

35 29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

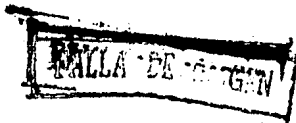
DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICOQUIMICAS
EN CHAMPUES.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N :
SANTOS FERNANDEZ ROSAS

México, D. F.

1990





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Página

INTRODUCCION.

CAPITULO 1. Marco Teórico.....	1
1.1 Reología.....	1
1.1.1 Generalidades.....	1
1.1.2 Fenomenos reológicos.....	4
1.2 Viscosidad Newtoniana.....	5
1.2.1 Aspectos generales.....	5
1.3 Fluidos independientes del tiempo.....	7
1.3.1 Clasificación de los diferentes fluidos.....	7
1.3.2 Aspectos generales de los fluidos independientes del tiempo.....	8
1.3.3 Fluidos Newtonianos.....	8
1.3.4 Fluidos No-Newtonianos.....	11
A) Generalidades.....	11
B) Fluidos independientes del tiempo.....	14
B.1) Fluidos Pseudoplásticos.....	14
B.2) Fluidos Dilatantes.....	17
B.3) Fluidos Plásticos.....	18
C) Fluidos dependientes del tiempo.....	20
C.1) Tixotropía.....	20
C.2) Tixotropía negativa.....	24
D) Fluidos Viscoelásticos lineales.....	26
D.1) Efecto Weissenberg.....	28
E) Fluidos Viscoelásticos no lineales.....	29
1.4 Propiedades de los Champues.....	31
1.4.1 Definición.....	31
1.4.2 Jabones para los champues.....	31
1.4.3 Detergencia.....	32
1.4.4 Clasificación y composición de los champues..	34
1.4.5 Surfactantes en champues.....	35
A) Surfactantes aniónicos.....	35
B) Surfactantes no iónicos.....	36
C) Surfactantes anfotéricos.....	36
D) Surfactantes catiónicos.....	37

CAPITULO 2. Desarrollo experimental y Resultados.....	38
2.1 Densidad y pH.....	38
2.1.1 Densidad.....	38
2.1.2 Medición de pH.....	40
2.2 Viscosidad.....	40
2.2.1 Viscosímetro de caída de bola.....	41
A) Principio de la medición.....	41
B) Descripción del instrumento.....	41
C) Técnica.....	43
C.1) Control de temperatura.....	43
C.2) Colocación de la muestra.....	43
C.3) Evaluación de la viscosidad.....	44
2.2.2 Viscosímetro Brookfield.....	45
A) Técnica.....	45
2.3 Tensión superficial.....	48
2.3.1 Un intento diferente.....	48
2.3.2 Tensiómetro de anillo.....	49
A) Descripción del aparato.....	49
B) Técnica.....	50
2.4 Resultados Experimentales. Tablas y gráficas.....	51
CAPITULO 3. Análisis de Datos y Recomendaciones de uso..	109
3.1 Análisis de Datos.....	109
3.1.1 Densidad.....	109
3.1.2 Acidez (pH).....	109
3.1.3 Tensión Superficial.....	110
3.1.4 Viscosidad.....	110
A) Viscosidad vs Temperatura.....	110
B) Viscosidad no newtoniana.....	112
3.2 Recomendaciones de uso.....	115
CAPITULO 4. Conclusiones.....	117
Bibliografía.....	119

INTRODUCCION

En la asignatura de Fisicoquímica VI, así como en las asignaturas de los nuevos planes de estudio se incluye el tema de fluidos No-Newtonianos. Este es un aspecto poco desarrollado en las clases de teoría y laboratorio correspondientes, a pesar de tener un papel muy importante en la industria ya que las aplicaciones de estos fluidos son muchas y muy variadas. Podemos pensar en el control de la viscosidad en la industria química de alimentos como un parámetro para el control de calidad de varios productos, del mismo modo, el poder predecir el comportamiento de estos fluidos es necesario para poder diseñar sistemas adecuados de bombeo en todo tipo de industrias que así lo requieran.

En la industria de los cosméticos, particularmente donde se fabrican champúes es importante tener un amplio conocimiento del comportamiento no newtoniano, para aplicarlo en el diseño de los tanques de almacenamiento y en el sistema de bombeo requerido para el transporte del producto.

Una de las razones primordiales para desarrollar este trabajo fué el recopilar la información teórica disponible acerca del flujo no newtoniano, en un documento de referencia así como elaborar material para el desarrollo de nuevas prácticas en

el laboratorio. Por tal motivo, se realizaron mediciones de la viscosidad de los champues mediante dos modalidades: Una de ellas fué la medición en un viscosímetro de caída de bola propio para fluidos newtonianos y la otra fué hecha en un viscosímetro Brookfield para fluidos no newtonianos; finalmente se hizo una comparación de los valores experimentales obtenidos por ambos métodos. Se presentan tablas y gráficas con los resultados experimentales, y, se clasifican los fluidos no newtonianos en función de su susceptibilidad a la velocidad y al tiempo de corte.

Para complementar el trabajo se realizaron determinaciones de otras propiedades de los champues, diferentes a la viscosidad, como densidad, pH, tensión superficial; las cuales se presentan en forma de gráficas y de tablas anexas.

Pensando en la facilidad de obtención, transporte y almacenamiento de las sustancias y pensando en que permanecen casi invariables sus propiedades, por los controles de calidad a los que se someten; se escogieron los champues como fluidos de estudio.

El desarrollo del presente se estructuró de la siguiente manera:

En el primer capítulo se presenta el marco teórico del mismo, tratando de recopilar bastante información accesible a los

estudiantes de las asignaturas de fenómenos de superficie, y a los de la nueva asignatura de fenómenos de transporte un panorama muy general del comportamiento de los fluidos no newtonianos y de los surfactantes más comunmente usados en la elaboración de champues.

En el capítulo 2 se presentan los aspectos teóricos y las técnicas empleadas para obtener los datos experimentales, así como estos últimos en forma de tablas y gráficas, para tener un acceso más fácil.

Posteriormente se hace un análisis de los resultados obtenidos, junto con recomendaciones de uso en base a lo anteriormente experimentado, en el capítulo 3. Posteriormente se presentan las conclusiones obtenidas en base al trabajo desarrollado basándonos en el marco teórico.

Finalmente, se presenta la bibliografía empleada para la fundamentación del presente trabajo.

S.F.R.

Marzo de 1990.

CAPITULO 1

MARCO TEORICO.

1.1 REOLOGIA.

1.1.1 Generalidades.

La Reología es la ciencia que estudia la deformación y flujo de la materia. Su estudio ha contribuido a clarificar mucho las ideas relativas a la naturaleza de los sistemas coloidales.

Un cuerpo (colección de materia) se dice que se *deforma*, cuando debido a la aplicación de un sistema adecuado de fuerzas; se altera la forma o tamaño del mismo. Se dice que un cuerpo *fluye*, cuando su grado de deformación cambia continuamente con el tiempo.

La finalidad de la reología es predecir el sistema de fuerzas necesario que causan una deformación o flujo en un cuerpo, o de otra forma, la predicción de la deformación o flujo resultantes debido a la aplicación de un sistema de fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Si el cuerpo considerado es un *fluido*, la aplicación de cualquier sistema de fuerzas

anisotrópico¹ y no homogéneo², por pequeño que sea, dará resultado a un flujo. El suprimir la aplicación del sistema de fuerzas parcialmente, no dará como resultado el que el cuerpo retome su estado inicial de no deformación. Por otra parte, si el cuerpo es un sólido elástico, la aplicación de cualquier sistema no homogéneo de fuerzas, ya sea isotrópico o anisotrópico, lo deformará, pero no existirá un flujo. Al suprimir el sistema de fuerzas, el cuerpo retornará a su estado original. Si el cuerpo que consideramos es un plástico, este fluirá como fluido si la fuerza aplicada excede un valor crítico, de otro modo; el cuerpo se deformará como un sólido elástico.

