de la sarta, debido al hinchamiento y dispersión de las arcillas durante las etapas de perforación, ocasionando posibles pegas mecánicas de tuberías que aumentan el tiempo y los costos estimados para la construcción de los pozos.

La importancia de esta investigación, no solo radica en el desarrollo y aplicación de detergente a base de aceites naturales como aditivo para fluidos de perforación base agua, si no, que también podría disminuir la dependencia de la importación de dicho producto, siendo esto favorable para la economía de este país ya que cuenta con una extensa producción de aceite de soya y palma. Otras de las ventajas con el desarrollo de estos detergentes, es que se logró cumplir a cabalidad sus funciones; disminuyendo la tensión superficial en este tipo de fluido y controlando el efecto que causa la acreción de la arcilla sobre la tasa de penetración.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

**Aguilera, G. (2010).** En el trabajo de grado realizado en la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, titulado: [**“Formulación de fluidos 100% aceites naturales de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) y soya (*Glycine max*) para fase intermedia 12 ¼ pulgadas”**], expresó que los fluidos de perforación deben poseer propiedades químicas y físicas que le permitan adaptarse a una gran variedad de condiciones, para satisfacer las funciones relacionadas con operaciones de perforación, completación y cementación de pozos. Formuló fluidos a tres densidades (10, 12 y 15 lpg), a partir del éster de soya y palma aceitera, que posteriormente fueron caracterizados mediante pruebas de reología, retorta, filtrado, estabilidad eléctrica, químicas después de ser envejecidos. A fin de diferenciar el comportamiento de cada sistema se procedió a comparar las propiedades obtenidas anteriormente, para así establecer un patrón de ambos y observar mejor los cambios existentes, de acuerdo a las densidades establecidas. Concluyó que el sistema de soya presentó mejor comportamiento de geles con respecto al sistema de palma, sin embargo los valores de este último son aceptables y que no existen diferencias significativas entre ambos sistemas con respecto a sus propiedades reológicas.

**Alemán, R. (2010),** en su trabajo de investigación, titulado: [**“Elaboración de un jabón artesanal tipo cosmético en base a la grasa animal y aceite de semilla de palma coroba (*Attalea macrolepis*)”**], indicó que la palma Coroba (*Attalea macrolipis*) presenta en su semilla un alto porcentaje (60%) de ácidos grasos saturados. En este trabajo se buscó obtener un jabón artesanal tipo cosmético, utilizando como materia prima la grasa animal y el aceite de semilla de palma Coroba

(*Attalea macrolepis*). En base a los resultados obtenidos y a la normativa COVENIN se concluyó que el aceite de semilla de Coroba puede ser usado con bastante seguridad en la elaboración de jabones de tocador pudiendo sustituir a los aceites importados utilizados para tal fin.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Fluidos de perforación**

El fluido de perforación es una sustancia formada por una mezcla de agua con otros materiales y productos químicos que se utilizan para la perforación o trabajos de rehabilitación de pozos, la mezcla igualmente puede hacerse a base de otros fluidos. El fluido de perforación debe poseer características físico - químicas que le permita permanecer estable, es decir, no perder sus propiedades en las condiciones de presión y temperatura del ambiente donde se aplican, igualmente, debe ser inocuo a la salud del personal y de muy baja o nula toxicidad al medio ambiente. (M-I SWACO, 2001, p.10.1).

### **2.2.2 Funciones del fluido de perforación**

Las funciones del fluido de perforación describen las tareas que el fluido de perforación es capaz de desempeñar, aunque algunas de éstas no sean esenciales en cada pozo. (Instituto Americano del Petróleo, 2001, p. 19).

Las funciones más comunes del fluido de perforación son las siguientes:

- Retirar los recortes del pozo.
- Controlar las presiones de la formación.

- Capacidad de suspensión de partículas al detener la circulación.
- Obturar las formaciones permeables.
- Estabilizar las paredes del hoyo.
- Minimizar los daños al yacimiento.
- Enfriar, lubricar y apoyar la barrena y el conjunto de perforación.
- Transmitir la energía hidráulica a las herramientas y a la barrena.
- Asegurar una evaluación adecuada de la formación.
- Controlar la corrosión.
- Facilitar la cementación y la completación.
- Minimizar el impacto al ambiente.

### 2.2.3 Tipos de fluidos de perforación

- **Fluidos base agua:** son los fluidos de perforación convencionales más comunes. El agua constituye el medio de suspensión para los sólidos y es la fase continua, haya o no petróleo en el fluido. (CIED, 2002, p.269).
- **Fluidos base aceite:** son fluidos en que la fase continua, o externa, es un aceite, como el diesel o aceite mineral. En las propiedades del fluido base aceite influye lo siguiente: relación aceite/agua, tipo y concentración de emulsificantes, contenidos en sólidos, temperatura y presión pozo abajo, entre otras. (BAROID, 1997, p. 8-2).

#### 2.2.4 Propiedades principales 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 físicas y químicas. (CIED, 2002, p.3).

- **Densidad:** es la propiedad del fluido que tiene por función principal mantener en sitio los fluidos de la formación. Los fluidos con buena densidad facilitan la limpieza del pozo aumentando las fuerzas de flotación que actúan sobre los recortes, lo cual contribuye a su remoción del pozo. La densidad se expresa por lo general en libras por galón (lpg).
- **Viscosidad plástica:** la viscosidad es la resistencia que ofrece el fluido a ser bombeado o a fluir. La viscosidad plástica depende de la concentración, tamaño y forma de los sólidos presentes en el fluido y se controla con equipos mecánicos de control de sólidos, este control es indispensable para mejorar el comportamiento reológico y sobre todo para obtener altas tasas de penetración (ROP).
- **Punto cedente:** es la resistencia al flujo causada por las fuerzas de atracción entre las partículas sólidas del fluido. Esta fuerza es consecuencia de las cargas eléctricas sobre la superficie de las partículas dispersas en la fase líquida. El 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.
- **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. Las mediciones comunes de esta

propiedad se toman a los diez segundos y a los diez minutos, pero pueden ser medidas para cualquier espacio de tiempo deseado.

- **Filtrado API:** representa la habilidad de los componentes sólidos del fluido de perforación para formar una costra delgada y de baja permeabilidad en las paredes del hoyo. 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. Se mide en condiciones estáticas, a baja temperatura y presión para los fluidos base agua.
- **pH:** el pH indica si el fluido es ácido o básico. El grado de acidez o alcalinidad del fluido de perforación es indicado por la concentración del ión hidrógeno; que se expresa comúnmente en términos de pH. La medida de pH se realiza como una ayuda en la determinación del control químico del fluido, así como indicador de sustancias contaminantes, tales como cemento, yeso, etc.
- **Porcentaje de sólidos y líquidos:** el porcentaje de sólidos y líquidos se determina con una retorta. Los resultados obtenidos también permiten conocer a través de un análisis de sólidos, el porcentaje de sólidos de alta y baja gravedad específica.
- **Alcalinidad:** la alcalinidad de una solución 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 hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), presentes en el fluido, que se consideran contaminantes dentro del sistema.

### 2.2.5 Sistemas de fluidos de perforación lignosulfonatos

La función principal de los lignosulfonatos es actuar como adelgazantes químicos cuando hay exceso de sólidos reactivos en el fluido y su función secundaria

es controlar filtrado y ayudar a estabilizar las condiciones del fluido a altas temperaturas. Los lignosulfonatos defloculan a los fluidos base agua al neutralizar las cargas eléctricas de las arcillas, o sea, se adhieren a las partículas de bentonita incrementando la carga superficial de las mismas a niveles de pH entre 9 y 10, lo cual causa una repulsión entre esas partículas y por lo tanto, una defloculación del fluido. Los lignosulfonatos de bajo peso molecular tienen mayor acción adelgazante que los de alto peso molecular, pero son menos efectivos en el control de filtrado y viceversa. Sin embargo, ambos resultan solubles cuando contienen un mínimo de 3.5% de sulfonato. (CIED, 2002, p.112).

#### **2.2.6 Aditivos usados para la formulación de los fluidos lignosulfonatos**

- **Viscosificante:** estos productos mejoran la capacidad de acarreo y suspensión de los fluidos. Sin embargo, no todos los viscosificadores potenciales van a brindar un acarreo efectivo y económico del hoyo y tampoco se hallan totalmente a salvo de las interferencias mecánicas y químicas del medio ambiente. Los materiales más utilizados son las arcillas y los polímeros. (Prieto A. 2007, p. 59).
- **Controlador de filtrado:** estos son agentes que disminuyen la cantidad de agua que pasa hacia la formación permeable cuando el fluido es sometido a una presión diferencial. El filtrado se controla a través de dos mecanismos diferentes: primero, mediante la formación de un revoque poco permeable y segundo, incrementado la viscosidad de la fase líquida. Este incremento se logra mediante el uso de diferentes polímeros. Los materiales más utilizados para controlar filtrado son: bentonita, polímeros manufacturados, almidones y adelgazantes orgánicos. (Prieto A. 2007, p. 60).
- **Densificantes:** son materiales no tóxicos ni peligrosos de manejar que se usan para dar y mantener la densidad del fluido. Con la densidad se controla la

presión de la formación y en consecuencia los derrumbes en áreas que han sido tectónicamente activas. Cualquier sustancia que posee una densidad más alta que el agua y se puede agregar a un sistema, sin afectar en forma adversa sus propiedades, puede ser utilizado como un densificante. (Prieto A. 2007, p. 59).

- **Surfactantes:** son materiales que modifican la tensión interfacial entre dos medios, que puede ser sólido/sólido, sólido/ líquido, etc. Estos surfactantes pueden actuar como emulsificantes, humectantes, detergentes, antiespumantes, etc. Muchos de los surfactantes tienen doble función como por ejemplo emulsionar y cambiar la humectabilidad. (Prieto A. 2007, p. 61).

### 2.2.7 Detergente

Es una mezcla acuosa de aditivos de superficie activa, desarrollados para reducir la tensión superficial de todos los sistemas de fluidos de perforación base de agua y para disminuir la tendencia a pegarse de los recortes de lutitas sensibles al agua. (M-I SWACO, 2004).

### 2.2.8 Funciones de los detergentes

Según el M-I SWACO 2004, las funciones principales de los detergentes, son las siguientes:

- Minimizar el embolamiento de la mecha y del conjunto de fondo debido a las arcillas reactivas.
- Reducir el torque y el arrastre.
- Obtener tasas de perforación mejorada.
- Es eficaz para todos los fluidos base agua.

### 2.2.9 Aceite de Palma (*Elaeis guineensis*)

Según Gustav Heess (2005), el aceite de palma es un aceite de origen vegetal obtenido del mesocarpio de la fruta de la palma (*Elaeis guineensis*), este aceite es considerado como el segundo más ampliamente producido sólo superado por el aceite de soya. El fruto de la palma es ligeramente rojo y este es el color que tiene el aceite embotellado sin refinar. La palma es originaria de África occidental, de ella ya se obtenía aceite desde hace 5.000 años, especialmente en la Guinea Occidental de donde pasó a América, introducida después de los viajes de Colón, y en épocas más recientes fue introducida a Asia desde América.

Después del aceite de soya, el aceite proveniente de la palma africana es preferido por la población mundial Sin embargo, de acuerdo con los comentarios científicos la diferencia en producción lo hace más rentable, ya que mientras la soya produce quinientos kilos de aceite por hectárea, la palma produce cinco mil.

**Tabla 2.1 Características físico - químicas del aceite de palma**

| Propiedad    | Valor                    | Unidad |
|--------------|--------------------------|--------|
| <b>Forma</b> | De pastosa a sólida      | ----   |
| <b>Color</b> | Marrón en estado líquido | ----   |

**Tabla 2.1 Características físico - químicas del aceite de palma (cont).**

| Propiedad                       | Valor          | Unidad             |
|---------------------------------|----------------|--------------------|
| <b>Olor</b>                     | Característico | ----               |
| <b>Área de fusión</b>           | 25 – 35        | °C                 |
| <b>Punto de ebullición</b>      | Desconocido    | ----               |
| <b>Punto de inflamación</b>     | > 250          | °C                 |
| <b>Punto de ignición</b>        | Desconocido    | ----               |
| <b>Propiedades explosivas</b>   | Desconocidas   | ----               |
| <b>Densidad @ 20 °C</b>         | 0,88 – 0,93    | g/cm <sup>3</sup>  |
| <b>Presión de vapor @ 20 °C</b> | Desconocido    | ----               |
| <b>Viscosidad @ 50 °C</b>       | 25             | mm <sup>2</sup> /s |

Disponible en: <http://www.gustavheess.com/pdf/1101seg.pdf>

### 2.2.9.1 Cultivo de la palma aceitera

Su origen se ubica en el golfo de Guinea en el África occidental de donde se deriva su nombre científico, *Elaeis guineensis*, y su denominación popular: palma africana de aceite. La época de siembra adecuada para garantizar el cultivo es a inicios del período de lluvias, cuando se estime una disponibilidad de 125mm al mes, lo cual es suficiente para lograr las máximas producciones, lo que indicaría que zonas con 1500mm de lluvia al año, regularmente distribuidas son deseables para el cultivo de la palma africana.

Actualmente Venezuela cuenta con unas 150.000 hectáreas con condiciones agroecológicas favorables para el cultivo de palma aceitera. La producción se concentra en tres zonas que son Centro Occidental ( Yaracuy) , Occidental (Zulia) y Oriental (Monagas), en las cuales están ubicadas seis plantas extractoras de aceite con una capacidad total de 168 toneladas de racimos de fruta fresca por hora. Acupalma (2009). Disponible en: <http://www.acupalma.org.ve>.

### **2.2.10 Aceite de Soya (*Glycine max*)**

Según Gustav Heess (2005), la soya (*Glycine max*) es una especie originaria del actual territorio de Vietnam, en el este de Asia. Su cultivo era conocido en China desde hace 5000 años. Su aceite tiene muy buena calidad y bajo costo, y es el más importante de los aceites vegetales del mundo contemporáneo. El aceite de soya es un aceite vegetal que procede del prensado de la soya (*Glycine max*), este aceite es abundante en ácidos grasos poliinsaturados. El aceite de soya es el de mayor producción mundial, superando a los aceites de colza, palma y girasol.

**Tabla 2.2 Características físico - químicas del aceite de soya**

| <b>Propiedad</b>                | <b>Valor</b>    | <b>Unidad</b>      |
|---------------------------------|-----------------|--------------------|
| <b>Forma</b>                    | Líquida         | ----               |
| <b>Color</b>                    | Amarillo pálido | ----               |
| <b>Olor</b>                     | Característico  | ----               |
| <b>Área de fusión</b>           | < 0             | °C                 |
| <b>Punto de ebullición</b>      | > 350           | ----               |
| <b>Punto de inflamación</b>     | > 300           | °C                 |
| <b>Punto de ignición</b>        | Desconocido     | ----               |
| <b>Propiedades explosivas</b>   | Desconocidas    | ----               |
| <b>Densidad @ 20 °C</b>         | 0,919 – 0,925   | g/cm <sup>3</sup>  |
| <b>Presión de vapor @ 20 °C</b> | < 1             | ----               |
| <b>Viscosidad @ 50 °C</b>       | 55 – 60         | mm <sup>2</sup> /s |

Disponible en: <http://www.gustavheess.com/pdf/1101seg.pdf>

### 2.2.10.1 Cultivo de la soya

La soya pertenece a la familia de las leguminosas, como la judía, el guisante y tantas especies vegetales de interés económico. Es de origen asiático, fue descubierta por un emperador chino hace más de tres milenios. Esta especie vegetal se trasladó a Occidente a través de los años. Venezuela en la actualidad presenta un incremento en la producción de este rubro. Ésta especie de leguminosas se forma dentro de las vainas o legumbres, que es el fruto típico de esta familia de plantas. Se trata de una planta anual que se cultiva durante la estación cálida. La semilla de soya se recolecta cuando la vaina se torna amarilla. Cada vaina puede contener entre una y cuatro habas de pequeño tamaño y diferentes colores según variedades: amarillas, marrones, verdes, negras o moteadas. La más frecuente es la amarilla y también la más apreciada, ya que es la que normalmente se utiliza para obtener el aceite.

En nuestro país la producción actual de soya es de 1500 kilos por hectáreas, y entre los estados productores están: Aragua, Anzoátegui, Monagas, Bolívar y Guárico. SYLVESTER, I. (2008). Disponible en: <http://www.monografias.com>

### **2.2.11 Proceso de transesterificación**

Es un proceso industrial utilizado en la producción de biodiesel, cuya reacción química consiste en tres reacciones reversibles y consecutivas. El triglicérido es convertido consecutivamente en diglicérido, monoglicérido y glicerina. En cada reacción un mol de éster metílico es liberado. Todo este proceso se lleva a cabo en un reactor donde se producen las reacciones y en posteriores fases de separación, purificación y estabilización.

El proceso de transesterificación consiste en combinar, el aceite (normalmente aceite vegetal) con un alcohol ligero, normalmente metanol, y deja como residuo de valor añadido propanotriol (glicerina) que puede ser aprovechada por la industria cosmética, entre otras. Este proceso significa que el glicerol contenido en los aceites es sustituido por un alcohol ante la presencia de un catalizador.

Para la realización de la transesterificación se necesita: aceite vegetal, etanol o metanol y de Soda Caústica (NaOH, como catalizador). Se debe mezclar primero el alcohol con la soda caústica para generar el llamado metóxido. Una vez que se obtiene el metóxido, mezclar con el aceite vegetal, levantar su temperatura y mezclar, dejar reposar. Luego de más o menos 3 horas se observará una capa ligera de aceite transparente arriba y una capa densa y oscura de glicerina abajo. En la síntesis del biodiesel, se forman entre el aceite y el alcohol, normalmente metílico, ésteres en una proporción aproximada del 90% más un 10% de glicerina. La glicerina, se obtiene como producto final de la transesterificación y es de calidades farmacéutica e

industrial. Estas glicerinas tienen un valor económico positivo y su comercialización forma parte de la rentabilidad del biodiesel. (Encarta, 1999).



## PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN



**Figura 2.1** Proceso químico de transesterificación

Disponible en: <http://www.ref.pemex.com/octanaje/o62/frm.htm>

### 2.2.12 Proceso de saponificación

La saponificación consiste en la hidrólisis alcalina de un éster. La saponificación es la reacción entre un éster y una base (hidróxido de sodio o potasio) obteniendo la sal alcalina y a partir de ésta el ácido palmítico. El alcohol monohidroxilado produce en la saponificación de la cera, y el glicerol en el caso de una grasa, se recuperan de las aguas madres por destilación en vacío. En la preparación de jabones solubles si se utiliza KOH se obtienen jabones blandos, y con NAOH jabones duros. Algunas veces emplean hidróxido de amonio. Cuando se saponifica con hidróxidos de hierro, calcio, magnesio, plomo, cobre y otros metales, se obtienen jabones insolubles que no tienen acción detergente. (Encarta, 1999).

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Aceite vegetal:** son aceites derivados de plantas. Suelen ser extraídos de las semillas o frutos. Entre los más usados están el de: soya, palma, girasol, sésamo, cacahuete, palma, oliva y canola. (Desiderio Zerial, S.A., 2012, disponible en <http://www.ar.all.biz/g87865/>)

**Acreción:** aumento de tamaño de un cuerpo por agregación de sus partículas menores. Para este caso se refiere al aumento de volumen de crudo por agregación de sus partículas. (Guzmán, R. 2011).

**Arcilla:** silicato de aluminio hidratado, formado por la descomposición del feldespato y otros silicatos de aluminio. (CIED GLOSARIO, 2002, p.49).

**Arrastre:** es una fuerza mecánica generado por la interacción y contacto de un cuerpo rígido y un fluido. (CIED GLOSARIO, 2002, p.50)

**Derrumbe:** el colapso parcial o completo de las paredes de un pozo, como resultado de formaciones incompetentes y no consolidadas; ángulo o pendiente alta; y humectación a lo largo de los planos internos de estratificación. (MI GLOSARIO, Procedimiento Estándar para las Pruebas de Fluidos de Perforación, 2001 B7).

**Dispersión:** es el aumento de la superficie específica de la partícula, resultando en un aumento de la viscosidad y del esfuerzo de gel. (MI GLOSARIO, Procedimiento Estándar para las Pruebas de Fluidos de Perforación, 2001 B7).

**Espacio anular:** el espacio entre la columna de perforación y la pared del pozo o de la tubería de revestimiento. (MI GLOSARIO, Procedimiento Estándar para las Pruebas de Fluidos de Perforación, 2001 B8).

**Glicerina:** alcohol de tres átomos de carbono, viscoso y dulce, que se encuentra en todos los cuerpos grasos como base de su composición. (WordReference.com, 2012, disponible en <http://www.wordreference.com/definicion/glicerina>).

**Lutita:** roca arcillosa de grano fino con un clivaje de tipo pizarra, a veces conteniendo una sustancia orgánica petrolífera. (Instituto Americano del Petróleo, 2001, p.773).

**Pega:** una condición según la cual la tubería de perforación, la tubería de revestimiento u otros dispositivos pueden quedar bloqueados en el pozo. (MI GLOSARIO, Procedimiento Estándar para las Pruebas de Fluidos de Perforación, 2001 B16).

**Tensión superficial:** generalmente, la fuerza que actúa dentro de la superficie de contacto entre un líquido y su propio vapor, y que tiende a minimizar el área de la superficie, expresada en dinas por centímetro. (Instituto Americano del Petróleo, 2001, p.780).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es de tipo explicativa, debido a que busca las razones o causas de ciertos fenómenos, la descripción de conceptos o el establecimiento de relaciones entre conceptos. En esta investigación se llevó a cabo la formulación de un fluido de perforación base agua usando como aditivo antiembolante detergentes a base de aceites naturales con el fin de establecer una comparación sobre su comportamiento sometidos a pruebas de calidad y a su vez se comparó con un detergente comercial a fin de seleccionar los detergentes que lograra disminuir la acreción al máximo. Según Arias F. (2006):

“La investigación explicativa se encarga de buscar el por qué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto en la determinación de la causa (post-facto) como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis”. p.26

#### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación señala el plan o estrategia que se debe seguir para alcanzar los objetivos de estudio y contestar las interrogantes que se han planteado. Por tanto, el diseño para este estudio fue de tipo experimental, debido a que se evaluó el comportamiento de las distintas formulaciones de detergentes en sistemas de fluidos de perforación lignosulfonato y se manejaran variables independientes (concentraciones de detergentes) para establecer la influencia de éstas sobre las variables dependientes (alcalinidad, filtrado, comportamiento reológico y grado de acreción). Según Arias F. (2006):

“La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente), para observar los efectos y reacciones que se producen (variable dependiente)”. p.33

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

A fin de cumplir con los objetivos planteados se procedió de la manera siguiente: se desarrollaron cuatro (4) detergentes a base de aceites naturales (Soya y Palma), posteriormente se formuló cuatro (4) fluidos de perforación con tres (3) repeticiones, arrojando un total de 12 doce muestras, con el fin de validar los resultados obtenidos mediante la prueba de calidad.

Para esta investigación se utilizó la totalidad de las muestras que fueron representativas para el cumplimiento de los objetivos planteados, por tal motivo la población y la muestra están representada por las formulaciones de detergentes desarrollados y que fueron objeto de estudio al incorporarse en el sistema de fluido de perforación lignosulfonato. Según Arias F. (2006):

“La población, o en términos más precisos *población objetivo*, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”. Según el autor citado la muestra es: “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. p.81 y 83

### 3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Representan todos los aspectos relacionados con la metodología a desarrollar, especificando de manera clara y precisa las características de la investigación que

contribuyó con el cumplimiento y desarrollo del mismo, donde las actividades que se realizaron se listan de la siguiente manera:

### 3.4.1 Formulación de detergentes líquidos a base de aceites naturales

Esta etapa consistió en el desarrollo de detergentes líquidos a base de aceites naturales como aditivo para fluidos de perforación base agua, partiendo del proceso de transesterificación para la obtención de la glicerina utilizada como materia prima y el proceso de saponificación para la elaboración de detergentes.

El proceso de transesterificación dio lugar a la obtención de la glicerina de soya y de palma aceitera, los cuales fueron las bases para la elaboración de detergentes líquidos como aditivos para fluidos de perforación base agua. Para realizar la transesterificación se siguió los pasos a continuación:

- **Valoración:** se realizó la valoración para establecer la cantidad exacta de catalizador, lo que se determinó que son necesarios 3,5 g de NaOH por cada litro de aceite de soya y/o palma.
- **Preparación del metóxido de sodio:** se comenzó mezclando la potasa cáustica y el metanol, obteniendo así el metóxido de sodio. Por cada litro de aceite a procesar, se mezclaron 200 ml de metanol con la cantidad de potasa cáustica que se obtuvo en la valoración anterior.
- **Se calentó el aceite de soya o palma, y se unió con el metóxido de sodio:** se calentó el aceite a una temperatura entre (45°C - 55°C), posteriormente se vertió el metóxido en el aceite mientras se agitaba la mezcla durante 20 minutos, tomando en cuenta que el metóxido se evapora a 62°C y que la transesterificación también produce calor, así que se ajustó la temperatura del

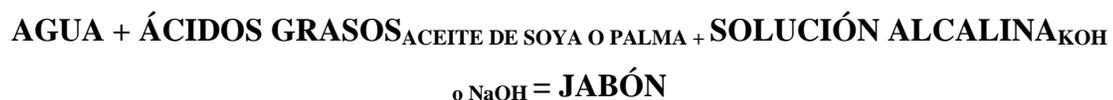
aceite para que cuando se comenzara a mezclar no sobrepasara la temperatura límite y evitar que no se completara la reacción.

- **Se dejó reposar la mezcla obtenida, para separar la glicerina mediante decantación:** la mezcla preparada se dejó reposar durante un día, debido a la diferencia de densidades la glicerina se asentó formando una masa gelatinosa en el fondo del envase. Una vez reposado se separaron dichos fluidos mediante el uso de un embudo de decantación.

Una vez obtenida la glicerina derivada de aceite de palma y soya, se procedió a la elaboración de los detergentes líquidos mediante el proceso de saponificación, donde este proceso no es mas que un reacción química, que consiste en la mezcla de un ácido graso mas una solución alcalina, obteniendo como producto final el jabón, donde:



El proceso artesanal permitió obtener jabones de fácil elaboración a diferencia del método anteriormente expuesto, debido a que los componentes que se utilizaron son de uso común exceptuando la potasa o soda cáustica. Se puede decir que consiste prácticamente en el proceso de saponificación en lo que respecta a la formulación, con la diferencia que está principalmente compuesto por agua y su tiempo de agitación y reposo es prolongado.



### 3.4.1.1 Características químicas y físicas

Una vez obtenidos los detergentes se procedió a determinar las propiedades físicas y químicas como: color, apariencia, gravedad específica, pH, solubilidad en agua y punto de ebullición, para verificar si estos detergentes cumplen con el rango de especificación se compararon con las propiedades de un detergente comercial que es usado actualmente en la industria petrolera.

- **Color y apariencia:** mediante percepción visual se obtuvo el color y la apariencia de cada detergente.
- **ASTM D-369 método estándar para determinación de la gravedad específica mediante el picnómetro Gay Lussac:** esta prueba se basó en la utilización de un picnómetro o botella de gravedad específica, la cual posee un sello de vidrio que dispone de un tapón provisto de un finísimo capilar, de tal manera que puede obtenerse un volumen con gran precisión. Esto permite medir la densidad de un fluido, en referencia a la de un fluido de densidad conocida como el agua.
- **Potencial de hidrogeno, pH:** indicó el grado de acidez o basicidad de los detergentes para evitar problemas de corrosión y contaminación.
- **Solubilidad en agua, porcentaje volumen-volumen (% V/V):** expresó el volumen de soluto por cada cien unidades de volumen de la disolución. Permitted conocer la cantidad máxima de detergente que puede mantenerse disuelto en agua.
- **Punto de ebullición:** se determinó usando la técnica de vaporización, se calentó cada detergente hasta que liberó la primera burbuja y la temperatura permaneció constante.

### 3.4.2 Determinación de la calidad de los detergentes desarrollados mediante pruebas de acreción para fluidos de perforación base agua

Una vez formulado y caracterizado el detergente se le realizó las pruebas convenientes partiendo de la formulación de diferentes muestras de fluido lignosulfonato, que fueron sometidas a pruebas de calidad basada en el estudio del grado de acreción, esta es una prueba dinámica con el fin de determinar la habilidad del sistema para inhibir las arcillas hidratables. Se preparó un barril equivalente (350cc) de fluido de lignosulfonato de 9 lpg de densidad, dejando un tiempo de agitación entre un producto y otro de 15 minutos y usando la siguiente formulación con el orden de agregado. (Tabla 3.1).

**Tabla 3.1 Aditivos para la formulación de fluidos lignosulfonatos**

| Orden | Producto       | Función                 | Concentración | Unid. |
|-------|----------------|-------------------------|---------------|-------|
| 1     | Agua           | Fase continua           | 332,5         | ml    |
| 2     | Bentonita      | Agente Viscosificante   | 17            | g     |
| 3     | Lignito Puro   | Controlador de filtrado | 2             | g     |
| 4     | Lignosulfonato | Agente dispersante      | 4             | g     |
| 5     | Barita         | Agente densificante     | 20,7          | g     |
| 6     | Detergente     | Anti-embolante          | 0,5           | ml    |
| 7     | KOH            | Agente alcalinizante    | Hasta pH 9,5  | ----  |

**Fuente: Scomi oil tools de Venezuela. (2009)**

El orden de agregado y el tiempo de agitación de los aditivos, fueron establecidos bajo las normas de la empresa de servicios Scomi Oil Tools de Venezuela (ver apéndices “B”), con la finalidad de conservar el control de calidad para la preparación de los mismos, así como, el tiempo prudente para que cada uno de los aditivos que lo conforman logran su activación, para así obtener como resultado

un fluido con características y propiedades que garanticen un desempeño óptimo a la hora de su utilización.

Una vez obtenidos los fluidos de perforación se procedió a someterlas a pruebas de acreción. El estudio de acreción se llevó a cabo colocando cada formulación preparada en una celda de envejecimiento, añadiendo 20 g de arcilla comercial (Bentonita) debido a que ésta es más reactiva al contacto con el agua. Se procedió a colocar una barra de acero dentro de cada celda, posteriormente se cerraron cada una de las celdas de rolado para luego ser sometidas a un proceso de envejecimiento, para determinar el porcentaje de acreción con el fin de seleccionar los detergentes que logran disminuir la tensión superficial evitando adherencia de las arcillas sensibles al agua hacia las barras de acero la cual simularon la sarta de perforación.

### **3.4.3 Evaluación del efecto de los detergentes desarrollados sobre las propiedades físicas y químicas de los sistemas de fluido Lignosulfonatos**

Las propiedades físicas y químicas permitieron evaluar a profundidad el comportamiento de los detergentes que mejor se adaptaron a las pruebas de acreción realizadas. Posteriormente se compararon con un detergente utilizado tradicionalmente en la industria petrolera. La evaluación se realizó a través de las diferentes pruebas de laboratorio, que se rigen por el *Manual de Procedimientos Estándar para la Evaluación de Fluidos de Perforación Base Agua, bajo la norma API 13-B1 (Instituto Americano de Petróleo, 2001)*, siguiendo estos procedimientos:

- **Grado de acidez o alcalinidad pH:** la determinación del grado de acidez se llevó a cabo, con el uso del pH-metro.

- **Filtrado API:** se realizó mediante el uso de un equipo llamado filtro prensa API, el cual se rige por las especificaciones API 13B-1, para determinar el filtrado o pérdidas de agua que pasa hacia la formación permeable cuando el fluido es sometido a una presión diferencial.
- **Reología:** se llevó a cabo con el uso de un viscosímetro de lectura directa que permitió determinar las propiedades reológicas del fluido, es decir: la viscosidad plástica, punto cedente y la fuerza de gel.
- **Alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína ( $P_M$ ):** a 1 ml de fluido, se le agregó 25 ml de agua destilada, 4 gotas de fenolftaleína (indicador, si no hay cambio de color  $P_m=0$ ), se tituló con  $H_2SO_4$  0,02 N; hasta que adquirió el color original de la muestra.
- **Alcalinidad del filtrado a la fenolftaleína ( $P_F$ ):** a 1 ml de filtrado, se agregó 25 ml de agua destilada, 2 gotas de fenolftaleína (indicador, si no hay cambio de color  $P_f=0$ ), se tituló con  $H_2SO_4$  0.02 N; hasta que se observó el cambio de color rosado al color original de la muestra.
- **Alcalinidad del filtrado al anaranjado de metilo (MF):** una vez obtenido el  $P_f$ , se le agregó 2 gotas de anaranjado de metilo (indicador) y se tituló con  $H_2SO_4$  0,02 N, hasta que presentó el cambio de color amarillo naranja a rosado.

#### **3.4.3.1 Comparación de las diferencias entre las propiedades a través de análisis varianza**

Una vez realizadas las pruebas, los resultados obtenidos fueron comparados con las propiedades de un fluido de perforación donde se utilizó como aditivo anti embolante un detergente comercial, se plantea como alternativa el uso como aditivo, los detergentes formulados a partir de materia prima nacional, posteriormente se

procedió a desarrollar un análisis de varianza, con la finalidad de corroborar los resultados obtenidos.

Una vez establecida la matriz de bloques al azar, se realizó un análisis de varianza a fin de comprobar variaciones entre los resultados obtenidos y posteriormente se aplicó una prueba de rangos múltiples o diferencia mínima significativa DMS mediante el cual, habiendo comportamientos estadísticamente diferentes entre el número de repeticiones o tratamientos, se denoto con un ámbito “A” a aquellos valores que estuvieron dentro del rango de DMS según el mejor comportamiento en base a la eficiencia, asignándole un ámbito “B” como segundo mejor comportamiento aquellos tratamientos con un valor mayor al de las DMS, y así sucesivamente hasta asignarle el ámbito a todos los tratamientos.

Es un diseño sencillo que se origina por la asignación aleatoria de tratamientos a un conjunto de unidades experimentales previamente determinado. La mínima diferencia significativa se determinó para ver si hubo diferencias entre los tres (3) tratamientos y las repeticiones de cada muestras, una diferencia mayor a éste valor es un indicativo de que existen diferencias estadísticas entre los resultados, que pueden ser entre los tratamientos, las repeticiones o en ambos de los casos. En lo que respecta al ámbito se muestra de qué magnitud es dicha diferencia, letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes. Este diseño se realizó para una probabilidad menor o igual a 0,05 ( $p \leq 0,05$ ).

Todo esto con la finalidad de determinar si es posible la aplicación de los detergentes desarrollados dentro de las formulaciones de fluidos de perforación lignosulfonatos.

## **3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.5.1 Técnicas de recolección de datos**

Para la ejecución de este proyecto se realizó una revisión y recopilación del material bibliográfico requerido para el desarrollo del tema en estudio, como trabajos de grado, publicaciones, internet, manuales de fluidos de perforación, observación directa e indirecta, entre otros.

### **3.5.2 Instrumentos**

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizó para el desarrollo de este proyecto abarcó todo lo necesario para almacenar o registrar la información obtenida, entre estos principalmente computadora portátil, se utilizó el ambiente Windows con los diversos paquetes, libreta para anota, lapiceros, pendrive, entre otros.

## **3.6 RECURSOS**

### **3.6.1 Recursos humanos**

Se contó con la asesoría académica de profesores de la Universidad de Oriente Núcleo Monagas.

### **3.6.2 Recursos materiales**

Para la ejecución de esta investigación se utilizaron los equipos del laboratorio de perforación de la Escuela de Ingeniería de Petróleo de la Universidad de Oriente como: viscosímetro (tipo Fann 35), multimezcladores con velocidad controlable,

balanzas, filtro prensa API, pH-metro, horno de rolado, celdas de rolado; entre otros recursos materiales que se utilizaron como: libretas, computadoras, cámara fotográfica, carpetas, papel, lápices, libros, entre otros.

### **3.6.3 Recursos financieros**

Esta investigación representó gastos económicos asumidos totalmente por los investigadores de dicho trabajo.



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El análisis y discusión de los resultados fue estructurado en función del cumplimiento de los objetivos específicos establecidos en este estudio.