Es bien claro que disciplinas como la hidráulica, la mecánica de fluidos, la plasticidad, resistencia de materiales, y la ingeniería estructural tienen sus fundamentos, al menos en parte, en la ciencia de la Reología; la otra parte fundamental se encuentra en la Mecánica.

El método seguido por estas disciplinas es combinar un resultado reológico, con los requerimientos mecánicos y, de esta manera obtener resultados útiles e interesantes acerca de la clase de materiales en estudio. Podemos concluir que la reología y la mecánica, son la madre y el padre de los diferentes campos antes mencionados.

1 Diferente en diferentes direcciones.

2 Diferente en diferentes posiciones.

Además de la importancia teórica de la reología, esta ciencia es muy interesante también, desde un punto de vista práctico.

En muchos, si no es que en todas las ramas de la industria, hay que enfrentarse con el problema del diseño de aparatos para transportar o procesar sustancias que no se adecuan a alguno de los patrones clásicos del comportamiento de los materiales. Enumeremos algunos ejemplos: El lodo empleado para perforación petrolera podría ser un plástico; las suspensiones de la pulpa de papel exhiben efectos dependientes del tiempo no usuales; los plásticos fundidos presentan comportamientos viscoelásticos pronunciados; los fluidos *no-Newtonianos* y plásticos se presentan por doquier en la industria de los alimentos, donde se manejan pastas, suspensiones espesas, o emulsiones. Muchos aceites y grasas lubricantes son *no-Newtonianos*; y los fluidos *no-Newtonianos* se encuentran en la industria farmacéutica en los caldos de fermentación también. En la industria de los cosméticos (champues) como los fluidos pseudoplásticos y dilatantes son sumamente comunes, y por tanto es necesario el diseñar los equipos pensando en estas propiedades de los mismos.

De este modo, la reología no es un mero grupo de teorías o un terreno de juego para los matemáticos, sino que puede ayudar a resolver problemas actuales; que tiene interés práctico.

1.1.2 Fenómenos Reológicos.

Clasificación Reológica de los materiales

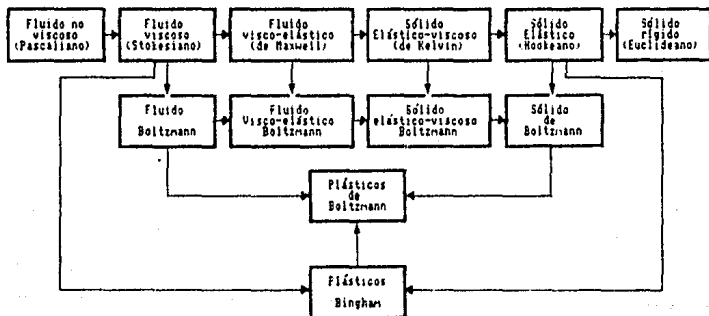


Figura 1. clasificación reológica de los materiales

Naturalmente que cualquier esquema tiende a ser ideal y arbitrario, basándonos en el segundo axioma de la reología, que dice que "*todos los materiales tienen propiedades reológicas*". La progresión del esquema mostrado en la Figura 1, parte de los materiales menos consistentes a los más consistentes. En el lado izquierdo están los fluidos pascalianos o no viscosos, los cuales no pueden soportar ningún esfuerzo cortante, sea cual fuere; a la derecha tenemos los Euclidianos, o sólidos rígidos, los cuales no pueden ser deformados.

La figura 1 está basada en el comportamiento al corte de los materiales. Por lo anterior, no podemos considerar el comportamiento de los materiales bajo una presión isotrópica; de acuerdo con el primer axioma de la reología "*Todos los materiales se comportan de manera similar* (bajo una presión isotrópica); son pura y simplemente elásticos.³ "

1.2 VISCOSIDAD NEWTONIANA.

1.2.1 Aspectos Generales.

La viscosidad de un líquido es la medida de la resistencia interna que este ofrece al movimiento relativo de sus diferentes partes. Cuando la fuerza de cizalladura por unidad de área " τ " entre dos planos paralelos de líquido en

³ M. Reiner, p. 4; el primer axioma tiene sin embargo excepciones.

movimiento es proporcional al gradiente de velocidad dv/dx se llama viscosidad newtoniana:

$$\tau = \eta \, dv/dx \quad (1)$$

donde η es el *coeficiente de viscosidad*. El análisis dimensional de η es $(\text{masa})(\text{longitud})^{-1}(\text{tiempo})^{-1}$.

Para la mayoría de los líquidos puros y para muchas disoluciones y dispersiones η es una cantidad bien definida a una temperatura y presión dadas, que es independiente de τ y de dv/dx , siempre que el flujo sea laminar. En otras disoluciones y dispersiones, de un modo especial si las partículas son asimétricas, se observan desviaciones del flujo Newtoniano. Las causas principales de que el flujo sea no-Newtoniano son la formación de una estructura a través del sistema y la orientación de partículas asimétricas producida por el gradiente de velocidad.

Existe una considerable confusión concerniente a las unidades en que se expresa la viscosidad, por tanto, se deben emplear las unidades apropiadas en toda fórmula en que se sustituyan los valores de viscosidad. En el sistema C.G.S. o en el métrico, la unidad absoluta de viscosidad es el *poise* que equivale a 100 centipoise^1 . El poise tiene dimensiones de $(\text{gramos})(\text{segundo})^{-1}(\text{centimetro})^{-1}$.

¹ 1 mPa.s = 1 cP

1.3 FLUIDOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO.

1.3.1 Clasificación de los diferentes fluidos.

Los fluidos *no* dependientes del tiempo o puramente viscosos son aquellos cuya viscosidad no depende de la duración de su flujo ni tampoco del tiempo de aplicación de la fuerza. Esta clase de fluidos, sin embargo, incluye al bien comprendido subgrupo de los fluidos *newtonianos* y al no tanto de los *no newtonianos*.

Antes de seguir con la descripción de las propiedades de los fluidos independientes del tiempo, sería instructivo conocer que relación guardan con respecto a otros tipos de fluidos. La clasificación es según A. A. Collyer⁵ y es como sigue:

1.- Fluidos independientes del tiempo o puramente viscosos.

- a) fluidos newtonianos.
- b) fluidos no-newtonianos.

*2.- Fluidos dependientes del tiempo.*⁷

- a) Fluidos tixotrópicos.

⁵ Harris J., " Rheology and non-newtonian flow ", Longman (1977), USA.

Make un clasificación algo diferente, que se presenta más adelante.

b) Fluidos tixotrópicos negativos.

3.- Fluidos Viscoelásticos.

4.- *Fluidos reológicos complejos*: Estos presentan una combinación de propiedades de al menos dos de cualquiera de los anteriores.

1.3.2 Aspectos generales de los fluidos independientes del tiempo.

Esta clasificación de fluidos se caracteriza por el hecho de que, manteniendo condiciones isotérmicas en el fluido, la velocidad de corte depende solamente del esfuerzo de corte y es una simple función dependiente de este. Los fluidos newtonianos tienen una viscosidad que es independiente de la velocidad de corte, este comportamiento es presentado por todos los gases y, en general, líquidos y soluciones de materiales de bajo peso molecular. En estos líquidos, la disipación viscosa de la energía es causada por las colisiones entre las moléculas pequeñas. Por esto es comprensible que líquidos newtonianos pudieran convertirse en no-newtonianos, a altos esfuerzos de corte.

1.3.3 Fluidos Newtonianos.

Estos fluidos son llamados de esta forma debido a que ellos

obedecen la ecuación de Newton, la cual establece que la velocidad de corte du/dx es directamente proporcional a el esfuerzo de corte τ , en condiciones de flujo laminar.

$$\tau = \eta \, du/dx \quad (1)$$

donde η es la viscosidad y es una constante a una temperatura dada para un fluido en particular.

Consideremos una placa delgada de un fluido newtoniano entre dos planos paralelos, el plano a que se mueve con una velocidad u y un plano b el cual permanece estacionario (Figura 2). El plano móvil se mantiene a una velocidad u por una fuerza de corte F , la cual está balanceada por la fuerza viscosa interna en el fluido debida a su viscosidad. La velocidad de las capas de fluido entre a y b varían desde u hasta cero en forma lineal, debido a que F y η son constantes. La razón de cambio de velocidad con la distancia al plano b es precisamente du/dx , o en este caso u/x . La ecuación (1) puede ser reescrita como:

$$F/A = \eta \, u/x \quad (2)$$

donde A es el área sobre la que actúa la fuerza F .

Esto es $F = \eta A \times$ gradiente de velocidad, la cual es la

forma más familiar a la fórmula de Newton⁶. Algunos ejemplos de fluidos newtonianos son el agua, acetona, tetracloruro de carbono, mercurio y algunos aceites. Valores típicos de viscosidad a 20 °C son: agua 1.00 cP, mercurio 1.55 cP, aire 181 μ P.

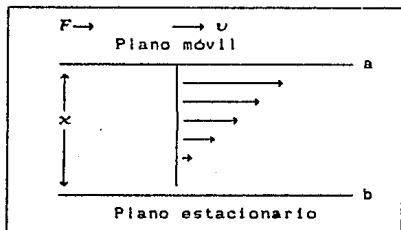


Figura 2. Flujo de un fluido Newtoniano entre dos planos.

Resumiendo, podríamos decir sobre el término de los fluidos newtonianos que:

1) *El esfuerzo que actúa sobre un elemento de material es proporcional a la correspondiente primera derivada de la tensión con respecto al tiempo. La constante de proporcionalidad es llamada viscosidad.*

2) *La viscosidad es independiente del tiempo.*

3) *La viscosidad es independiente de la tensión medida a partir de cualquier estado de referencia.*

⁶ Sir Isaac Newton, *Principia*, lib. II, sec. IX.

4) *La viscosidad es independiente de las derivadas del tiempo, o de las integrales de la tensión de cualquier orden.*

El campo de la reología trata las varias desviaciones a las condiciones anteriores que se requieren para que exista flujo newtoniano.

La interpretación moderna de la ley de viscosidad de Newton habla de que el componente anisotrópico del esfuerzo, es proporcional a la correspondiente velocidad de deformación en un flujo isotérmico.

1.3.4 Fluidos no-Newtonianos.

A) Generalidades.

La teoría del flujo de líquidos cuyo comportamiento al corte puede ser descrito en términos de un simple coeficiente constante de viscosidad, usualmente son conocidos como *Newtonianos*, y se encuentran extensamente tratados en los libros de texto. Pero el comportamiento de líquidos, los cuales parecen tener diferentes viscosidades cuando son observados en diferentes clases de aparatos, o a diferentes velocidades de flujo dentro del mismo aparato, bajo condiciones uniformes de temperatura; no son precisamente los que presentan la mayor facilidad de análisis teórico.

A este tipo de fluidos son a los que se les conoce como fluidos *no-Newtonianos*.

La viscosidad de los fluidos no-newtonianos es función sencillamente valuada de la velocidad de corte. Soluciones de alto peso molecular, particularmente polímeros grandes y suspensiones de sólidos en líquidos caen dentro de esta clasificación. En el último caso, las soluciones se tornan grandemente no-newtonianas en cuanto el material sólido se incrementa o si el sólido tiende a crecer o a asociarse con la fase fluida. Las soluciones de polímeros se convierten en viscoelásticas (esto es, ellas tienen elasticidad como también viscosidad) tanto como la concentración y el peso molecular se incrementen.

En contraste con los fluidos newtonianos, las propiedades de los no-newtonianos son causadas por la disipación de la energía viscosa, ocasionada por las colisiones entre las estructuras coloidales. Dentro de este subgrupo existen tres tipos principales: Los plásticos Bingham y los plásticos, los materiales con descenso gradual de su viscosidad aparente (pseudoplásticos) y ; los que presentan un aumento gradual en su viscosidad aparente al aplicárseles un esfuerzo de corte (dilatantes).

A continuación se presentá una gráfica que reúne a los fluidos independientes del tiempo.

Esfuerzo de
corte p .

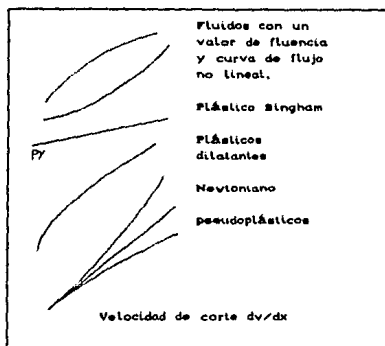


Figura 3. Curvas características de los fluidos independientes del tiempo.

Anteriormente se presentó una clasificación de los fluidos incluyendo a los *newtonianos* como parte de los *independientes* del tiempo. Basándonos en dos fuentes más recientes, se presentará una clasificación propia para los fluidos *no-newtonianos*; según Harris y Shaw.⁷

⁷ Ellos presentan a los fluidos *no-newtonianos*, englobando varios grupos clasificados *independientemente*.

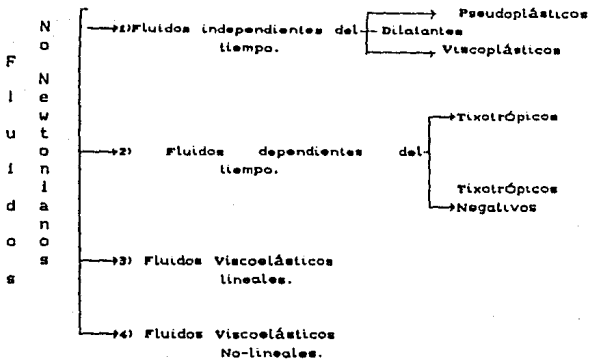


Figura 4. Clasificación de los fluidos no-newtonianos.

A continuación se hará una descripción detallada de los incisos comprendidos anteriormente.

B) Fluidos Independientes del tiempo.

B.1) Fluidos Pseudoplásticos.

El comportamiento de los fluidos pseudoplásticos se caracteriza por una *disminución* gradual, independiente del tiempo, de la viscosidad aparente, al aumentar la velocidad de cizalladura y que puede aparecer por varias causas. Este comportamiento es completamente reversible sin existir un retraso en el tiempo.

El término de viscosidad aparente es empleado porque un fluido pseudoplástico puede tener un gran intervalo de viscosidad, dependiendo de la velocidad de corte.