#### 4.1 FORMULACIÓN DE DETERGENTES LÍQUIDOS A BASE DE ACEITES NATURALES

Inicialmente se partió del proceso de transesterificación para la obtención de glicerina de palma aceitera y soya; tomando en cuenta que:

- De 1 litro aceite de palma se obtuvo 80ml de glicerina.
- De 1 litro aceite de soya se obtuvo 70ml de glicerina.

**Tabla 4.1 Cantidad de glicerina obtenida mediante el proceso de transesterificación**

| Producto        | Cantidad | Glicerina   | Total |
|-----------------|----------|-------------|-------|
| Aceite de palma | 3 litros | 80 ml/litro | 240ml |
| Aceite de soya  | 3 litros | 70 ml/litro | 210ml |

En la tabla 4.1 se observó una mayor obtención de glicerina de palma aceitera en lo que respecta a la de glicerina de soya, esto se debe a su alto contenido de ácidos grasos saturados, compuesto principalmente por ácido palmítico y oleico, hasta en un 50%, lo que permitió una mayor adquisición de dicho producto.

Una vez obtenida la glicerina derivada del aceite de palma y aceite de soya a través del proceso de transesterificación, se procedió al desarrollo de dos (2) detergentes líquidos mediante el proceso de saponificación.

**Tabla 4.2 Productos y función para la obtención de detergentes a base de glicerina de palma aceitera y glicerina de soya mediante el proceso de saponificación**

| Producto           | Función           |
|--------------------|-------------------|
| Glicerina de palma | Ácido graso       |
| KOH al 30%         | Solución alcalina |
| Etanol             | Acelerador        |
| Agua destilada     | Diluyente         |

**Tabla 4.3 Cantidad de detergentes a base de glicerina de palma aceitera y glicerina de soya mediante el proceso de saponificación**

| Glicerina      | Total    |
|----------------|----------|
| Palma aceitera | 540 ml   |
| Soya           | 472,5 ml |

Las tablas 4.2 y 4.3, exhiben los productos y las funciones utilizados para el desarrollo de detergentes a base de glicerina de palma aceitera y glicerina de soya. La elaboración de estos detergentes se basó principalmente en una reacción química que consistió en mezclar un ácido graso (compuesto principalmente por aceites vegetales), con una solución alcalina (hecha a partir de una mezcla de agua y un álcali “hidróxido de potasio”), obteniendo como producto final el detergente.

Posteriormente se llevaron a cabo las dos (2) formulaciones restantes mediante un proceso artesanal.

**Tabla 4.4 Productos y función para la obtención de detergentes a base de aceite de palma aceitera y aceite de soya mediante el proceso artesanal**

| <b>Producto</b>        | <b>Función</b>    |
|------------------------|-------------------|
| <b>Aceite de palma</b> | Ácido graso       |
| <b>Potasa</b>          | Solución alcalina |
| <b>Agua destilada</b>  | Fase continua     |
| <b>Sal</b>             | Catalizador       |

**Tabla 4.5 Cantidad de detergente de detergentes a base de aceite de palma aceitera y aceite de soya mediante el proceso artesanal**

| <b>Aceite</b>         | <b>Total</b> |
|-----------------------|--------------|
| <b>Palma aceitera</b> | 1075 ml      |
| <b>Soya</b>           | 1075 ml      |

La tabla 4.5 muestra en cantidades totalizadas el volumen de los detergentes obtenidos a través del proceso artesanal, se puede decir que el desarrollo de estos detergentes consistió prácticamente en un proceso de saponificación en lo que respecta a su formulación, éste proceso consiste en la mezcla de un ácido graso con una solución alcalina, (Encarta, 1999), la diferencia entre un proceso y otro es que los productos que se utilizaron para el desarrollo de detergentes artesanal son de uso común, exceptuando la potasa cáustica, están compuestos principalmente por agua, su agitación es mayor y tuvo un tiempo de reposo de 15 días.

#### **4.1.2 Característica físicas- químicas de los detergentes**

Después de haber desarrollados los detergentes, se procedió a determinarle las propiedades físicas y químicas como: color, apariencia, gravedad específica, pH,

solubilidad en agua y punto de ebullición, para verificar si cumple con las especificaciones, se compararon los detergentes obtenidos con un detergente comercial que actualmente es utilizado en la industria petrolera. (Ver apéndice “A”)

De acuerdo con la caracterización de los detergentes con respecto a sus propiedades, se obtuvieron los siguientes resultados de las muestras estudiadas.

**Tabla 4.6 Características físicas y químicas de los detergentes**

| Propiedades                          | Comercial      | Glicerina de palma   | Glicerina de soya    | Artesanal de palma | Artesanal de soya |
|--------------------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| <b>Color</b>                         | Verde          | Marrón oscuro        | Ámbar                | Blanco ostra       | Blancuzco         |
| <b>Apariencia</b>                    | Líquido        | Líquido              | Líquido              | Líquido viscoso    | Líquido viscoso   |
| <b>pH(1%solución)</b>                | 8,2            | 11,46                | 11,30                | 11,52              | 11,64             |
| <b>Punto de ebullición</b>           | 99°C/<br>210°F | > 150 °C/<br>>302 °F | > 150 °C/<br>>302 °F | 87°C/189°F         | 84°C/183°F        |
| <b>Solubilidad en agua</b>           | Soluble        | Soluble              | Soluble              | Soluble            | Soluble           |
| <b>Gravedad específica (T=22 °C)</b> | 1,01-1,02      | 1,09                 | 1,08                 | 0,98               | 1,00              |

Los resultados obtenidos una vez de haber caracterizado cada detergente, muestran que las propiedades que presentaron cambios fueron el pH y el punto de ebullición.

Los detergentes a base de glicerina de palma, glicerina de soya, artesanal de palma y artesanal de soya, presentaron un pH en 1% de solución de agua mayor con respecto al detergente comercial, valores descrito en la tabla 4.6, cabe destacar que

éstos no afecta al fluido de perforación lignosulfonato debido que dicho fluido está compuesto por aditivos como el lignito puro y el lignosulfonato que disminuye el pH de forma significativa, comportamiento típico de estos productos a causa su bajo pH con un rango de 2,8 – 5, (SAMÁN. 2010), el uso de estos detergentes serán favorables debido a que minimizan la cantidad de potasa cáustica como agente alcalinizante, logrando así mantener los rangos preestablecido para dicho fluido

En lo que respecta al punto de ebullición, se observó que los detergentes a base de glicerina de palma y de soya, presentaron un punto de ebullición mayor a 150°C, con respecto a los demás detergentes, esto se debe a que los ácidos grasos que la componen son de cadenas hidrocarbonadas con grupos carboxilo (COOH) en el extremo de la cadena lineal, que pueden ser saturados o insaturados y por su alto peso molecular.

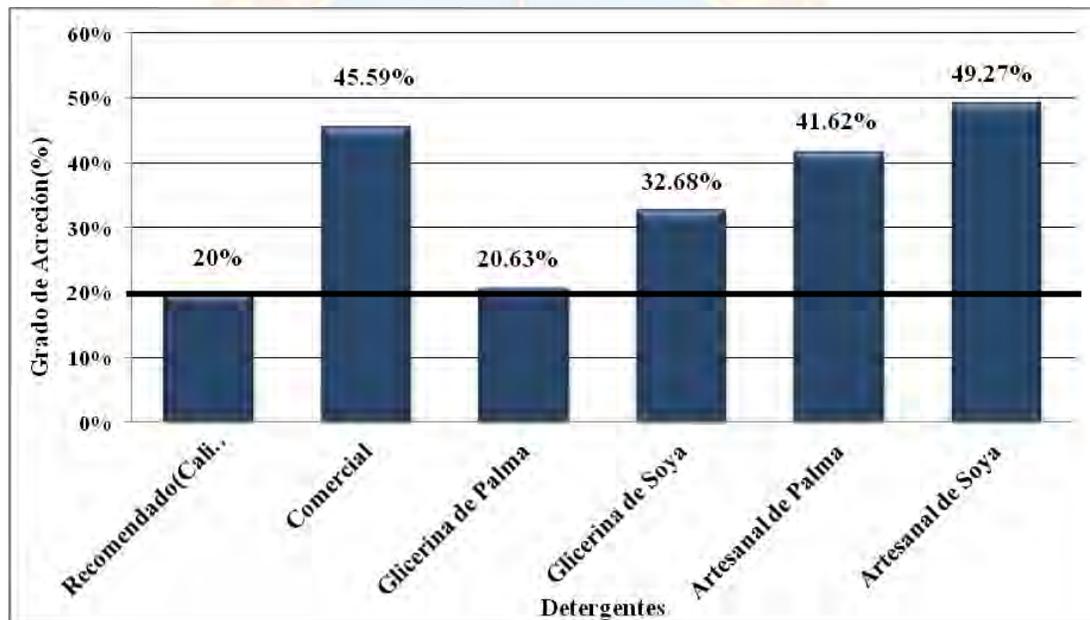
A fin de realizar el análisis de los sistemas en estudio con respecto a las características físicas – químicas de los detergentes desarrollados y una vez comparados con el detergente comercial, se pudo demostrar que cumplen con los rangos de especificaciones, debido a que no presentaron diferencias relevantes entre las propiedades de un detergente y otro, pero si ventajosas, es decir, las característica de los detergentes desarrollados son apropiados para ser usados como aditivos en fluidos de perforación base agua.

#### **4.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS DETERGENTES DESARROLLADOS MEDIANTE PRUEBAS DE ACRECIÓN PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA**

Una vez desarrollados y caracterizados los detergentes se procedió a la formulación de cuatros (4) fluidos de perforación lignosulfonato, con el fin de someterlos a pruebas de calidad.

Las pruebas de laboratorio para este objetivo fueron creadas específicamente para tratar la acreción de arcilla hacia la sarta de perforación. A través de la prueba de envejecimiento realizada a nivel de laboratorio fueron simuladas o representadas las condiciones del Campo, con la finalidad de encontrar el detergente que lograra disminuir la acreción al máximo.

En el apéndice “C” se muestran de forma detallada, los pesos iniciales y finales de las barras, las diferencias, la acreción y el porcentaje de acreción.



**Gráfica 4.1 Porcentaje de acreción obtenidos mediante la variación de detergentes**

La gráfica 4.1 muestra los distintos porcentajes obtenidos después de haber sido sometidos los detergentes a pruebas de calidad basada en el estudio del grado de acreción, con el fin de ser utilizados como aditivo antiembolante en sistema de fluidos lignosulfonatos usando la misma concentración de 0,50 ml de detergente por cada barril de fluido preparado. Las concentraciones se mantuvieron fijas dado que la escogencia es con respecto a los detergentes formulados más no a su variación de

concentración, permitiendo elegir los que más se acercaran al valor recomendado establecido por la prueba de calidad.

A fin de seleccionar los detergentes que mejor cumplieran con la disminución de acreción se compararon los distintos resultados, observándose cambios considerables entre la aplicación de un detergente y otro. Un análisis de los porcentajes de acreción permitió seleccionar como mejor aditivo antiembolante el detergente a base de glicerina de palma, debido a su alto contenido de ácidos grasos saturados, arrojando un porcentaje de acreción de 20,63%, siendo éste, el que más se acercó al valor establecido en las pruebas de calidad 20% de acreción. Por otro lado, se observó que el segundo mejor comportamiento fue presentado por detergente de glicerina de soya con un 32,68% de acreción.

Estos detergentes cumplieron con su objetivo de disminuir y controlar la presencia de arcillas reactivas, lo que hace eficiente su aplicación como aditivo antiembolante para fluidos de perforación base agua, debido a que los porcentajes de acreción de los detergentes de glicerina de soya y glicerina de palma están por encima del porcentaje recomendado pero por debajo del porcentaje del detergente comercial 45,59%, los detergentes artesanal de palma y artesanal de soya presentaron un porcentaje de acreción de 41,62% y 49,27% respectivamente, lo cual fueron descartados debido a que no presentaron un comportamiento similar al valor recomendado, establecido por la prueba de calidad.

A continuación se muestra en la figura 4.1 los resultados obtenidos al realizar la prueba de envejecimiento, el uso de estos detergentes como aditivos anti acreción minimiza la adherencia de arcilla a la superficie de la barra con respecto al detergente usado en las industrias petroleras por las empresas de servicios, donde queda evidenciado que el mejor comportamiento fue presentado por el detergente a base de glicerina de palma aceitera.



**Figura 4.1 Barras de acero luego de ser sometida con las muestras de fluido lignosulfonato en el horno de envejecimiento**

### **4.3 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS DETERGENTES DESARROLLADOS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SISTEMAS DE FLUIDO LIGNOSULFONATOS**

Una vez obtenidos los resultados de las pruebas reológicas y de las pruebas químicas de los fluidos de perforación con cada uno de los detergentes, tanto comercial como los desarrollados, se procedió a hacer el respectivo análisis de cada propiedad las cuales se describen a continuación.

Los resultados obtenidos una vez realizadas las pruebas físicas y químicas se muestran en el apéndice “D”.

Lectura de 600 RPM, lectura de 300 RPM, lectura de 200 RPM, lectura de 100 RPM, lectura de 6 RPM, lectura de 3 RP, viscosidad plástica y punto cedente,

presentaron comportamientos similares con respecto sus propiedades, por tal razón el análisis se realizó únicamente a la viscosidad plástica.

- **Viscosidad plástica**

**Tabla 4.7 Viscosidad plástica para cada muestra de fluido formulado con diferentes detergentes**

| Detergentes        | Repeticiones (cPs) |    |     |
|--------------------|--------------------|----|-----|
|                    | I                  | II | III |
| Comercial          | 4                  | 4  | 4   |
| Glicerina de palma | 4                  | 4  | 4   |
| Glicerina de soya  | 4                  | 4  | 4   |

Los resultados obtenidos una vez realizada la prueba no evidenció variaciones en los valores de esta propiedad, concluyendo que los detergentes desarrollados a base de glicerina de palma y glicerina de soya, pueden ser usados en fluidos lignosulfonato como aditivos antiembolante, garantizando así un óptimo desempeño en las actividades. El conocimiento de dicha información durante el proceso de perforación, permite el cumplimiento de las funciones de los fluidos de perforación debido a que esta propiedad estudia la resistencia que ofrece el fluido a ser bombeado o a fluir, (CIED, 2002, p.3), permitiendo de alguna manera la estabilidad del hoyo.

- **Geles de 10 segundos**

**Tabla 4.8 Esfuerzo gel a los 10 segundos para cada muestra de fluido formulado con diferentes detergentes**

| Detergentes        | Repeticiones (lb/100pie <sup>2</sup> ) |    |     |
|--------------------|----------------------------------------|----|-----|
|                    | I                                      | II | III |
| Comercial          | 1                                      | 1  | 2   |
| Glicerina de palma | 2                                      | 2  | 2   |
| Glicerina de soya  | 2                                      | 2  | 2   |

Los geles de un sistema de fluidos de perforación se destacan como otra propiedad de elevada importancia. La tabla 4.9 muestra los valores de esfuerzo de gel usando como aditivo antiembolante los detergentes a base de glicerina de palma y de soya, posteriormente se compararon con el rango establecido por la aplicación de un detergente comercial, arrojando éste como resultados valores tixotrópicos menores con respecto a los valores de las muestras usando los detergentes desarrollados, lo cual es satisfactorio debido a que éstos lograron desarrollar condiciones de plasticidad y al ser puesto en movimiento adquirieron nuevamente fluidez, permitiendo un buen desempeño en su función. (CIED, 2002, p.3).

- **Geles 10 minutos**

**Tabla 4.9 Esfuerzo de gel a 10 minutos para cada muestra de fluido formulado con diferentes detergentes**

| Detergentes               | Repeticiones (lb/100pie <sup>2</sup> ) |    |     |
|---------------------------|----------------------------------------|----|-----|
|                           | I                                      | II | III |
| <b>Comercial</b>          | 2                                      | 2  | 2   |
| <b>Glicerina de palma</b> | 3                                      | 3  | 3   |
| <b>Glicerina de soya</b>  | 3                                      | 2  | 3   |

Al realizar la comparación de los geles a 10 minutos se observó que el detergente que mostró un mejor comportamiento fue el de glicerina de palma, al tener un promedio en todas sus repeticiones de 3 lb/100pie<sup>2</sup>, seguidamente de éste estuvo el detergente formulado con glicerina de soya, el cual obtuvo un promedio de 2,67 lb/100pie<sup>2</sup>. Observándose que la variación de los geles en los cuales fueron utilizados como aditivos los detergentes a base de glicerina de palma y glicerina de soya no es relevante lo que es un indicativo de que ésta propiedad no se altera con el uso de estos productos lo que permitirá su aplicabilidad, por otro lado el resultado arrojado por el detergente comercial es mucho más bajo, que obtuvo un promedio de 2 lb/100pie<sup>2</sup>.

- Geles 30 minutos

**Tabla 4.10 Esfuerzo gel a los 30 minutos para cada muestra de fluido formulado con diferentes detergentes**

| Detergentes        | Repeticiones (lb/100pie <sup>2</sup> ) |    |     |
|--------------------|----------------------------------------|----|-----|
|                    | I                                      | II | III |
| Comercial          | 3                                      | 3  | 3   |
| Glicerina de palma | 4                                      | 4  | 4   |
| Glicerina de soya  | 3                                      | 4  | 4   |

Una vez más al realizar el estudio detallado de la tixotropía de los fluidos a 30 minutos se puede observar que el fluido de perforación en el cual se uso como aditivo el detergente a base de glicerina de palma aceitera resulto siendo el más ventajoso, representada por la cualidad o condición tixotrópica de 4 lb/100pie<sup>2</sup> en todas sus repeticiones, seguidos del fluido de perforación con detergente a base de glicerina de soya, que obtuvo un 3,67 lb/100pie<sup>2</sup>, nuevamente el resultado del detergente comercial se vio desplazado por los detergentes de palma y de soya , esta vez con un resultado de 3,00 lb/100pie<sup>2</sup>. Esta propiedad es importante debido a que permite mantener los sólidos en suspensión durante los viajes de tuberías, como también contribuirá a minimizar el asentamiento de los sólidos en los equipos de superficie.