Si en un sistema coloidal hay agregación de partículas, el aumento de la velocidad tenderá a romper los agregados, por lo cual queda determinado entre otras cosas, una disminución en la cantidad de disolvente inmovilizado por las partículas, y por lo tanto desciende la viscosidad aparente del sistema.

La pseudoplasticidad es muy común en sistemas con partículas asimétricas. Estas perturban las líneas de flujo en mayor proporción cuando están orientadas al *azar* a bajos gradientes de velocidad, que cuando se *alinean* a gradientes altos. Además, la interacción de las partículas y la inmovilización de disolventes están favorecidos cuando la orientación al *azar* prevalece en el sistema.

La viscosidad aparente de un sistema pseudoplástico es más susceptible a los cambios de velocidad de cizalladura en la zona intermedia de velocidades, para lo cual hay un equilibrio entre desorden y alineación, y entre agregación y dispersión.

Una gráfica logarítmica del esfuerzo cortante contra la velocidad de corte, es generalmente lineal para este tipo de fluidos, de pendiente n menor a la unidad y; siendo algunas

veces tan pequeña como 0.1. Ver Figura 5.

En los extremos de la curva la pendiente n es casi la unidad, esto es, $n=1$, mostrando que a altas y bajas velocidades de corte, los fluidos pseudoplásticos tienen casi un comportamiento newtoniano. Como resultado de la existencia de una región recta en la gráfica, una relación empírica entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte, conocida como la ley de la potencia; se emplea para describir el flujo de este tipo de fluidos:

$$P = k(dv/dx)^n \quad (3)$$

donde k y n son constantes para un fluido en particular, y $n < 1$. Para fluidos newtonianos $n = 1$.

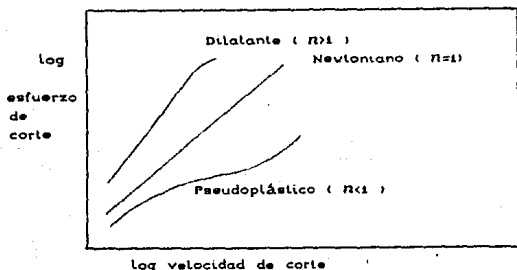


Figura 5. Gráfica logarítmica entre el esfuerzo y la velocidad de corte para los fluidos pseudoplásticos y dilatantes.

B.2) Fluidos Dilatantes.

En los fluidos dilatantes, la viscosidad aparente sufre un *aumento* al incrementarse la velocidad de cizalladura. Este fenómeno es completamente reversible sin existir un retardo en el tiempo.

El comportamiento dilatante se presenta especialmente en pastas de partículas defloculadas densamente empaquetadas, en las cuales existe líquido solamente para llenar los espacios vacíos. Cuando se incrementa la velocidad de cizalladura, este empaquetamiento compacto ha de romperse para que las partículas puedan fluir y adelantarse unas a otras. La expansión que resulta hace que no haya suficiente líquido para llenar los huecos entre partículas, con lo que las fuerzas de tensión superficial se opondrán al fenómeno.

Podemos pensar en la arena de playa cuando mojada, pareciera que se seca y se tornara firme cuando caminamos sobre ella.

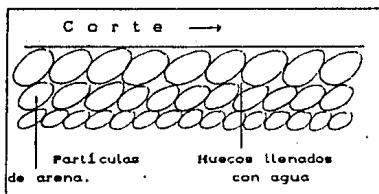


Figura 6. Modelo de Reynolds para el comportamiento dilatante.

B.3) Fluidos Plásticos.

Este tipo de comportamiento es parecido a la pseudoplasticidad excepto que se necesita superar un cierto valor para que se inicie el flujo. La tensión aplicada que corresponde a una cierta velocidad de deformación pequeña, que se escoge de manera arbitraria, es lo que se llama *valor de fluencia*.

La viscoplasticidad es causada por un reticulado estructural continuo que le da rigidez a la muestra y que ha de romperse antes de que pueda haber flujo.

La arcilla de modelar, los lodos de perforación y ciertas dispersiones de pigmentos son algunos ejemplos de dispersiones viscoplásticas. Las suspensiones de negro de humo en aceite hidrocarburo al permanecer en reposo, presentan con frecuencia un valor de fluencia y, se hacen conductoras debido al contacto entre las partículas de carbono, que se extiende a través de todo el sistema.

Dentro de esta clasificación se encuentran los llamados plásticos Bingham (ver curva Figura 3). En la curva anteriormente citada se muestra que para valores de $P < P_y$ la viscosidad es infinita, mientras que para valores de $P > P_y$,

⁹ VOET, A. J. phys. Chem., 61, 305(1957).

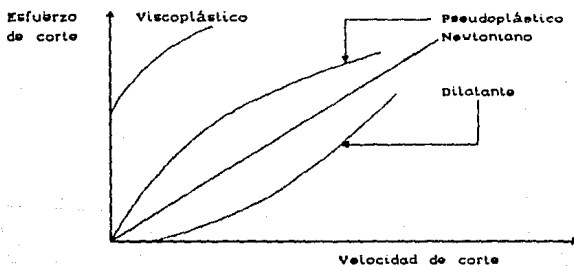
$$P - P_y = \eta \, dv/dx$$

(4)

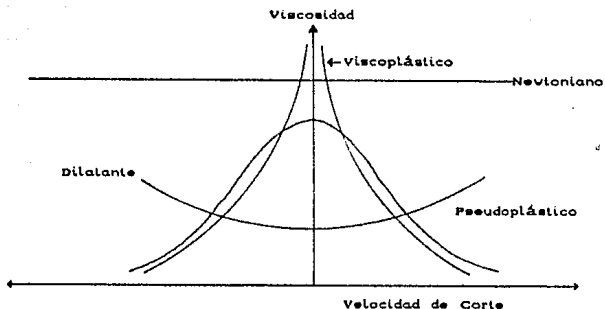
donde η es llamada usualmente coeficiente de rigidez o el coeficiente de viscosidad plástica, P_y es el esfuerzo de fluencia.

Valores típicos de η y P_y para cemento fresco son 2400 cp y 48 N m^{-2} dependiendo de la relación de cemento-agua. Valores para primers de metal son de 30 a 120 cp y 0 a 3 N m^{-2} .

A continuación se muestran un par de gráficas que resumen los tres tipos de comportamientos independientes del tiempo.



a) Curvas de Flujo



b) Curvas viscosidad/velocidad de corte

Figura 7. Clasificación de fluidos independientes del tiempo.

C) Fluidos dependientes del tiempo.

C.1) Tixotropía.

El significado de la palabra *tixotropía* es " cambio debido al toque ", y cuando estos materiales sufren cizalladura su viscosidad aparente decrece mientras continúe el corte; los materiales se convierten en " corredizos " cuando se agitan (formando un sol) y retoman su estado original cuando cesa el esfuerzo de corte que se les aplica (formando un gel). En términos científicos es la transformación isotérmica reversible, en donde se presenta gel-sol-gel. Se debe notar que los cambios en los fluidos tixotrópicos rara vez son tan

dramáticos como se mencionó anteriormente. En el rompimiento tixotrópico de las estructuras hay dos efectos ocurriendo simultáneamente: (a) un decremento en la viscosidad aparente debida al movimiento (rompimiento de estructura con el tiempo); (b) un decremento en la viscosidad aparente debida a un incremento en la velocidad de corte (rompimiento de estructura por la velocidad de corte).

Cuando a un fluido tixotrópico se le suspende el esfuerzo cortante, la estructura interna del mismo se reconstituirá a una velocidad igual a la que ocasionó el primer cambio. A este fenómeno se le llama *tixotropía simétrica*.

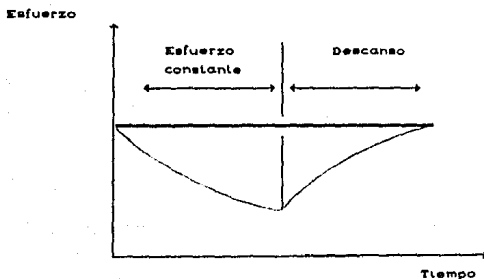


Figura 8. Comportamiento de un fluido tixotrópico (simétrico).

Se puede obtener un ciclo de histéresis tixotrópica si se aplica un esfuerzo de corte creciente, mediante la variación

de la velocidad de corte; y después disminuyendo en forma gradual esta última.

Algunos ejemplos de este tipo de fluidos los encontramos en los geles débiles, tales como soles de óxido férrico, alúmina y muchas arcillas (especialmente las bentonitas) que se pueden volver "líquido" al agitarlas y "sólido" al quedar en reposo. Las disoluciones de altos polímeros, son en cierta manera tixotrópicas. De igual forma muchos champúes comerciales presentan este fenómeno.

Existen algunos fluidos que reconstruyen sus estructuras más rápidamente cuando se les agita suavemente o sus contenedores son girados lentamente con las manos. Estos son los llamados fluidos reopécticos^q, de *pectus* que significa solidificado o cuajado. Estos fluidos son tixotrópicos en su naturaleza, con la salvedad de que su estructura puede reconstruirse más rápidamente con un corte suave. Este fenómeno es análogo a la dilatancia dependiente del tiempo, es decir la viscosidad aumenta al aumentar el tiempo de corte. Este fenómeno a veces se observa como una aceleración de la recuperación tixotrópica. Como ejemplo de este fenómeno tenemos suspensiones de Bentonita, las cuales a veces se "solidifican" solo lentamente si se dejan en reposo, pero ^q No confundir con los fluidos tixotrópicos negativos, ya que en algunos textos lo toman como sinónimos.

con una leve agitación lo hacen bastan de prisa.

La tixotropía es un fenómeno que requiere de partículas anisotrópicas muy suavemente empacadas. Partículas con formas diferentes producen este fenómeno, y partículas con forma de agujas largas, discos planos o partículas poliméricas acentúan más el comportamiento que partículas de forma uniforme como pudieran ser las esféricas.

Actualmente el mecanismo exacto causante de la tixotropía es incierto. Existen varias teorías y cualquiera de ellas toma en cuenta la posible existencia de un valor de fluencia, al igual que una dependencia de su comportamiento con el tiempo.

En una teoría, que se aplica a sistemas generales, se supone que la fuerza de corte puede ser dividida en dos partes:

- (a) Aquella que rompe los enlaces, sin producir flujo;
- (b) aquella que produce el flujo.

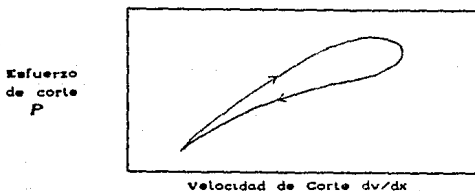


Figura 9. Ciclo de histéresis para un fluido Tixotrópico.

C.2) Tixotropía Negativa.

Este tipo de comportamiento es mucho menos común que el tixotrópico. Su viscosidad aparente aumenta con la velocidad y la duración del corte, resultando una transformación isotérmica reversible sol-gel-sol. Esto sucede solo a velocidades moderadas de corte, y arriba de cierto valor de velocidad la estructura no se forma.

Los ciclos de histéresis para este tipo de fluidos son similares a los de la figura 9, con la salvedad de que la dirección de las curvas es al revés. La curva inferior será recta si no existe cambio en la estructura después de haber alcanzado la máxima velocidad de corte. Se ha observado este fenómeno en vinil plásticol.

Eliassof *et al* (1955) explicaron este fenómeno en soluciones de ácido poliacrílico postulando que se forma un mayor número de enlaces intermoleculares durante el período de movimiento que, cuando el sistema está en reposo. Durante el flujo, la frecuencia de colisiones entre los grupos de diferentes moléculas poliméricas se incrementa, permitiendo la formación de una red y la formación de un gel. El movimiento causa un incremento entre las fuerzas de enlace intermoleculares.

Tan pronto como se forma la estructura, los enlaces se rompen por el corte, debido a que son débiles, de igual forma que como sucede en la tixotropía, pero en soluciones sobre las que actúa una velocidad moderada de corte, las estructuras que se rompen se ven enmascaradas por el proceso de formación de estructuras.

Podemos enumerar algunas aplicaciones de la tixotropía en el campo de las pinturas donde se requiere que el líquido sea extendido por causa de una alta velocidad de corte y no deje irregularidades sobre la superficie en cuestión. En las pastas también es importante el comportamiento tixotrópico, principalmente cuando hay que llenar los recipientes contenedores. El conocimiento del comportamiento de este flujo es importante, ya que el control automático se basa en que pueda obtenerse un " punto de consistencia final ", o bien que se pueda tener un valor de fluencia en cremas para afeitar, pastas dentales, oleos para pintores, etc.

En general, la tixotropía negativa es un fenómeno indeseable del mismo modo que la *fastidiosa* dilatación. En dondequiera que exista un proceso en el cual se debe mover rápidamente un fluido, este fenómeno causaría un incremento en la viscosidad aparente que pudiera impedir que el proceso se desarrollara en forma eficiente. Afortunadamente la tixotropía negativa no

se presenta a elevadas velocidades de corte, y así uno puede bombear tales fluidos por las tuberías a altas velocidades. Es a velocidades medianas donde este fenómeno pudiera ser un estorbo.

D) Fluidos Viscoelásticos lineales.

Cuando se aplica una tensión a un sólido elástico típico, de manera inmediata aparece una deformación que es proporcional a la tensión aplicada y permanentemente constante; es decir, que cumple con la ley de Hooke. Al cesar la tensión, la energía elástica almacenada por el sólido se libera y este inmediatamente recupera su forma inicial. Los líquidos newtonianos, por otra parte, se deforman a una velocidad proporcional a la tensión aplicada y no presentan ninguna recuperación al cesar la tensión, ya que la energía empleada en vencer la resistencia interna de fricción se disipa como energía calórica.

Cuando sucede esto con materiales viscoelásticos, parte de la energía se almacena elásticamente, cuando varias partes del sistema se deforman a nuevas posiciones relativas que no se encuentran en equilibrio entre sí. El resto se disipa como calor, al fluir varias partes del sistema a nuevas posiciones de equilibrio. Si el movimiento de los segmentos a posiciones en desequilibrio mutuo está dificultado, la deformación

elástica y la recuperación del material son dependientes del tiempo (elasticidad retardada).

Se ha diseñado un gran número de instrumentos (plastómetros, penetrómetros, extensiómetros, etc.) y procedimientos para medir el comportamiento reológico de los distintos materiales viscoelásticos. Sin embargo, los resultados que se obtienen con la mayoría de estos aparatos tienen muy poco significado fundamental, debido a que la tensión aplicada no se distribuye uniformemente en toda la muestra y lo que se mide es el modo de comportarse del material en el aparato en particular. A pesar de todo, estos instrumentos empíricos son indispensables como método de control y ensayo en la industria , cuando normalmente no es suficiente tener un valor arbitrario que tenga alguna relación con la propiedad mecánica que se considera.