Concluyendo que para esta propiedad el mejor comportamiento fue presentado por el fluido de perforación usando aditivo antiembolante el detergente a base de glicerina de palma, debido a que desarrollo mejor comportamiento tixotrópico en cuanto a su plasticidad y fluidez permitiendo un mejor acarreo de las partículas solidas desde el fondo del pozo hasta la superficie, esto es conocido como resistencia o fuerza de gel que es una medida de la atracción física y electroquímica bajo condiciones estáticas. (CIED, 2002, p.3).

- Pruebas químicas

**Tabla 4.11 Alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína (P<sub>M</sub>)**

| Detergentes        | Repeticiones (ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) |     |     |
|--------------------|------------------------------------------------------|-----|-----|
|                    | I                                                    | II  | III |
| Comercial          | 0,5                                                  | 0,4 | 0,5 |
| Glicerina de palma | 0,4                                                  | 0,4 | 0,3 |
| Glicerina de soya  | 0,5                                                  | 0,4 | 0,4 |

Es importante mencionar que mediante las pruebas de alcalinidad se pudo determinar la capacidad que tuvo el fluido para neutralizar componentes ácidos o contaminantes. La tabla 4.11 de P<sub>M</sub>, detalla que los valores obtenidos para esta propiedad esta relacionada estrechamente al grado de alcalinidad presentado por cada tratamiento, siendo este valor de 9,5. Esta propiedad dependió del grado de acidez debido a que no existió presencia de carbonatos y bicarbonatos en el sistema, por esta razón el causante de los valores medidos para cada muestra en lo que respecta a la alcalinidad de fluido y la alcalinidad del filtrado (P<sub>F</sub> y M<sub>F</sub>) es la potasa cáustica.

Observándose que el fluido de perforación usando como aditivo antiembolante el detergente comercial requirió de 0,47 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 0,02 N, para llevarlo a un pH de 8,3, por otro lado los fluidos de perforación usando como aditivo antiembolante los detergente a base de glicerina de palma y soya requirieron menos volumen de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 0,02 N, resultando éstos ventajoso debido a que utilizando menos cantidad de reactivo, se reducen los costos de adquisición.

En lo que respecta a la alcalinidad de filtrado a la fenolftaleína y al naranjo de metilo presentaron un comportamiento similar debido a que los resultados fueron

muy próximos entre sí, trayendo como consecuencia que los valores tomados fue a causa del grado de acidez. (Ver apéndice “D”).

#### **4.3.1 Comparación de las diferencias entre las propiedades físicas y químicas obtenidas para cada formulación a través de análisis estadístico**

Las tablas de resultados que muestran los totales, promedios, el grado de libertad y la suma de cuadrados, así como también las gráficas de todas las propiedades se encuentran en el Apéndice “E”.

- **Viscosidad plástica**

Para esta propiedad no aplico análisis de varianza debido a que no presentaron diferencias entre los tratamientos, ni en las repeticiones, llegando a la conclusión que los detergentes desarrollados a base de glicerina de palma y glicerina de soya tuvieron un comportamiento igual al detergente comercial, lo cual les permiten ser usados en las formulaciones de fluidos de perforación base agua como aditivos anti acreción sin alterar ningunas de estas propiedades.

**Tabla 4.12 Promedios para la viscosidad plástica (cPs)**

| <b>N°</b> | <b>Tratamientos</b>  | <b>Promedio</b> |
|-----------|----------------------|-----------------|
| <b>1</b>  | <b>Detergente C</b>  | 4               |
| <b>2</b>  | <b>Detergente GP</b> | 4               |
| <b>3</b>  | <b>Detergente GS</b> | 4               |

- **Geles 10 segundos**

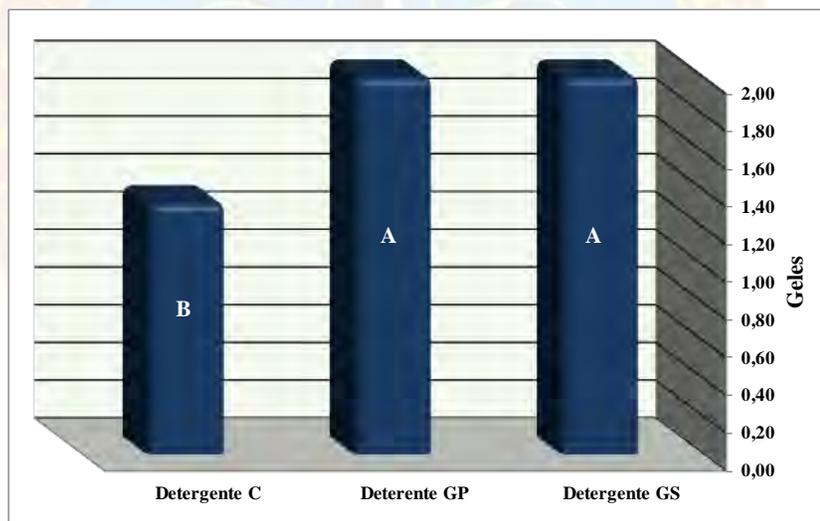
En la tabla 4.15 y en la gráfica 4.2 se evidencia que aunque arrojaron resultados diferentes, esta propiedad no presentó diferencias estadísticas entre el detergente

comercial y los detergentes desarrollados, debido a que no existió una DMS entre los tratamientos y repeticiones mayor a 0,76, es decir, dichos detergentes no afectaron el comportamiento de esta propiedad, dando resultados satisfactorios.

**Tabla 4.13 Promedios para los geles de 10 segundos (lbs/100pie<sup>2</sup>)**

| N° | Tratamientos  | Promedio | Ámbito |
|----|---------------|----------|--------|
| 1  | Detergente C  | 1,33     | A      |
| 2  | Detergente GP | 2,00     | A      |
| 3  | Detergente GS | 2,00     | A      |

### GELES 10 SEGUNDOS



**Gráfica 4.2 Esfuerzo de gel a 10 segundos (lbs/100pie<sup>2</sup>)**

**DMS= 0,76**

- **Geles de 10 minutos**

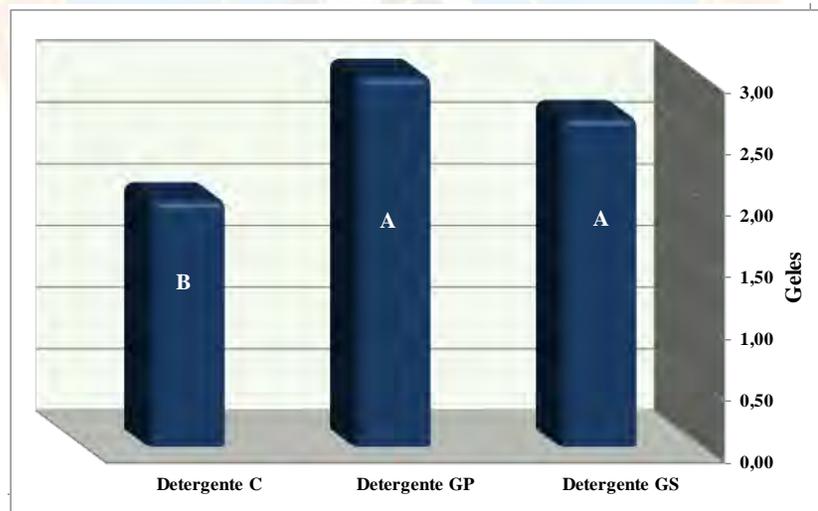
En los geles de 10 minutos existe diferencia estadísticas entre los tratamientos, como se muestra en la tabla 4.16 con un valor de DMS entre el tratamiento

correspondiente al detergente comercial y a el tratamiento a base de glicerina de palma mayor a 0,76, en este caso se tomó como referencia al detergente a base de glicerina de palma, siendo éste el que obtuvo un mejor comportamiento en lo que respecta a condición tixotrópica de 3 lbs/100pie<sup>2</sup> y el segundo mejor comportamiento fue presentado por el fluido de perforación usando como aditivo antiembolante el detergente a base de glicerina de soya con un valor promedio de geles de 2,67 lb/100pie<sup>2</sup>. (Ver gráfica 4.3).

**Tabla 4.14 Promedios para los geles de 10 minutos (lbs/100pie<sup>2</sup>)**

| N° | Tratamientos  | Promedio | Ámbito |
|----|---------------|----------|--------|
| 1  | Detergente C  | 2,00     | B      |
| 2  | Detergente GP | 3,00     | A      |
| 3  | Detergente GS | 2,67     | A      |

**GELES 10 MINUTOS**



**Gráfica 4.3 Esfuerzo de gel a 10 minutos (lbs/100pie<sup>2</sup>)**

**DMS= 0,76**

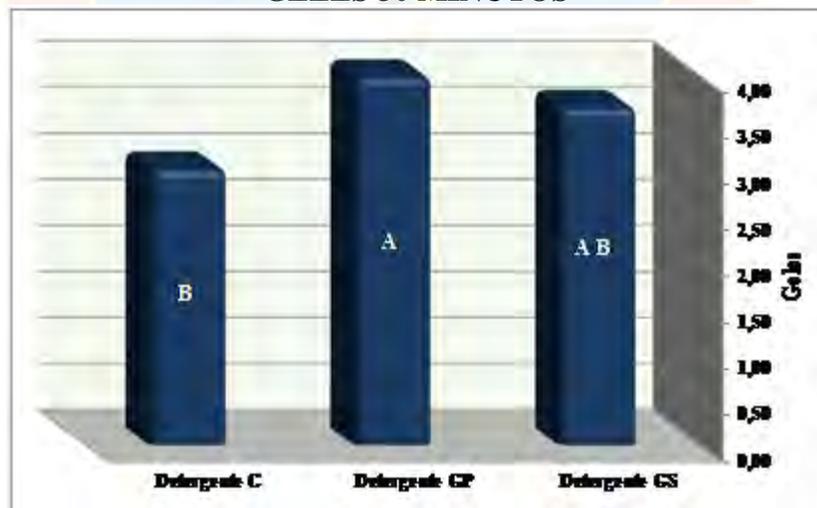
- **Geles de 30 minutos**

Al realizar el análisis de varianza se observó que el detergente a base de glicerina de soya presentó un comportamiento estadístico similar tanto al detergente comercial como al detergente a base de glicerina de soya, esto debido a que la diferencia mínima significativa no es mayor a 0,76 para cada uno de los casos. Por otro lado el fluido de perforación usando como aditivo antiembolante el detergente a base de glicerina de palma presentó una mejor capacidad tixotrópica de 4 lbs/100pie<sup>2</sup> (Valores descritos en la tabla 4.15).

**Tabla 4.15 Promedios para los geles de 30 minutos**

| N° | Tratamientos  | Promedio | Ámbito |
|----|---------------|----------|--------|
| 1  | Detergente C  | 3,00     | B      |
| 2  | Detergente GP | 4,00     | A      |
| 3  | Detergente GS | 3,67     | AB     |

**GELES 30 MINUTOS**



**Gráfica 4.4 Esfuerzo de gel a 30 minutos**

DMS= 0,76

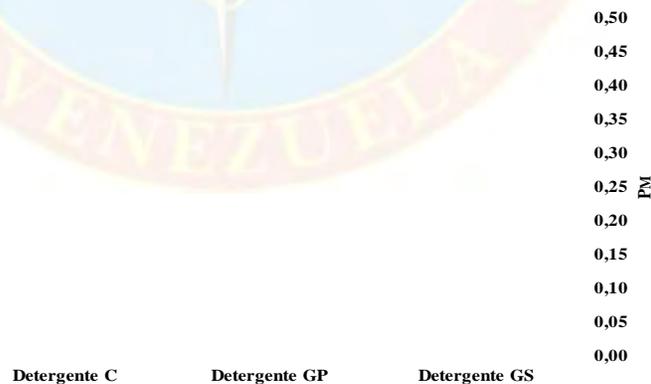
- **Alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína ( $P_M$ )**

Esta propiedad no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos y las repeticiones para cada una de las muestras, como se muestra en la tabla 4.18, y la gráfica 4.5, debido a que los valores fueron muy próximos entre sí y no existió DMS mayor a 0,15, lo que asegura la estabilidad del fluido en lo que respecta a esta propiedad. En lo que respecta a la alcalinidad del filtrado a la fenolftaleína y al naranjo de metilo presentaron un mismo comportamiento. (Ver apéndice “G” y “F”)

**Tabla 4.16 Promedios para la alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína ( $P_M$ )**

| N° | Tratamientos  | Promedio | Ámbito |
|----|---------------|----------|--------|
| 1  | Detergente C  | 0,47     | A      |
| 2  | Detergente GP | 0,37     | A      |
| 3  | Detergente GS | 0,43     | A      |

**ALCALINIDAD DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN ( $P_M$ )**



**Gráfica 4.5 Alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína ( $P_M$ )**

DMS= 0,15

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

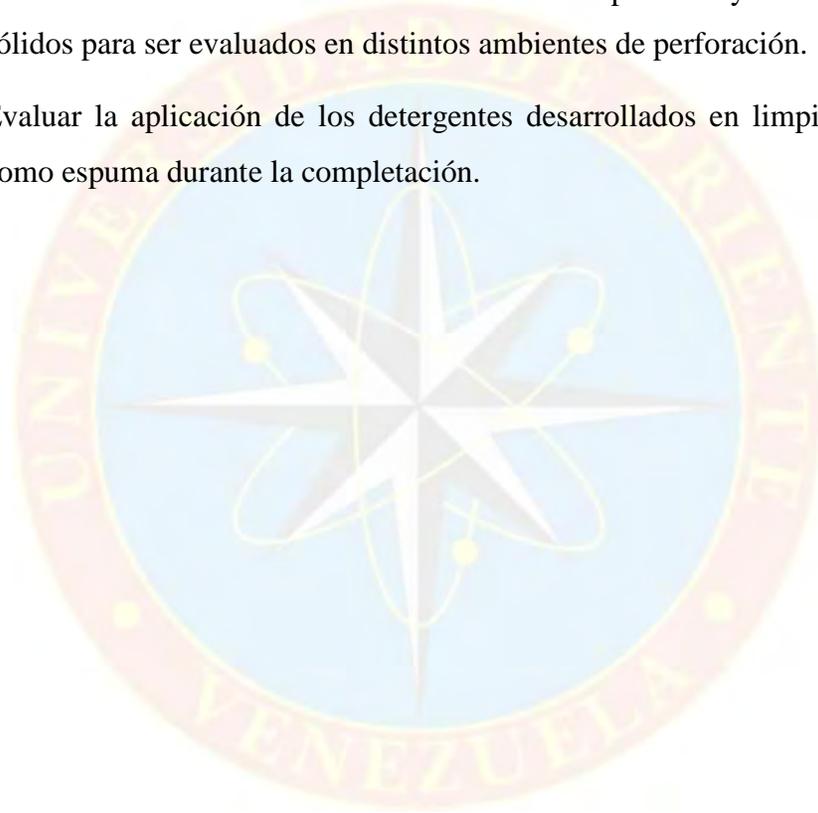
#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Los detergentes formulados a base de glicerina presentaron mejores comportamientos en comparación a los elaborados mediante procesos artesanales, por su alto contenido de ácidos grasos saturados e insaturados.
- La reducción del porcentaje de acreción con respecto al uso del detergente comercial conlleva a mejoras operacionales, siendo el detergente a base de glicerina de palma el que presentó mejor comportamiento en comparación al utilizado actualmente en la industria petrolera.
- Es posible la aplicación de aceites naturales en la formulación de fluidos lignosulfonatos como aditivos antiacreción.
- El uso de los detergentes desarrollados como aditivos antiembolante no alteran las propiedades reológicas del fluido de perforación, lo cual permite su aplicabilidad en la industria.
- Al realizar análisis estadístico a cada una de las muestras y al compararlas con el detergente comercial, en su mayoría éstas no presentaron diferencias significativas entre sus propiedades físicas y químicas.

#### **5.2 RECOMENDACIONES**

- Formular detergentes a base de otra materia prima nacional como; aceite de granola, maíz, girasol, grasa animal, entre otros, con el propósito de disminuir los costos de importación.

- Implementar en el campo los detergentes desarrollados como aditivos antiembolante con la finalidad de verificar los resultados que se obtuvieron en el laboratorio.
- Realizar estudios para determinar la toxicidad de los detergentes desarrollados a base de aceites naturales para comprobar su aplicabilidad.
- Evaluar el efecto sobre la variación de la temperatura y contaminación por sólidos para ser evaluados en distintos ambientes de perforación.
- Evaluar la aplicación de los detergentes desarrollados en limpiezas de pozos como espuma durante la completación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, G. (2010). “Formulación de fluidos 100% aceites naturales de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) y soya (*Glycine max*) para fase intermedia 12 ¼ pulgadas”. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Monagas.
- ALEMÁN, R. (2010). “Elaboración de un jabón artesanal tipo cosmético en base a la grasa animal y aceite de semilla de palma coroba (*Attalea macrolepis*)”. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Anzoátegui.
- MI-SWACO. (2001), Fluidos de Perforación. Houston Texas. USA.
- INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO. (2001). Manual de procedimientos Estándar para la evaluación de fluidos de perforación base agua, Norma API 13-B1.
- CENTRO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN Y DESARROLLO (CIED) (2001). Manual de fluidos de perforación. Venezuela.
- CENTRO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN Y DESARROLLO (CIED) (2002). Manual de fluidos de perforación. Venezuela.
- BAROID. (1997). Manual de Fluidos de Perforación. Houston Texas. USA.
- PRIETO, A. (2007), Tecnología de los fluidos de perforación. Venezuela.
- MI-SWACO. (2004), Hoja técnica de detergente, Houston Texas. USA.

GARCÍA, D. Y OTROS. (2011). *Propiedades físicas y químicas de los aceites naturales*. [Libro en línea]. Consultado el 13 de septiembre de 2011 en: [www.gustavheess.com/pdf/1101seg.pdf](http://www.gustavheess.com/pdf/1101seg.pdf).

WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE. (2011). [Página web en línea]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite\\_de\\_palma](http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_de_palma).

ACUPALNA, (2009). Cultivo de aceite de palma en Venezuela. Consultado el 14 de septiembre de 2011 en <http://www.acupalma.org.ve>.

SYLVESTER, I. (2008). Aceite de soya en Venezuela. Consultado el 14 de septiembre de 2011 en <http://www.monografias.com>.