Para medir las propiedades elásticas y viscosas que son características del material en estudio y que no dependen de la naturaleza del aparato empleado, la tensión aplicada y la deformación que resulte han de ser uniformes en toda la muestra. Los métodos del cilindro concéntrico, y del cono y la lámina cumplen aproximadamente estos requisitos. Para materiales que se sostienen solos, las medidas de la cizalladura de muestras rectangulares, por ejemplo, se

ajustan a la idealidad. Las medidas de *fluencia* lenta están basadas en la aplicación de una tensión constante a la muestra, normalmente una tensión de cizalladura, y la medida de la deformación resultante en función del tiempo. La figura 10 representan una curva típica de fluencia y recuperación. En las medidas de *tensión-relajación* se somete la muestra a una deformación, predeterminada e instantánea, y se mide la caída con el tiempo de la tensión en la muestra a medida que los segmentos estructurales fluyen a posiciones más relajadas.

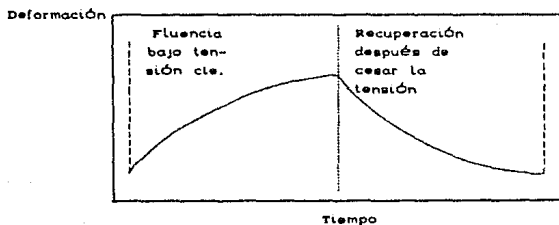


Figura 10. Curva de fluencia y recuperación para un material viscoelástico.

D.1 Efecto Weissenberg.

Una característica del comportamiento viscoelástico es la tendencia a que el flujo tenga lugar en ángulo recto respecto a la fuerza aplicada. Cuando se sumerge una varilla que gira

en el seno de un líquido newtoniano, el líquido se pone en rotación y tiende a desplazarse hacia la pared, dejando una depresión alrededor de la varilla. Cuando la varilla que gira se sumerge en el seno de un líquido no-newtoniano (viscoelástico), este puede realmente trepar por la varilla. La rotación de la varilla produce una cizalladura circular y, por su naturaleza elástica, actúa como una " banda de goma " tensa cuya tendencia es a empujar el líquido hacia el centro del contenedor y, por lo tanto, hacia arriba del mismo.

E) Fluidos Viscoelásticos No lineales.

Hablamos de viscoelasticidad lineal cuando la respuesta (deformación/tensión) dependiente del tiempo no está relacionada con la magnitud de la tensión aplicada. Todos los materiales tienen un límite de linealidad (Ver tabla 1).

Tabla 1. Límites de Viscoelasticidad lineal

Material	Tensión [Nm^{-2}]	Deformación (%)
Elastómeros	10^6 hasta 10^7	10 hasta 100
Plásticos	10^6 hasta 10^7	10 hasta 1
Grasas	10^2	10^{-2}

El límite en los casos de los elastómeros es grande, porque su deformación es de naturaleza entrópica y no implica ni rotura ni nueva formación de enlaces.

Los materiales viscoelásticos tienen de límites de linealidad mucho más bajos. Para que los segmentos o partículas en estos sistemas se mueven relativamente (exista flujo) sin que haya un debilitamiento del material, es preciso que las fuerzas específicas y no específicas entre ellas se venzan y restablezcan a la misma velocidad en las nuevas posiciones. Si la tensión deformadora es tal que estas fuerzas no se restablecen tan rápidamente como se van venciendo, la estructura del material se va debilitando. Las fuerzas restantes en ciertas secciones transversales entre las unidades estructurales, se vencen todavía con más facilidad por la tensión aplicada y entonces puede agrietarse la muestra. Los materiales con límites de linealidad viscoelástica bajos son, por consiguiente, los que se ablandan fácilmente, trabajados en frío.

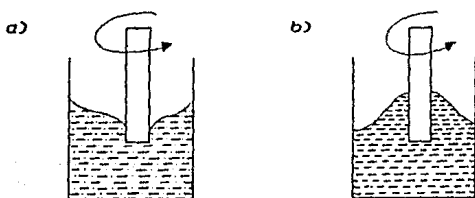


Figura 11. El efecto Weissenberg.
a) Líquido Newtoniano
b) Líquido viscoelástico

1.4 PROPIEDADES DE LOS CHAMPUES.

1.4.1 Definición.

Un champú es cualquier sustancia o método empleado para la limpieza del cabello y cuero cabelludo.

Entre las características que debe cumplir un champú tenemos: Este debiera limpiar el cabello y el cuero cabelludo completamente sin causar daño o irritar, no debiera remover mucha de la grasa natural del cuero cabelludo, debiera ser medianamente alcalino (pH 8-9.5), no debiera producir sebo insoluble in el agua o sobre el cabello, debiera dejar el cabello suave y brillante, debiera poder retirarse con facilidad, y debiera ser barato. Tales características son ideales. Algunas encuestas entre los consumidores mostraron que se conformaban con tres propiedades: Jabonadura abundante, una fragancia agradable y un cabello brillante.

1.4.2 Jabones para champues.

Los jabones empleados para la producción son presentados de varias formas, tales como; barras y tortas las cuales se cortan, granulados y gelatinas que son disueltos; todo esto para preparar champues líquidos de la concentración deseada.

Las bases de los jabones son el aceite de olivo el cual ha sido considerado como el mejor para cabello y cuero cabelludo, pero que produce poca jabonadura. Todos los derivados del aceite de coco, por el contrario, producen mucha jabonadura, así, los consumidores prefieren este tipo de jabón (hecho con esta materia) sobre el de aceite de olivo. Sin embargo el aceite de coco produce mucha irritación y resequedad en la piel de muchos usuarios. Otros aceites y grasas adecuados para los jabones en champues son la almendra, el aceite de ricino, el de semillas de algodón, cacahuete y el del núcleo de la palma, el de pescado, manteca de cerdo y el sebo de res.

1.4.3 Detergencia.

Desarrollar un sistema detergente que se adapte al cabello no es una tarea fácil, debido a la variabilidad del sustrato y el proceso. Aun y cuando los champues debieran remover más arena que aceite, el problema de la limpieza del cabello es primordialmente el remover la grasa.

La detergencia comprende los siguientes procesos:

1. La solución detergente debe ser capaz de humedecer ambas partes, la suciedad y el sustrato, que es el cabello;

disminuyendo la tensión superficial.

2. La tensión interfacial debe reducirse de tal manera que permita a las partículas de suciedad y grasa ser desplazadas de la solución detergente.

3. las partículas de suciedad deben dispersarse de tal modo que puedan ser eliminadas por el lavado.

En un detergente la parte polar de la molécula debe tener alguna afinidad por la superficie a humedecer (en este caso el cabello) de manera que las moléculas de detergente en la interface entre el cabello y el agua " arrastren " el agua sobre la superficie del cabello. Siendo así, la solución detergente penetra debajo de la capa oleosa y la levanta, eventualmente se forman partículas esféricas las cuales son disueltas por el detergente.

La diferencia esencial entre el detergente y un simple emulsificador reside en que, el grupo polar puede desplazar la grasa de la superficie y, en el lavado del cabello esta es la propiedad más importante.

1.4.4 Clasificación y composición de los champúes.

Los ingredientes principales en una formulación de champú son los siguientes:

- a) Surfactantes (Agentes limpiadores o espumantes).
- b) Aumentadores y estabilizadores de espuma.
- c) Agentes acondicionadores.
- d) Aditivos especiales.
- e) Conservativos.
- f) Agentes secuestrantes.
- g) Modificadores de la viscosidad (agentes espesantes o adelgazantes).
- h) Agentes opacantes o clarificantes
- i) Colorantes.
- j) Estabilizadores (agentes suspendientes, antioxidantes, absorbentes de U.V.)

De una manera más general podemos clasificarlos como:

- 1) Surfactantes principales para detergencia y espuma.
- 2) Surfactantes auxiliares para mejorar la detergencia, espuma, y condición del cabello.
- 3) Aditivos para completar la formulación y dar efectos especiales.

1.4.5 Surfactantes en champues.

Los detergentes no iónicos tiene suficiente actividad limpiadora para ser considerados para usarse en los champues, pero no poseen un suficiente poder espumante.

Los detergentes catiónicos aparecerían como ideales para los champues, debido a que tienen un buen poder tanto limpiador como espumante. En suma dejan el cabello fácil de peinar y lustroso, así como libre de carga electrostática. Estos detergentes son dañinos al tejido de la córnea, sin embargo ahora se obtienen detergentes catiónicos que mezclados con no iónicos y anfotéricos, reducen su agresividad irritante.

A) Surfactantes aniónicos.

Los jabones son sales metálicas o de alcanolamina de ácidos grasos, la mayoría de estos se obtienen a partir de la saponificación de aceites vegetales o grasas animales. Ellos fueron las primeras bases para los champues.

Como ejemplo de estos tenemos a los sulfonatos de parafinas, los sulfonatos de alquilo benceno, los sulfatos de alquilo, etc.

B) Surfactantes no iónicos.

Las alcanolamidas de ácidos grasos tienen una gran importancia como aditivos para detergentes aniónicos. Estos se usan comunmente con los sulfatos láuricos, y adicionados a los champues en una proporción de entre 10 y 15 por ciento, tienen las siguientes propiedades:

1. Se incrementa la solubilidad del sulfato láurico.
2. Se incremente la viscosidad de la solución.
3. Los efectos posteriores sobre el cabello son mejores debido a que tienen propiedades suavizantes.
4. El volumen y la riqueza de la jabonadura se ve mejora sensiblemente.

Como ejemplos de este tipo tenemos a los derivados polialcoxilados, alcoholes grasos etoxilados, aminas grasas etoxiladas y amidas de ácidos grasos.

C) Surfactantes anfotéricos.

Este tipo está muy de moda en el desarrollo de champues suaves. Su compatibilidad con otros detergentes, su equilibrio iónico junto con sus potencialidades aniónico/catiónicas (dependientes del pH), permiten que su

uso sea muy flexible; en resumen pudieran contribuir a los efectos de acondicionador en el cabello.

Pueden ser clasificados dentro de tres grupos:

1. Aminoácidos N-sustituidos de cadena larga.
2. Betainas de cadena larga.
3. Derivados de imidazolína de cadena larga.

D) Surfactantes catiónicos.

En términos generales, las propiedades de estos surfactantes son inferiores a las de los aniónicos. Aunado a lo anterior, la fuerte afinidad por las proteínas tales como la queratina, pueden inducir la redepósito de suciedad sobre la fibra durante el lavado. Algunos descubrimientos interesantes han tenido lugar en este campo: La compatibilidad de estos surfactantes con los aniónicos y la depresión de la espuma puede evitarse con una formulación apropiada y una adecuada selección de surfactantes catiónicos.

CAPITULO 2

DESARROLLO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS.

En el presente trabajo se determinaron diferentes propiedades fisicoquímicas a las 20 sustancias estudiadas (champues de diferentes tipos y marcas comerciales), a continuación se enlistan las mismas:

- 1) Densidad
- 2) Potencial hidrógeno (pH)
- 3) Viscosidad
 - a) Viscosímetro de caída de bola (Fluidos newtonianos).
 - b) Viscosímetro Brookfield (Fluidos no newtonianos).
- 4) Tensión superficial

A continuación se dará una descripción del trabajo realizado para realizar cada determinación.

2.1 DENSIDAD Y pH.

2.1.1 Densidad.

Esta propiedad se determinó mediante la diferencia de pesos en un matraz aforado de 50 ml vacío y uno con muestra, debido

a que no se contaba con suficiente volumen de muestra para emplear un densímetro.

Material:

- a) Matraces aforados de 25 ml.
- b) Vasos de precipitados de 250 ml.
- c) Balanza analítica digital.
- d) Pizetas.
- e) Medidor de pH con detector de temperatura (digital).

Sustancias:

- a) Champues.
- b) Agua destilada.
- c) Alcohol.
- d) Acetona.

Procedimiento.

Se lavaron los matraces aforados con agua y se enjuagaron con agua destilada y posteriormente con alcohol y acetona (para quitar los residuos de agua). Se pesó un matraz seco y vacío en la balanza, y después se hizo lo mismo pero ya con los 25 ml de muestra. Se hizo la diferencia de los pesos y mediante la ecuación (5) se obtuvo el valor de la densidad:

$$\rho = m/V \quad (5)$$

donde: m = diferencia de pesos entre el matraz vacío y el
lleno [g]
 V = Volumen de la muestra [ml]
 ρ = densidad [g/ml]

2.1.1 Medición de pH.

Con el mismo material y sustancias del inciso anterior, se obtuvo el valor del pH leído directamente del aparato.

Procedimiento.

Se lavaron dos vasos de precipitados de 250 ml de manera similar que los matraces aforados, en una se colocó la muestra a determinar el pH concentrada y en otro se colocó una dilución de la muestra al 1 %, se introdujo el electrodo medidor de vidrio (agitándolo dentro de la solución) junto con un medidor de temperatura y se registraron las lecturas de pH de manera directa cuando estas mostraron estabilizarse (alrededor de 1.5 minutos).

2.2 VISCOSIDAD.

Se determinaron viscosidades mediante dos métodos diferentes: El primero fué mediante el uso de un viscosímetro de caída de bola, el cual se emplea para fluidos newtonianos. La razón de esto fué el poder tener una comparación de los valores

de viscosidad de un fluido no-newtoniano en dos aparatos que se emplean para medir fluidos de naturaleza diferente y que se fundamentan en principios diferentes naturalmente.

2.2.1 Viscosímetro de caída de bola.

Se empleó un viscosímetro de la marca HAAKE de caída de bola diseño Höppler.

A) Principio de la medición.

Este viscosímetro de caída de bola mide viscosidad de líquidos newtonianos transparentes. La viscosidad se correlaciona con el tiempo que requiere una bola par recorrer una distancia definida. El movimiento de caída y rodamiento de la bola a través de la muestra líquida colocada dentro de un tubo cilíndrico de medición ligeramente inclinado esta descrito por el tiempo de caída. Los resultados de las corridas dan la viscosidad dinámica del fluido en unidades del sistema internacional de " milipascales segundos " , (mPa s). Nota: 1 mPa s= 1 cP (cP= centipoise).

B) Descripción del instrumento.

La aparte central de aparato es el tubo de medición de cristal y una bola. El tubo tiene dos marcas las cuales estan separadas por 100 mm entre si, y existe una tercera que está

situada exactamente a la mitad de la distancia entre ellas. El tubo de medición esta encaquetado por un tubo exterior de vidrio, el cual contiene un compartimento que se llena con un líquido que controla la temperatura. El tubo de medición esta fijado a un soporte de forma tal que su eje esta inclinado 10° con respecto a la vertical durante la medición. En nuestro caso se empleo agua como líquido de enfriamiento.