ENCARTA. (1999). Proceso de transesterificación.

PEMEX. (2001). Proceso químico de transesterificación. Consultado el 14 de septiembre de 2011 en <http://www.ref.pemex.com/octanaje/o62/frm.htm>.

ENCARTA. (1999). Proceso de saponificación.

DESIDERIO ZERIAL, S.A., (2012). Consultado el 13 de septiembre de 2011 en <http://www.ar.all.biz/g87865/>

GUZMÁN, R. (2011). "*Estudio del sistema de fluidos hypr-tartm como alternativa para disminución de la acreción de crudo e hinchamiento de arcillas en pozos del campo morichal*". Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Monagas.

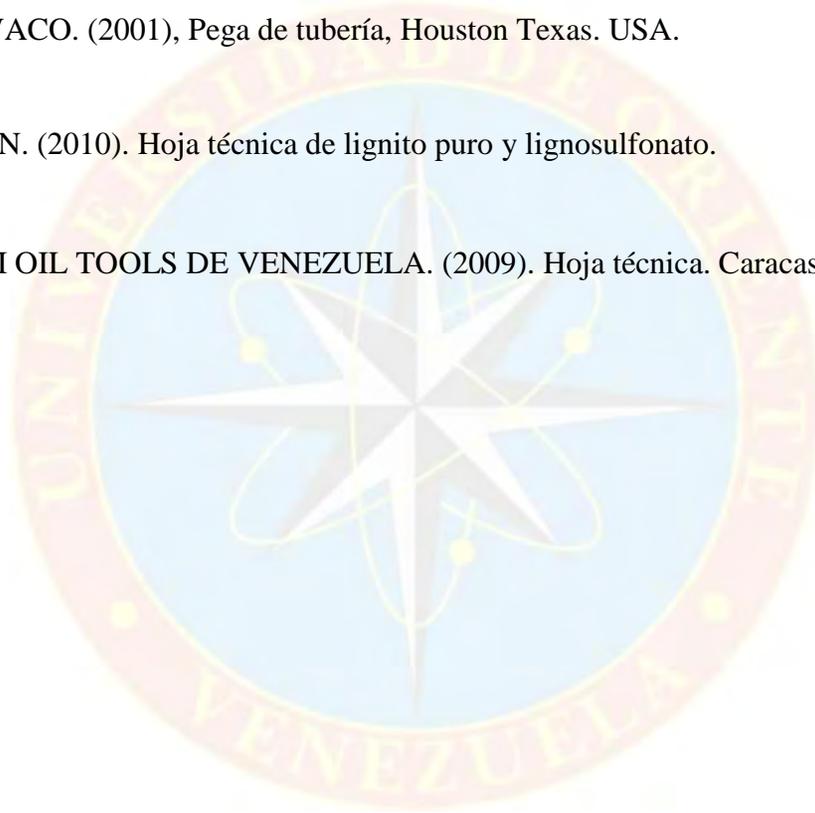
WordReference.com. (2012). [Página web en línea]. Disponible en <http://www.wordreference.com/definicion/glicerina>

ARIAS, F. (2005). El proyecto de investigación. (5<sup>a</sup> ed.). Caracas: Espítome.

MI-SWACO. (2001), Pega de tubería, Houston Texas. USA.

SAMAN. (2010). Hoja técnica de lignito puro y lignosulfonato.

SCOMI OIL TOOLS DE VENEZUELA. (2009). Hoja técnica. Caracas – Venezuela.





**APÉNDICES**



**APÉNDICE A**

**RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE  
LOS DETERGENTES DESARROLLADOS**

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS DETERGENTES DESARROLLADOS

- pH en 1% de solución

**Tabla A.1 Resultados obtenidos una vez determinado el pH en 1% de solución de los detergentes desarrollados**

| Detergentes        | Repeticiones |       |       | Promedio     |
|--------------------|--------------|-------|-------|--------------|
| Glicerina de palma | 11,45        | 11,47 | 11,46 | <b>11,46</b> |
| Glicerina de soya  | 11,26        | 11,32 | 11,31 | <b>11,30</b> |
| Artesanal de palma | 11,55        | 11,49 | 11,52 | <b>11,52</b> |
| Artesanal de soya  | 11,62        | 11,67 | 11,63 | <b>11,64</b> |

- Punto de ebullición

**Tabla A.2 Resultados obtenidos una vez determinado el punto de ebullición de los detergentes desarrollados**

| Detergentes        | Repeticiones |          |          | Promedio     |
|--------------------|--------------|----------|----------|--------------|
| Glicerina de palma | > 150 °C     | > 150 °C | > 150 °C | > 150 °C     |
| Glicerina de soya  | > 150 °C     | > 150 °C | > 150 °C | > 150 °C     |
| Artesanal de palma | 88 °C        | 85 °C    | 87 °C    | <b>87 °C</b> |
| Artesanal de soya  | 81 °C        | 84 °C    | 86 °C    | <b>84 °C</b> |

- **Densidad**

**Tabla A.3 Resultados obtenidos una vez calculado la densidad del detergente a base de glicerina de palma**

| <b>Picnómetro lleno</b> | <b>Picnómetro vacío</b> | <b>Volumen del picnómetro (pic-867)</b> | <b>Gravedad específica (g/ml)</b> | <b>Densidad</b> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| 98,4803 g               | 43,8654 g               | 49,9477 ml                              | 1,0934417                         | <b>1,09</b>     |
| 98,4800 g               | 43,8567 g               | 49,9477 ml                              | 1,0936099                         | <b>1,09</b>     |
| 98,4789 g               | 43,8711 g               | 49,9477 ml                              | 1,0932996                         | <b>1,09</b>     |
| <b>Promedio</b>         |                         |                                         |                                   | <b>1,09</b>     |

**Tabla A.4 Resultados obtenidos una vez calculado la densidad del detergente a base de glicerina de soya**

| <b>Picnómetro lleno</b> | <b>Picnómetro vacío</b> | <b>Volumen del picnómetro (pic-866)</b> | <b>Gravedad específica (g/ml)</b> | <b>Densidad</b> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| 98,4113 g               | 43,6609 g               | 50,5791 ml                              | 1,0824708                         | <b>1,08</b>     |
| 98,4110 g               | 43,6602g                | 50,5791 ml                              | 1,0824787                         | <b>1,08</b>     |
| 98,4210 g               | 43,6567 g               | 50,5791 ml                              | 1,0827456                         | <b>1,08</b>     |
| <b>Promedio</b>         |                         |                                         |                                   | <b>1,08</b>     |

**Tabla A.5 Resultados obtenidos una vez calculado la densidad del detergente artesanal de palma**

| Picnómetro lleno | Picnómetro vacío | Volumen del picnómetro (pic-49354) | Gravedad específica (g/ml) | Densidad    |
|------------------|------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------|
| 86,5191 g        | 37,4282 g        | 50,0850 ml                         | 0,9801637                  | <b>0,98</b> |
| 86,5185 g        | 37,4276 g        | 50,0850 ml                         | 0,9801517                  | <b>0,98</b> |
| 86,5198 g        | 37, 4285 g       | 50,0850 ml                         | 0,9851597                  | <b>0,98</b> |
| <b>Promedio</b>  |                  |                                    |                            | <b>0,98</b> |

**Tabla A.6 Resultados obtenidos una vez calculado la densidad del detergente artesanal de soya**

| Picnómetro lleno | Picnómetro vacío | Volumen del picnómetro (pic-49,475) | Gravedad específica (g/ml) | Densidad    |
|------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------|
| 89,3765 g        | 39,2999 g        | 49,9151 ml                          | 1,0032355                  | <b>1,00</b> |
| 89,3759 g        | 39,3001 g        | 49,9151 ml                          | 1,0032195                  | <b>1,00</b> |
| 89,3770 g        | 39,3005 g        | 49,9151 ml                          | 1,0032335                  | <b>1,00</b> |
| <b>Promedio</b>  |                  |                                     |                            | <b>1,00</b> |



## **APÉNDICE B**

### **HOJA TÉCNICA DE CONTROL DE CALIDAD DEL DETERGENTES PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN**



INSTRUCCIÓN DE  
TRABAJO

Código: IT-LB-92

Revisión: 0

Fecha: 10/08/2009

**OPERACIÓN: CONTROL DE CALIDAD DEL DETERGENTE**

**1. PROPOSITO**

Describir los pasos para determinar la calidad del detergente

**2. NOMBRE GENÉRICO**

Detergente

**3. NOMBRE COMERCIAL**

SCOMI: Detergente

**4. FUNCIÓN EN LOS FLUIDOS**

Los detergentes son mezclas acuosas de aditivos de superficie activa, desarrollados para reducir la tensión superficial en todos los sistemas de fluidos base agua y por lo tanto la tendencia a que ocurra embolamiento en la mecha y el ensamblaje de fondo. Normalmente se usa en los hoyos superficiales.

**5. ESPECIFICACIONES**

| PROPIEDADES                      | ESPECIFICACIÓN                                                       |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Prueba de acreción con bentonita | Disminución de por lo menos 7% entre la primera y la segunda prueba. |

**6. REFERENCIA**

Normas internas de Scomi Oiltools

**7. PRUEBAS**

**7.1 Equipos**

|                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| Multi Mezclador      | Cilindro graduado, 100 ml,500 ml |
| Balanza, $\pm 0.01g$ | Cronómetro                       |

Aprobado por: Guillermo Moran

Cargo: Supervisor de Laboratorio

Cargo: Gerente de Fluidos



INSTRUCCIÓN DE  
TRABAJO

Código: IT-LB-92

Revisión: 0

Fecha: 10/08/2009

**OPERACIÓN: CONTROL DE CALIDAD DEL DETERGENTE**

**7.2 Materiales**

|              |                |
|--------------|----------------|
| Agua         | KOH            |
| Bentonita    | Lignosulfonato |
| Lignito Puro | Barita         |
| Detergente   | Espátula       |

**7.3 Procedimiento**

Preparar un barril de fluido lignosulfonato de 9 lpg - dejando un tiempo de agitación entre un producto y otro de 15 min en el orden de agregado señalado – usando la siguiente formulación y realizar prueba de acreción con bentonita.

| Producto       | Concentración | Unidad |
|----------------|---------------|--------|
| Agua           | 332.5         | ml     |
| KOH            | Hasta pH 9.5  | -      |
| Bentonita      | 17            | g      |
| Lignito Puro   | 2             | g      |
| Lignosulfonato | 4             | g      |
| Barita         | 20.7          | g      |

Agregar a la formulación anterior **0.5 ml de detergente** y realizar una nueva prueba de acreción.

Aprobado por: Guillermo Moran

Cargo: Supervisor de Laboratorio

Cargo: Gerente de Fluidos



## **APÉNDICE C**

### **RESULTADOS DE PRUEBAS DE CALIDAD**

## RESULTADOS OBTENIDOS UNA VEZ REALIZADAS LAS PRUEBAS DE ACRECIÓN

**P.I:** peso inicial de la barra

**A:** grado de acreción

**P.F:** peso final de la barra

**%A:** porcentaje del grado de acreción

**DIF.:** diferencia

**Temperatura:** 120°F

**Tabla C.1 Resultados obtenidos una vez realizada las pruebas de calidad usando detergente comercial**

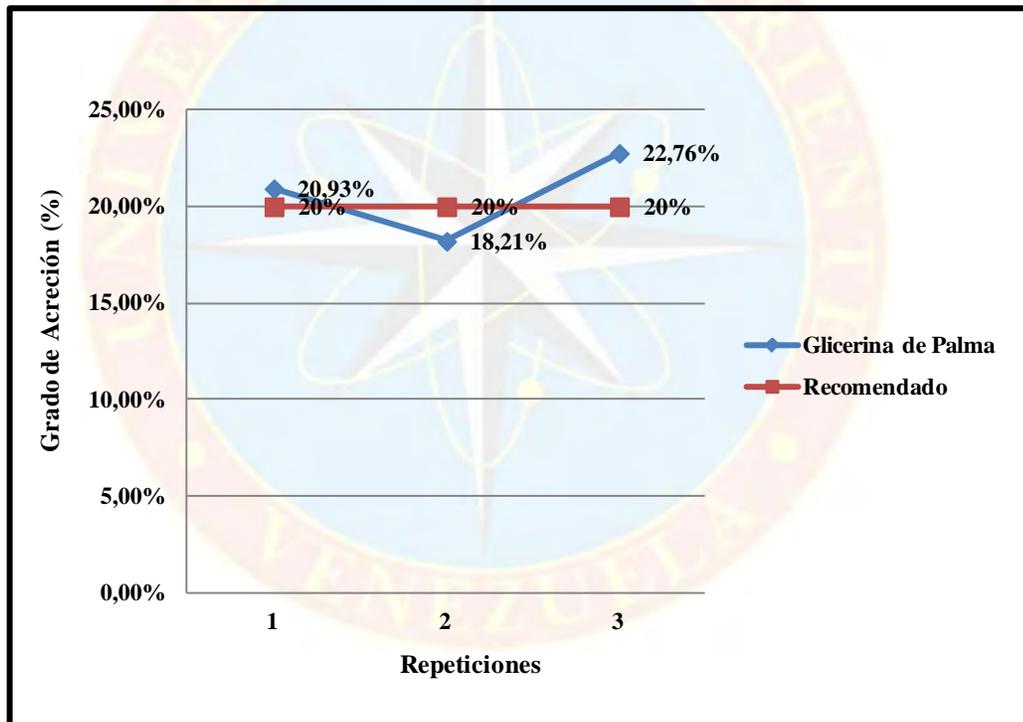
| Celda           | P.I    | P.F    | DIF. | A      | %A           |
|-----------------|--------|--------|------|--------|--------------|
| 1               | 258,32 | 262,88 | 4,56 | 0,3993 | 39,93        |
| 2               | 260,05 | 265,32 | 5,27 | 0,4615 | 46,15        |
| 3               | 262,03 | 267,82 | 5,79 | 0,5070 | 50,70        |
| <b>Promedio</b> |        |        |      |        | <b>45,59</b> |



**Gráfica C.1 Porcentajes general de las pruebas de calidad usando detergente comercial**

**Tabla C.2 Resultados obtenidos una vez realizada las pruebas de calidad usando detergente a base glicerina de palma**

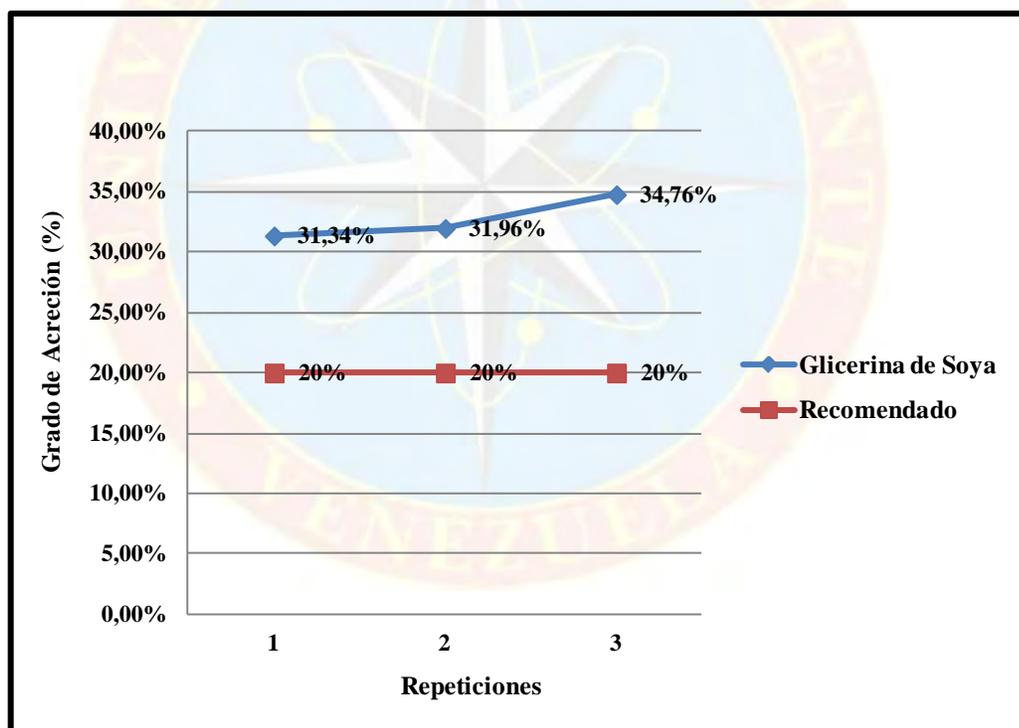
| Celda           | P.I    | P.F    | DIF. | A      | %A           |
|-----------------|--------|--------|------|--------|--------------|
| 1               | 259,01 | 261,40 | 2,39 | 0,2093 | 20,93        |
| 2               | 260,80 | 262,88 | 2,08 | 0.1821 | 18,21        |
| 3               | 262,81 | 265,41 | 2,60 | 0,2276 | 22,76        |
| <b>Promedio</b> |        |        |      |        | <b>20,63</b> |



**Gráfica C.2 Porcentajes general de las pruebas de calidad usando detergente a base de glicerina de palma**

**Tabla C.3 Resultados obtenidos una vez realizada las pruebas de calidad usando detergente a base glicerina de soya**

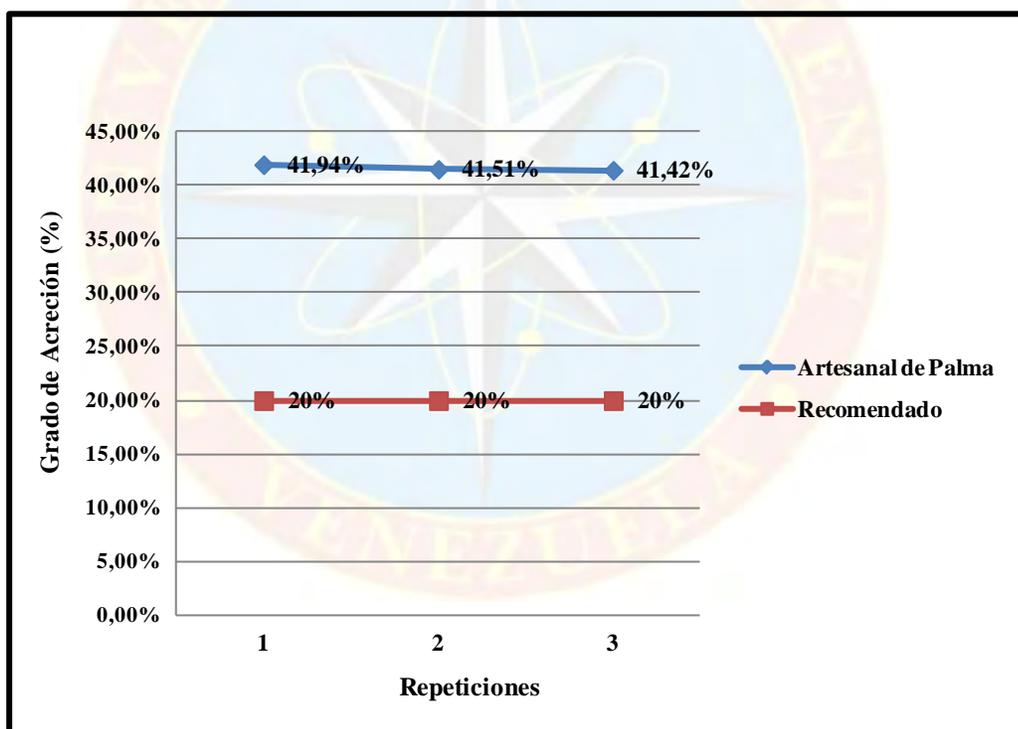
| Z               | P.I    | P.F    | DIF. | A      | %A           |
|-----------------|--------|--------|------|--------|--------------|
| 1               | 258,56 | 262,14 | 3,58 | 0,3134 | 31,34        |
| 2               | 260,28 | 263,93 | 3,65 | 0.3193 | 31,96        |
| 3               | 262,21 | 266,18 | 3,97 | 0,3476 | 34,76        |
| <b>Promedio</b> |        |        |      |        | <b>32,68</b> |



**Gráfica C.3 Porcentajes general de las pruebas de calidad usando detergente a base de glicerina de soya**

**Tabla C.4 Resultados obtenidos una vez realizada las pruebas de calidad usando detergente artesanal de palma**

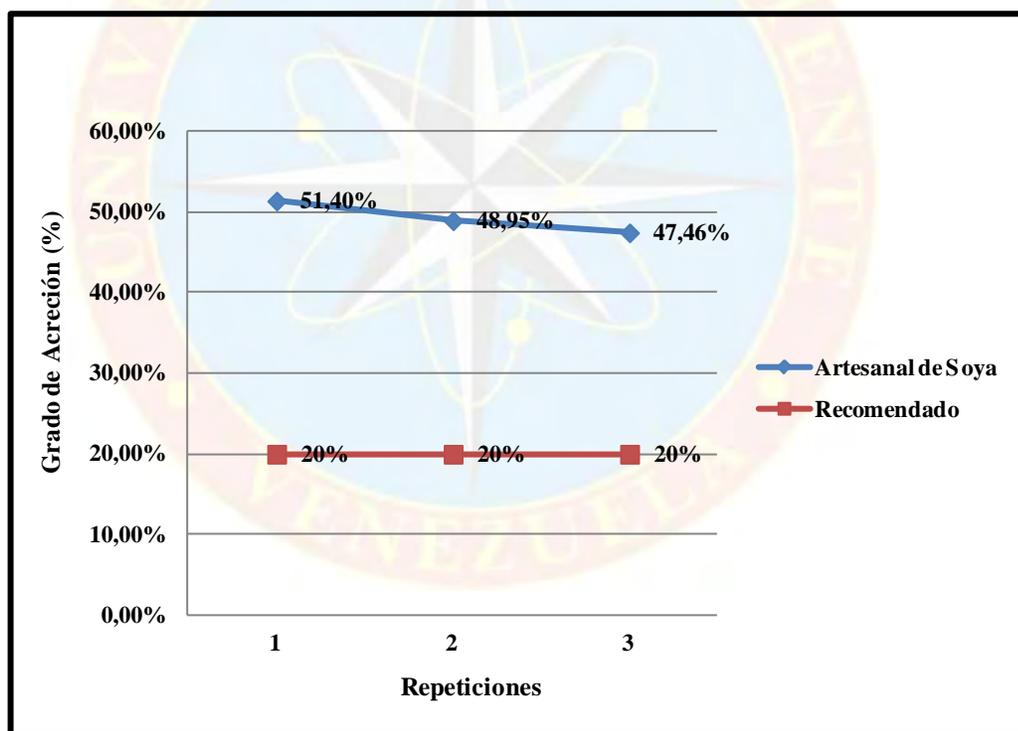
| Celda           | P.I    | P.F    | DIF. | A      | %A           |
|-----------------|--------|--------|------|--------|--------------|
| 1               | 258,01 | 262,80 | 4,79 | 0,4194 | 41,94        |
| 2               | 259,76 | 264,50 | 4,74 | 0,4151 | 41,51        |
| 3               | 261,72 | 266,45 | 4,73 | 0,4142 | 41,42        |
| <b>Promedio</b> |        |        |      |        | <b>41.62</b> |



**Gráfica C.4 Porcentajes general de las pruebas de calidad usando detergente artesanal de palma**

**Tabla C.5 Resultados obtenidos una vez realizada las pruebas de calidad usando detergente artesanal de soya**

| Celda           | P.I    | P.F    | DIF. | A      | %A           |
|-----------------|--------|--------|------|--------|--------------|
| 1               | 257,72 | 263,59 | 5,87 | 0,5140 | 51,40        |
| 2               | 259,40 | 264,99 | 5,59 | 0,4895 | 48,95        |
| 3               | 261,49 | 266,91 | 5,42 | 0,4746 | 47,46        |
| <b>Promedio</b> |        |        |      |        | <b>49,27</b> |



**Gráfica C.5 Porcentajes general de las pruebas de calidad usando detergente artesanal de soya**



## **APÉNDICE D**

### **RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICAS – QUÍMICAS REALIZADAS AL FLUIDO DE PERFORACIÓN**

**TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS  
FÍSICAS Y QUÍMICAS REALIZADAS AL FLUIDO DE  
PERFORACIÓN**

**Tabla D.1 Resultados obtenidos de las pruebas físicas y químicas de laboratorio usando detergente comercial.**

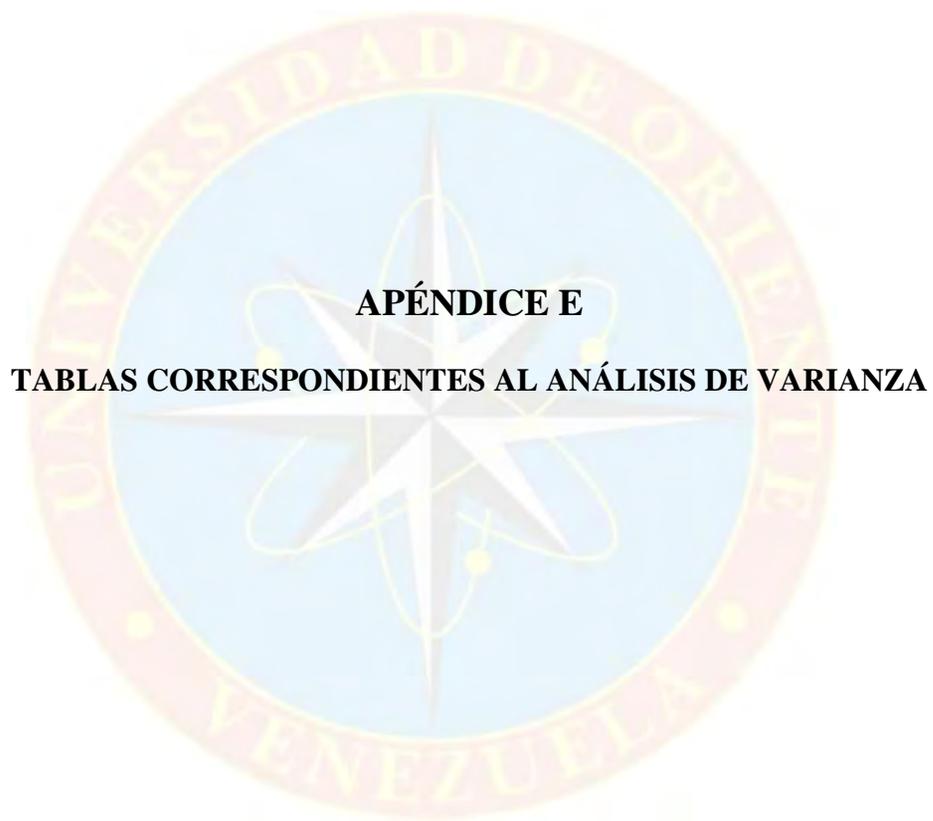
| Propiedades                                       | Repeticiones |     |     |
|---------------------------------------------------|--------------|-----|-----|
|                                                   | I            | II  | III |
| Temperatura (°C)                                  | 120          | 120 | 120 |
| Densidad (lpg)                                    | 9,5          | 9,5 | 9,5 |
| Lectura 600 RPM                                   | 9            | 9   | 9   |
| Lectura 300 RPM                                   | 5            | 5   | 5   |
| Lectura 200 RPM                                   | 4            | 4   | 4   |
| Lectura 100 RPM                                   | 3            | 3   | 3   |
| Lectura 6 RPM                                     | 1            | 1   | 1   |
| Lectura 3 RPM                                     | 2            | 2   | 2   |
| Viscosidad plástica (cPs)                         | 4            | 4   | 4   |
| Punto cedente (lb/100pie <sup>2</sup> )           | 1            | 1   | 1   |
| Geles a los 10 segundos (lb/100pie <sup>2</sup> ) | 2            | 2   | 2   |
| Geles a los 10 minutos (lb/100pie <sup>2</sup> )  | 3            | 2   | 3   |
| Geles a los 30 minutos (lb/100pie <sup>2</sup> )  | 4            | 4   | 4   |
| P <sub>M</sub> (ml)                               | 0,4          | 0,4 | 0,3 |
| P <sub>F</sub> (ml)                               | 0,2          | 0,3 | 0,2 |
| M <sub>F</sub> (ml)                               | 1,4          | 1   | 1,2 |
| Ph                                                | 9,5          | 9,5 | 9,5 |

**Tabla D.2 Resultados obtenidos de las pruebas físicas y químicas de laboratorio usando detergente a base de glicerina de palma**

| Propiedades                                       | Repeticiones |     |     |
|---------------------------------------------------|--------------|-----|-----|
|                                                   | I            | II  | III |
| Temperatura (°C)                                  | 120          | 120 | 120 |
| Densidad (lpg)                                    | 9,5          | 9,5 | 9,5 |
| Lectura 600 RPM                                   | 9            | 9   | 9   |
| Lectura 300 RPM                                   | 5            | 5   | 5   |
| Lectura 200 RPM                                   | 4            | 4   | 4   |
| Lectura 100 RPM                                   | 3            | 3   | 3   |
| Lectura 6 RPM                                     | 1            | 1   | 1   |
| Lectura 3 RPM                                     | 2            | 2   | 2   |
| Viscosidad plástica (cPs)                         | 4            | 4   | 4   |
| Punto cedente (lb/100pie <sup>2</sup> )           | 1            | 1   | 1   |
| Geles a los 10 segundos (lb/100pie <sup>2</sup> ) | 2            | 2   | 2   |
| Geles a los 10 minutos (lb/100pie <sup>2</sup> )  | 3            | 2   | 3   |
| Geles a los 30 minutos (lb/100pie <sup>2</sup> )  | 4            | 4   | 4   |
| P <sub>M</sub> (ml)                               | 0,4          | 0,4 | 0,3 |
| P <sub>F</sub> (ml)                               | 0,5          | 0,3 | 0,4 |
| M <sub>F</sub> (ml)                               | 1,2          | 1,2 | 1,3 |
| pH                                                | 9,5          | 9,5 | 9,5 |

**Tabla D.3 Resultados obtenidos de las pruebas físicas y químicas de laboratorio usando detergente a base de glicerina de soya**

| Propiedades                                       | Repeticiones |     |     |
|---------------------------------------------------|--------------|-----|-----|
|                                                   | I            | II  | III |
| Temperatura (°C)                                  | 120          | 120 | 120 |
| Densidad (lpg)                                    | 9,5          | 9,5 | 9,5 |
| Lectura 600 RPM                                   | 9            | 9   | 9   |
| Lectura 300 RPM                                   | 5            | 5   | 5   |
| Lectura 200 RPM                                   | 4            | 4   | 4   |
| Lectura 100 RPM                                   | 3            | 3   | 3   |
| Lectura 6 RPM                                     | 1            | 1   | 1   |
| Lectura 3 RPM                                     | 2            | 2   | 2   |
| Viscosidad plástica (cPs)                         | 4            | 4   | 4   |
| Punto cedente (lb/100pie <sup>2</sup> )           | 1            | 1   | 1   |
| Geles a los 10 segundos (lb/100pie <sup>2</sup> ) | 2            | 2   | 2   |
| Geles a los 10 minutos (lb/100pie <sup>2</sup> )  | 3            | 3   | 3   |
| Geles a los 30 minutos (lb/100pie <sup>2</sup> )  | 3            | 4   | 4   |
| P <sub>M</sub> (ml)                               | 0,4          | 0,5 | 0,4 |
| P <sub>F</sub> (ml)                               | 0,3          | 0,4 | 0,3 |
| M <sub>F</sub> (ml)                               | 1,2          | 0,9 | 1,1 |
| Ph                                                | 9,5          | 9,5 | 9,5 |



**APÉNDICE E**

**TABLAS CORRESPONDIENTES AL ANÁLISIS DE VARIANZA**

## DATOS CORRESPONDIENTES AL ANÁLISIS DE VARIANZA

**GI:** grado de libertad

**SC:** suma de cuadrados

**CM:** cuadrados medios

**FC:** frecuencia calculada

**ns:** no existió diferencias estadísticas

**\*: existe diferencia estadística**

**Tabla E.1 Totales y promedios para los geles de 10 segundos**

|              |               | Repeticiones (lb/100pie <sup>2</sup> ) |          |          | Total     | Promedio |
|--------------|---------------|----------------------------------------|----------|----------|-----------|----------|
| N°           | Tratamientos  | I                                      | II       | III      |           |          |
| 1            | Detergente C  | 1                                      | 1        | 2        | 4         | 1,33     |
| 2            | Detergente GP | 2                                      | 2        | 2        | 6         | 2,00     |
| 3            | Detergente GS | 2                                      | 2        | 2        | 6         | 2,00     |
| <b>Total</b> |               | <b>5</b>                               | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>16</b> |          |

**Tabla E.2 Análisis de varianza para los geles de 10 segundos**

| Fuente de variación | GI       | SC           | CM     | FC |    |
|---------------------|----------|--------------|--------|----|----|
| Repeticiones        | 2        | 0,222        | 0,1111 | 1  | ns |
| Tratamientos        | 2        | 0,889        | 0,4444 | 4  | ns |
| Error               | 4        | 0,444        | 0,1111 |    |    |
| <b>Total</b>        | <b>8</b> | <b>1,556</b> |        |    |    |

**Tabla E.3 Totales y promedios para los geles de 10 minutos**

|              |               | Repeticiones (lb/100pie <sup>2</sup> ) |          |          | Total     | Promedio |
|--------------|---------------|----------------------------------------|----------|----------|-----------|----------|
| N°           | Tratamientos  | I                                      | II       | III      |           |          |
| 1            | Detergente C  | 2                                      | 2        | 2        | 6         | 2,00     |
| 2            | Detergente GP | 3                                      | 3        | 3        | 9         | 3,00     |
| 3            | Detergente GS | 3                                      | 2        | 3        | 8         | 2,67     |
| <b>Total</b> |               | <b>8</b>                               | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>23</b> |          |

**Tabla E.4 Análisis de varianza para los geles de 10 minutos**

| Fuente de variación | GI | SC    | CM     | FC |    |
|---------------------|----|-------|--------|----|----|
| Repeticiones        | 2  | 0,222 | 0,1111 | 1  | ns |
| Tratamientos        | 2  | 1,556 | 0,7778 | 7  | *  |
| Error               | 4  | 0,444 | 0,1111 |    |    |
| Total               | 8  | 2,222 |        |    |    |

**Tabla E.5 Totales y promedios para los geles de 30 minutos**

| N° | Tratamientos  | Repeticiones |    |     | Total | Promedio |
|----|---------------|--------------|----|-----|-------|----------|
|    |               | I            | II | III |       |          |
| 1  | Detergente C  | 3            | 3  | 3   | 9     | 3,00     |
| 2  | Detergente GP | 4            | 4  | 4   | 12    | 4,00     |
| 3  | Detergente GS | 3            | 4  | 4   | 11    | 3,67     |
|    | Total         | 10           | 11 | 11  | 32    |          |

**Tabla E.6 Análisis de varianza para los geles de 30 minutos**

| Fuente de variación | GI | SC    | CM     | FC |    |
|---------------------|----|-------|--------|----|----|
| Repeticiones        | 2  | 0,222 | 0,1111 | 1  | ns |
| Tratamientos        | 2  | 1,556 | 0,7778 | 7  | *  |
| Error               | 4  | 0,444 | 0,1111 |    |    |
| Total               | 8  | 2,222 |        |    |    |

**Tabla E.7 Totales y promedios para la alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína (P<sub>M</sub>)**

| N° | Tratamientos  | Repeticiones |     |     | Total | Promedio |
|----|---------------|--------------|-----|-----|-------|----------|
|    |               | I            | II  | III |       |          |
| 1  | Detergente C  | 0,5          | 0,4 | 0,5 | 1,4   | 0,47     |
| 2  | Detergente GP | 0,4          | 0,4 | 0,3 | 1,1   | 0,37     |
| 3  | Detergente GS | 0,4          | 0,5 | 0,4 | 1,3   | 0,43     |
|    | Total         | 1,3          | 1,3 | 1,2 | 3,80  |          |

**Tabla E.8 Análisis de varianza para la alcalinidad del fluido de perforación a la fenolftaleína (P<sub>M</sub>)**

| Fuente de variación | GI | SC    | CM     | FC   |    |
|---------------------|----|-------|--------|------|----|
| Repeticiones        | 2  | 0,002 | 0,0011 | 0,25 | ns |
| Tratamientos        | 2  | 0,016 | 0,0078 | 1,75 | ns |
| Error               | 4  | 0,018 | 0,0044 |      |    |
| Total               | 8  | 0,036 |        |      |    |

**Tabla E.9 Totales y promedios para la alcalinidad del filtrado a la fenolftaleína (P<sub>F</sub>)**

| N° | Tratamientos  | Repeticiones |     |     | Total | Promedio |
|----|---------------|--------------|-----|-----|-------|----------|
|    |               | I            | II  | III |       |          |
| 1  | Detergente C  | 0,2          | 0,3 | 0,2 | 0,7   | 0,23     |
| 2  | Detergente GP | 0,5          | 0,3 | 0,4 | 1,2   | 0,40     |
| 3  | Detergente GS | 0,3          | 0,4 | 0,3 | 1,0   | 0,33     |
|    | Total         | 1            | 1   | 0,9 | 2,9   |          |

**Tabla E.10 Análisis de varianza para alcalinidad del filtrado a la fenolftaleína (P<sub>F</sub>)**

| Fuente de variación | GI | SC    | CM     | FC   |    |
|---------------------|----|-------|--------|------|----|
| Repeticiones        | 2  | 0,002 | 0,0011 | 0,14 | ns |
| Tratamientos        | 2  | 0,042 | 0,0211 | 2,71 | ns |
| Error               | 4  | 0,031 | 0,0078 |      |    |
| Total               | 8  | 0,076 |        |      |    |

**Tabla E.11 Totales y promedios para la alcalinidad del filtrado al naranja de metilo (M<sub>F</sub>)**

| N° | Tratamientos  | Repeticiones |     |     | Total | Promedio |
|----|---------------|--------------|-----|-----|-------|----------|
|    |               | I            | II  | III |       |          |
| 1  | Detergente C  | 1,4          | 1,0 | 1,2 | 3,6   | 1,20     |
| 2  | Detergente GP | 1,2          | 1,2 | 1,3 | 3,7   | 1,23     |
| 3  | Detergente GS | 1,2          | 0,9 | 1,1 | 3,2   | 1,07     |
|    | Total         | 3,8          | 3,1 | 3,6 | 10,5  |          |

**Tabla D.12 Análisis de varianza para alcalinidad del filtrado al naranja de metilo ( $M_F$ )**

| <b>Fuente de variación</b> | <b>GI</b> | <b>SC</b>    | <b>CM</b>     | <b>FC</b>   |           |
|----------------------------|-----------|--------------|---------------|-------------|-----------|
| <b>Repeticiones</b>        | <b>2</b>  | <b>0,087</b> | <b>0,0433</b> | <b>3,71</b> | <b>ns</b> |
| <b>Tratamientos</b>        | <b>2</b>  | <b>0,047</b> | <b>0,0233</b> | <b>2,00</b> | <b>ns</b> |
| <b>Error</b>               | <b>4</b>  | <b>0,047</b> | <b>0,0117</b> |             |           |
| <b>Total</b>               | <b>8</b>  | <b>0,180</b> |               |             |           |



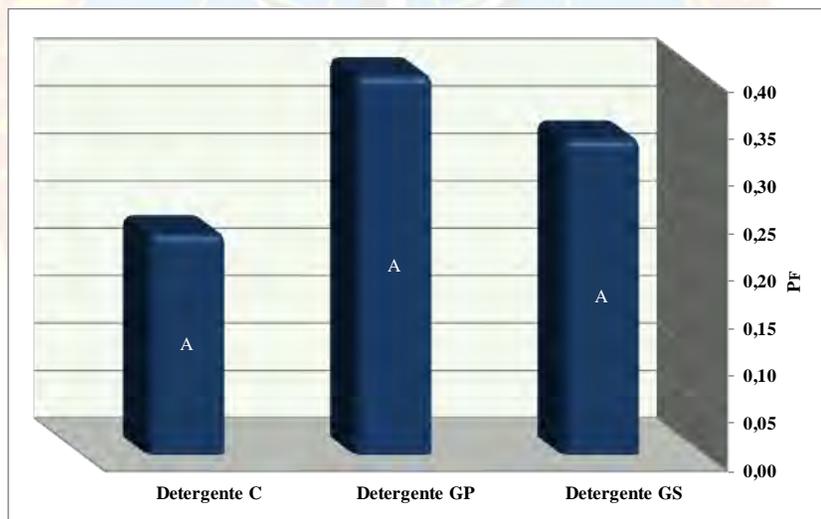


**APÉNDICE F**  
**GRÁFICAS CORRESPONDIENTES AL ANÁLISIS DE VARIANZA**

• **ALCALINIDAD DEL FILTRADO A LA FENOLFTALEÍNA ( $P_F$ )**

**Tabla F.1 Promedios para la alcalinidad del filtrado a la fenolftaleína ( $P_F$ )**

| N° | Tratamientos  | Promedio | Ámbito |
|----|---------------|----------|--------|
| 1  | Detergente C  | 0,23     | A      |
| 2  | Detergente GP | 0,40     | A      |
| 3  | Detergente GS | 0,33     | A      |



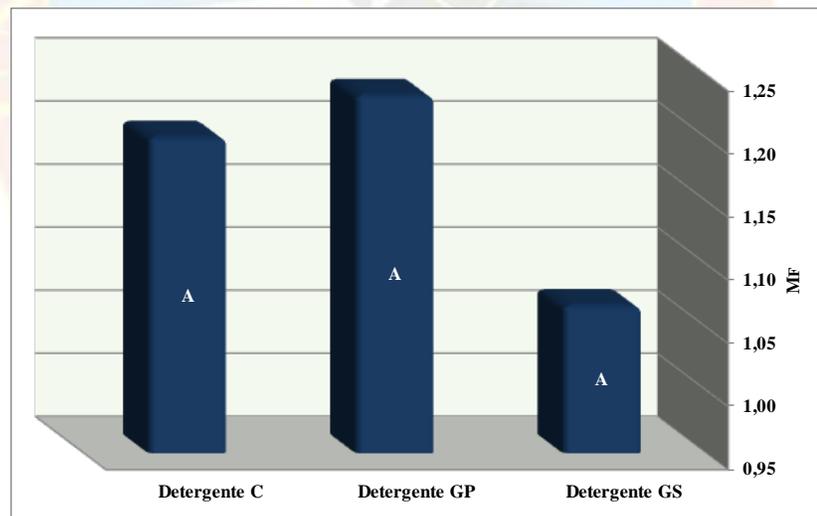
**Gráfica F.1 Alcalinidad del filtrado a la fenolftaleína ( $P_F$ )**

**DMS= 0,20**

• **ALCALINIDAD DEL FILTRADO AL NARANJO DE METILO**  
**(M<sub>F</sub>)**

**Tabla F.2 Promedios para la alcalinidad del filtrado al naranja de metilo**  
**(M<sub>F</sub>)**

| N° | Tratamientos  | Promedio | Ámbito |
|----|---------------|----------|--------|
| 1  | Detergente C  | 1,20     | A      |
| 2  | Detergente GP | 1,23     | A      |
| 3  | Detergente GS | 1,07     | A      |



**Gráfica F.2 Alcalinidad del filtrado al naranja de metilo (M<sub>F</sub>)**

**DMS= 0,24**



**APÉNDICE G**

**MUESTRA DE CÁLCULOS**

Las siguientes ecuaciones se utilizaron para determinar densidad, %v/v, gravedad específica, porcentaje del grado de acreción, viscosidad plástica, punto cedente, Pm, PF y MF.

- **Densidad @ T= 22 °C:** **(Ecuación G.1)**

$$\rho = \frac{\text{Picnómetro lleno} - \text{Picnómetro vacío}}{\text{Volumen del picnómetro}}$$

$$\rho = \frac{(98,4803 - 43,8654)g}{49,9477ml}$$

$$\rho = 1,0934g/ml$$

- **Gravedad específica (G.E):** **(Ecuación G.2)**

$$G.E = \frac{\text{Densidad del aditivo}}{\text{Densidad del agua}}$$

$$G.E = \frac{1,0934g/ml}{1g/ml}$$

$$G.E = 1,0934$$

- **Solubilidad (%v/v):** **(Ecuación G.3)**

$$\%V/V = \frac{\text{volumen de soluto}}{\text{volumen de solvente}} \times 100$$

$$\%V/V = \frac{\text{volumen de detergente}}{\text{volumen de agua}} \times 100$$

$$\%V/V = \frac{10 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \times 100$$

$$\frac{V}{V} = 100\%$$

- **Porcentaje del grado de acreción (%A):** (Ecuación G.4)

$$\%A = \frac{(\text{Peso final de la barra} - \text{Peso inicial de la barra})g}{\text{Cantidad de arcilla (g)}}$$

$$\%A = \frac{(261,40 - 259,01)g}{11,42g} \times 100$$

$$\%A = 20,93$$

- **Viscosidad plástica (Vp):** (Ecuación G.5)

$$Vp = L_{600} - L_{300}$$

$$Vp = 9 - 5$$

$$Vp = 4 \text{ cPs}$$

- **Punto cedente (Pc):** (Ecuación G.6)

$$Pc = L_{300} - Vp$$

$$Pc = 5 - 4$$

$$Pc = 1 \text{ lb}/100\text{pie}^2$$

- **Alcalinidad del fluido de perforación ( $P_M$ ):** (Ecuación G.7)

$P_M$ = ml de  $H_2SO_4$  de 0,02N gastados

$P_M$ = 0,4 ml

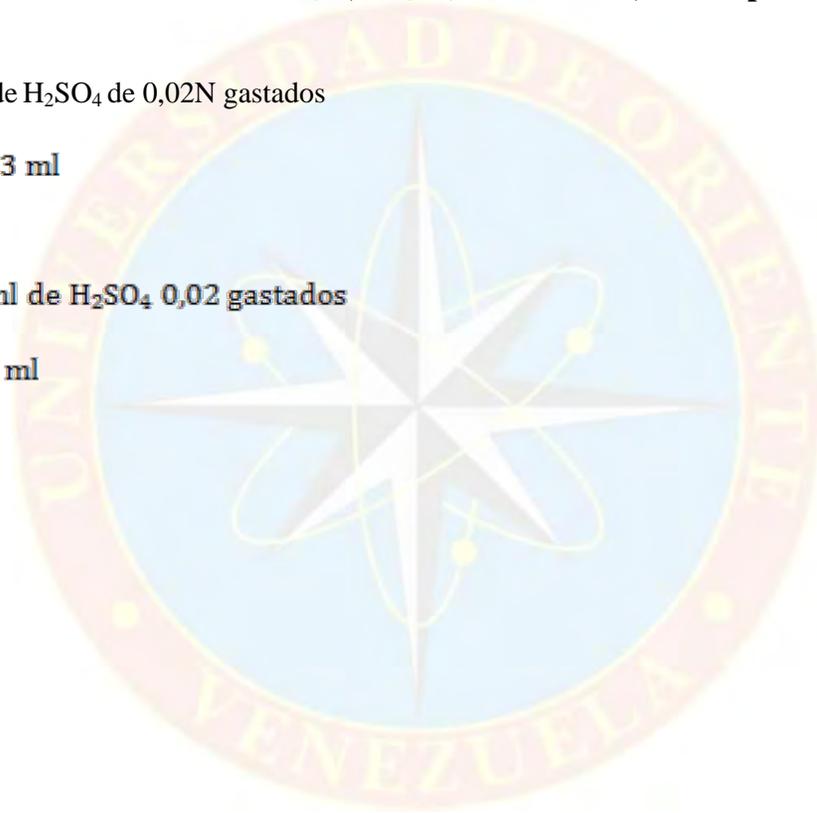
- **Alcalinidad del filtrado ( $P_F$ ,  $M_F$ ):** (Ecuación G.8, G.9 respectivamente)

$P_F$ = ml de  $H_2SO_4$  de 0,02N gastados

$P_F$ = 0,3 ml

$M_F$ = ml de  $H_2SO_4$  0,02 gastados

$M_F$ = 1 ml





## **APÉNDICE H**

**PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES  
DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE AGUA A NIVEL DE  
LABORATORIO**

## H.1 PROCESO DE SAPONIFICACIÓN

### Descripción:

Consiste en la hidrólisis alcalina de un éster. La saponificación es la reacción entre un éster y una base (hidróxido de sodio o potasio) obteniendo la sal alcalina y a partir de ésta el ácido palmítico.

### Método:

- En una manta de calentamiento se colocó un beaker 1000ml, posteriormente se le agregó la glicerina.
- Se calentó la glicerina hasta obtener una temperatura entre (50- 70) °C. (tomando en cuenta que el punto de ebullición del etanol es a 78°C)
- Una vez obtenida la temperatura se le agregó el etanol y el hidróxido de potasio seguidamente el agua a temperatura ambiente, agitándose entre veinte y treinta minutos.

## H.2 PROCESO ARTESANAL

### Descripción:

Elaboración de jabón a partir de grasas y aceites caseros, que consiste prácticamente en el proceso de saponificación en lo que respecta a su reacción.

### Método:

- En una jarra de 2lt se vertió 1lt de agua.
- Se le agregó 25g de potasa cáustica hasta que se disolviera completamente.
- Una vez disuelta la potasa se añadió 75ml de aceite vegetal, seguido de 1gr de sal.

- Se dejó agitando por 30min.
- Posteriormente se dejó en reposo por 15 días, agitándolo una vez por día.

### **H.3 PRUEBA DE ACRECIÓN**

#### **Descripción:**

Este es un método aplicable a barras de acero colocadas dentro de un horno de rolado. Fluido de perforación y una cantidad de material sólido de formación son rolados por un período de tiempo. Las barras son removidas para reportar su peso final.

#### **Método:**

- Inicialmente se removió cualquier suciedad de la superficie de las barras seguido de un lavado con agua caliente.
- Posteriormente se añadió 350 ml de fluido de prueba a la celda y se colocó la barra dentro de una celda de rolado.
- Luego se añadieron 20 gramos de arcilla comercial y se agitó suavemente con una espátula a fin de sumergir los ripios dentro del fluido.
- Finalmente se transfirieron las celdas al horno de rolado a una temperatura de 120 °F y este se activó, se dejó la muestra durante 16 horas.
- Después del rolado las barras fueron removidas.
- Las barras fueron pesadas junto a la cantidad de la arcilla adherida.

## H.4 ASTM D-369 MÉTODO ESTÁNDAR PARA DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA MEDIANTE EL PICNÓMETRO GAY LUSSAC:

### Descripción:

Esta prueba se basó en la utilización de un picnómetro o botella de gravedad específica, la cual posee un sello de vidrio que dispone de un tapón provisto de un finísimo capilar, de tal manera que puede obtenerse un volumen con gran precisión. Esto permite medir la densidad de un fluido, en referencia a la de un fluido de densidad conocida como el agua.

### Método:

- Inicialmente se pesó el picnómetro vacío, seco y limpio en la balanza analítica.
- Posteriormente se llenó cada picnómetro con la muestra de fluido, colocándole su tapa. Al colocar la tapa el fluido se derramó, por lo que se secaron bien las paredes externas del picnómetro.
- Se pesó el picnómetro lleno en la balanza analítica y se determinó la densidad de la muestra a temperatura ambiente utilizando la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{wop - wp}{vp}$$

### Donde:

$\rho$ : densidad del fluido, (g/cc)

**wop**: peso del picnómetro lleno,(g)

**wp**: peso del picnómetro vacío,(g)

**vp**: volumen del picnómetro, (cc)

## H.5 POTENCIAL DE HIDROGENO, pH

Indicó el grado de acidez o basicidad de los detergentes. Es importante controlar el pH debido a que afecta la dispersibilidad de las arcillas, la solubilidad de varios productos y sustancias químicas. En general afecta las propiedades reológicas del fluido.

### Procedimiento:

- Primeramente se presionó el botón on/off en ON para encender el medidor de pH.
- Luego se retiró el electrodo de la solución de almacenamiento y se enjuagó el electrodo con agua destilada.
- Se sumergió el electrodo en la solución a ser medida, después de pocos segundos el valor de pH se estabilizó y se registró el valor del pH.

## H.6 SOLUBILIDAD EN AGUA, PORCENTAJE VOLUMEN-VOLUMEN (% V/V)

Expresó el volumen de soluto por cada cien unidades de volumen de la disolución. Se suele usar para mezclas líquidas o gaseosas, en las que el volumen es un parámetro importante a tener en cuenta. Es decir, el porcentaje que representa el soluto en el volumen total de la disolución. Suele expresarse simplifcadamente como (% v/v).

$$\%V/V = \frac{\text{volumen de soluto}}{\text{volumen de solvente}} \times 100$$

**Descripción:**

Permitió conocer la cantidad máxima de detergente que puede mantenerse disuelto en agua.

**Método:**

- En un beaker de 50ml se vertieron 10 ml de detergente que sería el soluto y se le agregó la misma cantidad de solvente.
- Se obtuvo el soluto diluido a un 100 % v/v a 1 atm y temperatura ambiente.

**H.7 PUNTO DE EBULLICIÓN****Descripción:**

Se determinó usando la técnica de vaporización, se calentó cada detergente hasta que liberó la primera burbuja y la temperatura permaneció constante.

**Método:**

- Sobre una manta de calentamiento se colocó una capsula de metal, se vertieron 25 ml de detergente palma y/o soya.
- Se sumergió la punta de un termómetro digital en la solución con el fin de registrar la temperatura.
- Luego se calentó el detergente de palma y/o soya hasta que liberó la primera burbuja y su temperatura se mantuvo constante y se registró la temperatura.

## **H.8 MEDICIÓN DE DENSIDAD:**

**Objetivo:** Determinar la densidad del fluido con la finalidad de controlar la presión de la formación y mantener estabilizada la pared del pozo.

### **Procedimiento:**

- Se llenó la copa de la balanza con el lodo.
- Seguidamente se colocó la tapa sobre la copa y se asentó firmemente y asegurándose que el exceso de lodo saliera por el orificio de la tapa y se limpió dicho exceso.
- Luego se colocó la balanza sobre el soporte y se movió el cursor a lo largo del brazo graduado hasta que la burbuja del nivel indique la nivelación correcta.
- Finalmente se observó la densidad o peso del lodo en el lado izquierdo del cursor.

## **H.9 PROPIEDADES REOLÓGICAS:**

**Objetivo:** Determinar la capacidad de limpieza y suspensión del fluido con base a sus propiedades reológicas.

### **Procedimiento:**

- Inicialmente se llenó hasta la marca que posee la taza del viscosímetro con la muestra de fluido.
- Se colocó la taza del viscosímetro en el thermo cup y se calentó a 120°F y se ubicó el thermo cup en la plataforma del viscosímetro y se levantó hasta hacer coincidir el nivel de la muestra con la marca del rotor. Se Apretó el tornillo de la plataforma.

- Seguidamente se encendió el equipo y se colocó la perilla en posición de 600 RPM, se anotó la lectura de 600 RPM hasta la máxima deflexión de la aguja, luego se fue colocando la perilla en función de los 300 RPM, 200 RPM, 100RPM, 6 RPM y 3 RPM y se tomó la lectura respectiva para cada valor hasta la máxima deflexión de la aguja o hasta que el dial se mantuvo constante.
- Para los geles de 10 segundos, se colocó la perilla en 600 RPM, por unos segundos, luego se apagó el equipo y al detenerse el rotor, se activó el cronometro en 10 segundos, una vez pasado el tiempo se coloca la perilla en gel y se mide la máxima deflexión de la aguja.
- Para los geles de 10 y 30 minutos, se realizó el procedimiento anterior, pero esta vez con un tiempo de espera de 10 y 30 minutos respectivamente.
- En último lugar se realizaron los cálculos con las ecuaciones correspondientes.

## **H.10 ALCALINIDAD:**

### **H.10.1 Alcalinidad del lodo ( $P_M$ )**

**Objetivo:** Determinar la concentración de cal en lb/bls necesaria para secuestrar los gases ácidos que puedan presentarse durante la perforación del pozo.

**Materiales** Capsula de titulación-Fenolftaleína-Acido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) (0,02 N)

#### **Procedimiento:**

- Inicialmente se agregó 25 ml de agua destilada.
- Posteriormente se colocó 1 ml de lodo en la cápsula de titulación y se agregaron de 4 a 5 gotas de fenolftaleína y se agitó.
- Luego se agregó  $H_2SO_4$  hasta lograr el color original del lodo.

- Se registró la alcalinidad del lodo ( $P_M$ ) como los ml de  $H_2SO_4$  gastados en neutralizar el color de la fenolftaleína.

### **H.10.2 Alcalinidad del filtrado ( $P_F$ )**

**Objetivo:** Determinar la alcalinidad del filtrado con fenolftaleína, con la finalidad de identificar los iones contaminantes, como  $CO_3^{=}$  y  $HCO_3^{-}$ , que afectan la estabilidad del hoyo.

**Materiales:** Fenolftaleína - Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) (0.02N) - Pipeta de 1 y 10 ml. pH-metro (opcional)

#### **Procedimiento:**

- Inicialmente se colocó 1 ml de filtrado en un recipiente.
- Posteriormente se agregó 2 o 3 gotas de fenolftaleína, hasta obtener un color rosado y se agregó  $H_2SO_4$  (0.02N) hasta que el filtrado adquirió su color original.
- En último lugar se registró el  $P_F$  como el número de ml de  $H_2SO_4$  gastados para neutralizar el color de la fenolftaleína.

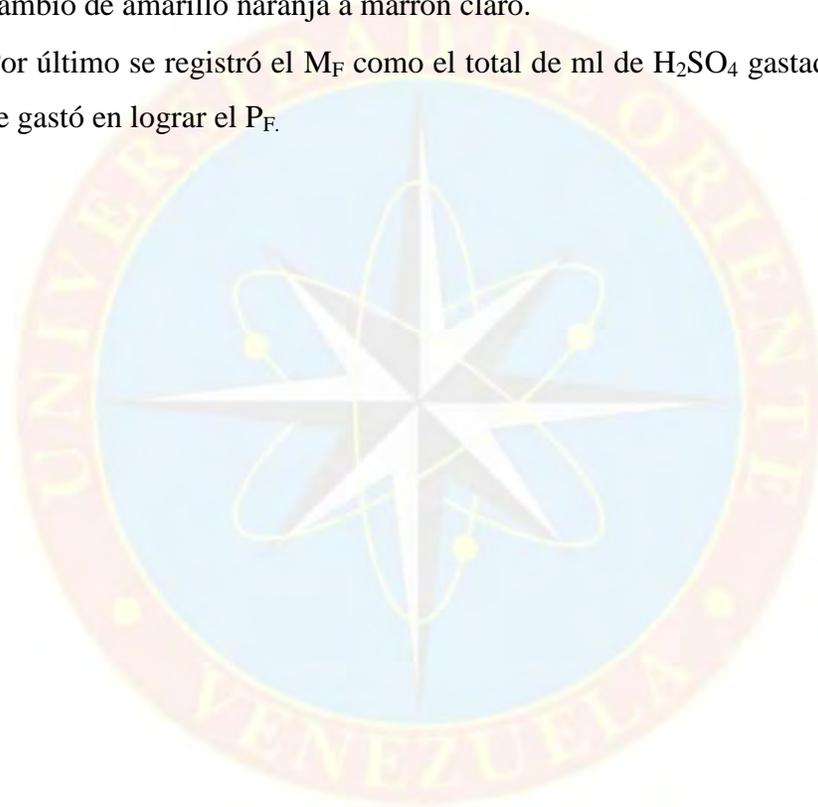
### **H.10.3 Alcalinidad del filtrado: $M_F$**

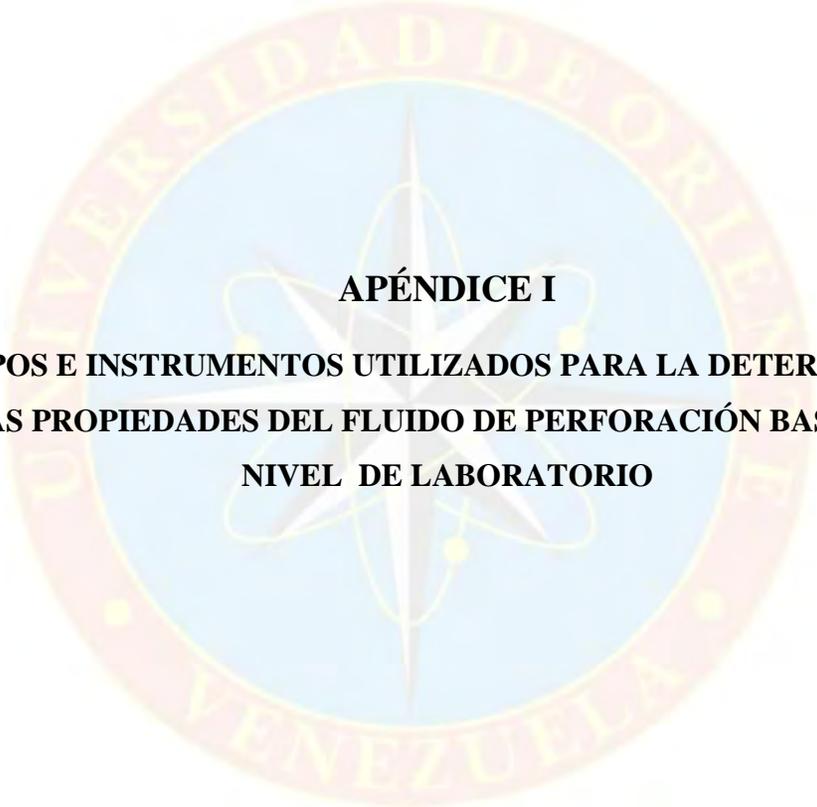
**Objetivo:** Determinar la alcalinidad del filtrado con el Anaranjado de Metilo, para identificar la concentración de iones contaminantes, que afectan la estabilidad del hoyo.

**Materiales:** Anaranjado de Metilo - Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) (0.02N) - Pipeta de 1 y 10 ml. - pH-metro (opcional)

**Procedimiento:**

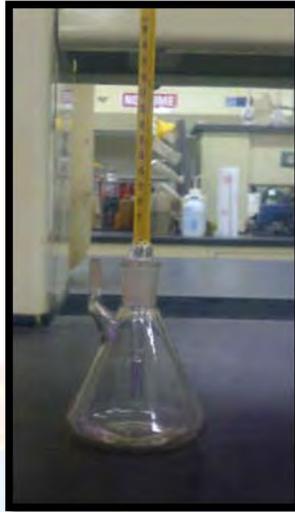
- Primeramente se agregó a la muestra que ha sido titulada al punto final del P<sub>F</sub> más o menos 4 gotas de Anaranjado de Metilo, hasta obtener un color amarillo oscuro.
- Luego se agregó H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.02N) gota a gota, hasta que el color del indicador cambió de amarillo naranja a marrón claro.
- Por último se registró el M<sub>F</sub> como el total de ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastados más el que se gastó en lograr el P<sub>F</sub>.





**APÉNDICE I**

**EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN  
DE LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE AGUA A  
NIVEL DE LABORATORIO**



**Figura G.1 Picnómetro**

**Fuente: laboratorio de yacimientos**



**Figura I.2 Termómetro digital**

**Fuente: laboratorio de perforación**



**Figura I.3 Horno de Rolado (ajustado a una temperatura de 120°F)**

**Fuente: laboratorio de perforación**



**Figura I.4 Celdas de Rolado**

**Fuente: laboratorio de perforación**



**Figura I.5 Barras para pruebas de acreción  
(23 mm de diámetro x 149 mm de largo)  
Fuente: laboratorio de perforación**



**Figura I.6 Balanza  
Fuente: laboratorio de perforación**



**Figura I.8 Mezcladores de fluidos de perforación**

**Fuente: laboratorio de perforación**



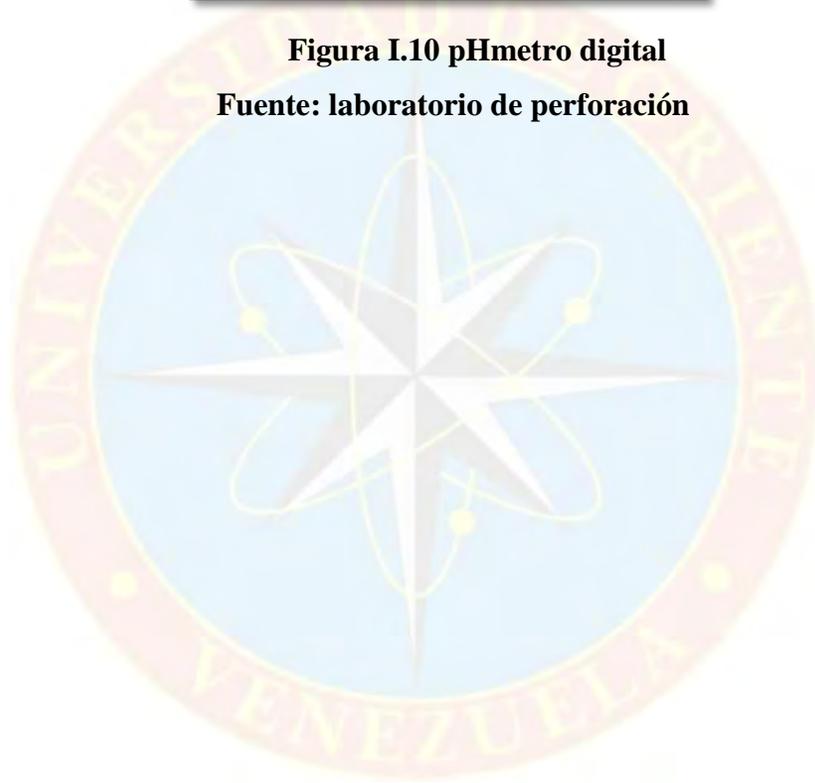
**Figura I.9 Viscosímetro de lectura directa**

**Fuente: laboratorio de perforación**



**Figura I.10 pHmetro digital**

**Fuente: laboratorio de perforación**



## HOJAS METADATOS

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

|                  |                                                                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título</b>    | <b>DESARROLLO DE DETERGENTES LÍQUIDOS A BASE DE ACEITES NATURALES COMO ADITIVO PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA</b> |
| <b>Subtítulo</b> |                                                                                                                          |

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

#### Autor(es)

| <b>Apellidos y Nombres</b> | <b>Código CVLAC / e-mail</b> |                                  |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| <b>Karla C. Ferrer C.</b>  | <b>CVLAC</b>                 | <b>17.211.867</b>                |
|                            | <b>e-mail</b>                | <b>Daycar10@hotmail.com</b>      |
|                            | <b>e-mail</b>                | <b>kferrercarvajal@gmail.com</b> |
| <b>Raúl A. Gil M.</b>      | <b>CVLAC</b>                 | <b>18.272.003</b>                |
|                            | <b>e-mail</b>                | <b>raulgil3@gmail.com</b>        |
|                            | <b>e-mail</b>                | <b>ragm3@hotmail.com</b>         |

#### Palabras o frases claves:

|                |
|----------------|
| DETERGENTE     |
| LIGNOSULFONATO |
| PALMA          |
| SOYA           |

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

### Líneas y sublíneas de investigación:

| Área                               | Sub-área               |
|------------------------------------|------------------------|
| TECNOLOGÍA Y CIENCIAS<br>APLICADAS | INGENIERÍA DE PETROLEO |
|                                    |                        |
|                                    |                        |

### Resumen (Abstract):

Este trabajo consistió en el desarrollo de cuatro (4) detergentes a base de aceites naturales como aditivos para fluidos de perforación base agua, partiendo del proceso de saponificación para la formulación de dos (2) detergentes a base de glicerina de palma y de soya obtenida mediante el proceso de transesterificación, posteriormente se procedió al desarrollo de dos (2) detergentes de aceite de palma y de soya mediante un proceso artesanal que permitió obtener jabones de fácil elaboración. Una vez formulado los detergentes se procedió a determinarle propiedades físicas y químicas, como: color, apariencia, gravedad específica, pH, solubilidad en agua y punto de ebullición, donde los detergentes a base de glicerina presentaron mejores comportamientos a los elaborados mediante el proceso artesanal, debido a su alto contenido de ácido grasos saturados e insaturados. Luego de ser formulado y caracterizado los detergentes se realizaron pruebas de calidad, basada en el estudio del grado de acreción, siendo el detergente a base de glicerina de palma el que presento mejor eficiencia, con un porcentaje de acreción de (20,63%) y el que más se acercó al valor establecido en las pruebas de calidad con un (20%) de acreción en comparación al detergente comercial usado actualmente en la industria petrolera, donde éste arrojó un porcentaje de acreción de (45,59%) , por otro lado también se les realizaron pruebas físicas y químicas bajo la norma *API 13-B1A (Manual de Procedimientos Estándar para la Evaluación de Fluidos de Perforación Base Agua)*, resultando satisfactorio ya que no originó alteración en la propiedades del fluido, lo cual permite su aplicabilidad en la industria. Seguidamente los resultados obtenidos fueron comparados con una muestra patrón a través de un análisis de varianza y mínima diferencias significativas (DMS), donde en su mayoría éstas no presentaron diferencias significativas entre sus propiedades físicas y químicas.

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

**Contribuidores:**

| <b>Apellidos y Nombres</b>       | <b>Código CVLAC / e-mail</b> |                                                                                                                            |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ing. Hortensia Calzadilla</b> | <b>ROL</b>                   | CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
|                                  | <b>CVLAC</b>                 | 11.781.853                                                                                                                 |
|                                  | <b>e-mail</b>                | Hortensiacarolina@gmail.com                                                                                                |
|                                  | <b>e-mail</b>                |                                                                                                                            |
| <b>Ing. Jesús Otahola</b>        | <b>ROL</b>                   | CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
|                                  | <b>CVLAC</b>                 | 14.940.176                                                                                                                 |
|                                  | <b>e-mail</b>                | Jotahola@hotmail.com                                                                                                       |
|                                  | <b>e-mail</b>                |                                                                                                                            |
| <b>Ing. Tomás Marín</b>          | <b>ROL</b>                   | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> |
|                                  | <b>CVLAC</b>                 | 11.534.773                                                                                                                 |
|                                  | <b>e-mail</b>                | tdmarin@hotmail.com                                                                                                        |
|                                  | <b>e-mail</b>                |                                                                                                                            |
| <b>Ing. María García</b>         | <b>ROL</b>                   | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> |
|                                  | <b>CVLAC</b>                 | 15.510.689                                                                                                                 |
|                                  | <b>e-mail</b>                |                                                                                                                            |
|                                  | <b>e-mail</b>                |                                                                                                                            |

**Fecha de discusión y aprobación:**

| <b>Año</b> | <b>Mes</b> | <b>Día</b> |
|------------|------------|------------|
| 2012       | 05         | 17         |

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

**Archivo(s):**

|                          |
|--------------------------|
| <b>Nombre de archivo</b> |
| <b>TESISDEGRADO.DOC</b>  |
|                          |

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M  
N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2  
3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

**Alcance:**

Espacial: \_\_\_\_\_ (opcional)

Temporal: \_\_\_\_\_ (opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:**

INGENIERÍA DE PETRÓLEO

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

**Nivel Asociado con el trabajo:** INGENIERÍA

**Área de Estudio:**

TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS

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

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NUCLEO 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.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *[Firma]*  
FECHA 5/8/09 HORA 5:20

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*[Firma]*  
**JUAN A. BOLANOS CUNVELO**  
Secretario



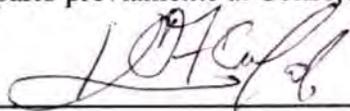
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación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

JABC/YGC/maruja

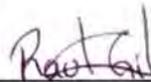
**Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6**

**Derechos:**

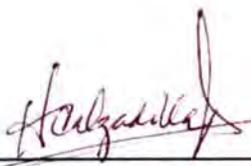
**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009):** “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá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



**Br. KARLA C. FERRER C.  
AUTOR**



**Br. RAÚL A. GIL M.  
AUTOR**



**ING. HORTENSIA CALZADILLA  
ASESOR ACADÉMICO**



**ING. JESÚS OTAHOLA  
ASESOR ACADÉMICO**