El tubo medidor junto con la chaqueta puede ser pivoteado con el fin de voltear el tubo de cabeza para que la bola regrese a su posición original para medir nuevamente. El tubo medidor está cerrado de ambos lados por dos tapones, uno de los cuales contiene un pequeño compartimento capilar. Este tapón previene cambios indeseables en la presión de la muestra líquida y tiene un conducto para burbujas de aire para cuando temperatura cambia. El viscosímetro encierra todas las muestras completamente para prevenir la volatilización y la formación de película. La posición puede nivelarse mediante el nivel de agua y por los tornillos niveladores. El termómetro intercambiable de fácil colocación permite un adecuado control de temperatura.

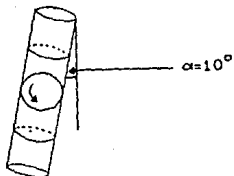


Figura 12. Modificación de Höppler.

C) Técnica.

C.1) Control de Temperatura.

El control de temperatura del viscosímetro de caída de bola puede emplearse en un intervalo de temperatura de -20 a +120 °C mediante el empleo del sistema de circulación de líquido que tiene el aparato. La muestra debe calentarse por lo menos 15 minutos antes de empezar a hacer determinaciones, de manera que la mezcla sea térmicamente homogénea. El compartimiento de líquido controlador de temperatura no debe tener burbujas de aire.

C.2) Colocación de la muestra.

Todas las partes del viscosímetro deben estar bien limpias y secas.

Se requiere de un volumen de aproximadamente 40 ml para llenar el tubo medidor. Se hacen pruebas para elegir la mejor bola, basándose en los tiempos medidos de caída.

Una vez que se ha terminado de medir, se requiere limpiar el tubo medidor con agua, enjuagar con agua destilada y luego con alcohol y acetona para secar el tubo; antes de hacer otra determinación.

C.3) Evaluación de la viscosidad.

El cálculo de la viscosidad dinámica η en mPa s (cP) se realiza de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$\eta = K (\rho_1 - \rho_2) * t \quad (6)$$

donde:

K= Constante de la bola (hoja de calibración)

[mPa s cm³/g s]

ρ_1 =Densidad de la bola (hoja de calibración)

ρ_2 =Densidad de la muestra [g/cm³]

t=Tiempo de caída de la bola [s]

Se realizaron cálculos de la viscosidad en función de tiempos de regreso de caída de bola (tubo medidor al revés), y para ello hay que calcular una constante de la bola de regreso:

$$K_{\text{regreso}} = \frac{\text{Tiempo normal de caída} \times K_{\text{normal}}}{\text{Tiempo de caída de regreso}} \quad (7)$$

Se midieron tiempos de caída para todos los champúes a diferentes temperaturas para tener curvas de η vs temperatura.

2.2.2 Viscosímetro Brookfield.

El viscosímetro Brookfield es un instrumento que consta de un cilindro que rota dentro del seno de un líquido (no-newtoniano) y que mide el torque necesario para vencer la resistencia viscosa que presenta el movimiento inducido.

Material:

- a) Vasos de precipitados de 500 ml.
- b) Termómetro.

Sustancias:

- a) Champúes
- b) Agua destilada

A) Técnica.

Se requieren alrededor de 400 ml de muestra. El recipiente contenedor de la muestra debe estar bien limpio para evitar interferencias en las mediciones por partículas extrañas.

1. Se ajustan el vástago elegido al eje inferior. Con la mano izquierda se sostiene el eje con firmeza, mientras que con la derecha se atornilla el vástago.
2. Se inserta el vástago en el material de prueba hasta que el nivel del fluido esté en la marca de inmersión en el eje

del vástago.

3. Se nivela el aparato con los tornillos situados bajo los tres brazos de la base, refiriéndose a la burbuja que tiene para tal efecto.

4. Se presiona el embrague y se enciende el motor del viscosímetro, se suelta el embrague permitiéndole girar al dial hasta que el indicador se estabilice en una posición fija del primero. El tiempo requerido para tal efecto a velocidades superiores a 4 r.p.m. es de alrededor de 20 a 30 segundos. mientras que a menores velocidades, el criterio es esperar a que se complete una revolución del dial.

Existen varios modelos de Brookfield, y para cada una de ellos se cuenta con una tabla para poder convertir la lectura en valores de viscosidad. Esto se realiza multiplicando la lectura por el factor indicado en la tabla; el cual está en función de las rpm del vástago empleado.

Se realizaron determinaciones de viscosidad para 15 muestras, haciendo variar dos factores:

1o. Se varió la velocidad de corte desde 1 hasta 100 RPM para cada muestra, en ambos sentidos, para obtener una curva de histéresis. Todas las lecturas se realizaron cada 2 minutos de operación para cada velocidad. Solo en algunas muestras se midió a intervalos diferentes escogidos

deliberadamente para poder apreciar mejor la separación de las curvas de tiempo normal y las de retorno.

2o. Se mantuvo constante la velocidad de corte a 50 RPM en la mayoría de los casos pues se observó una buena región de lectura en la platina del viscosímetro. En esta ocasión se observó el efecto de la variación del tiempo en cada una de las muestras, como ya se mencionó a velocidad constante.

Se operó un modelo de Brookfield RTV, con el vástago 5 en la mayoría de los casos.

Ejemplo de cálculo:

Muestra No. 2

Vástago No. 5

R.P.M. = 50

Lectura = 47.5

Factor leído= 80

Temperatura ambiente = 18.2°C.

$$\eta = \text{lectura} \cdot \text{factor} \quad (8)$$

$$\eta = 47.5 \cdot 80 ; [\eta] = \text{cP}$$

$$\text{Viscosidad } (\eta) = 3800 \text{ cP}$$

2.3 TENSION SUPERFICIAL.

2.3.1 Un intento diferente.

Inicialmente se tuvieron muchas dificultades para poder hacer determinaciones de tensión superficial, por muchos factores relacionados con los aparatos existentes en la facultad, tales como diversas fallas del equipo así como falta de algunas partes del mismo, aunado todo esto a factores humanos también.

Basado en lo anterior se decidió implementar una técnica para determinar la tensión superficial, basados en un artículo original de este tipo de técnicas de medición relacionadas con fuerzas ejercidas en anillos.

Debido a que se debía medir el máximo jalón que ejerce la superficie del líquido en cuestión, se implementó un dispositivo para medir dicho jalón. Tal dispositivo constaba de una balanza analítica con precisión de 10^{-5} de gramo, la cual se había acondicionado con una cadena que salía del brazo de la misma y que en su extremo tenía colgando un anillo de plata (hecho expofeso para esto) el cual se ponía en contacto con la superficie del líquido.

Se realizaron varias determinaciones con líquidos puros de tensión superficial conocida (benceno, etanol y agua

destilada) a temperatura ambiente. Desafortunadamente los valores obtenidos mostraron un comportamiento muy alejado de los valores reportados en la literatura, pero sería interesante ahondar en la técnica y poder subsanar las dificultades inherentes al método, en los laboratorios de la facultad de Química.

Para mayor información consultar el artículo original¹⁰.

2.3.2 Tensiómetro de anillo

A) Descripción del aparato.

Este método se basa en la determinación de la fuerza necesaria para separar un anillo de la superficie de un líquido, ya sea por que se suspenda del brazo de una balanza (como se menciona anteriormente) o utilizando un hilo de torsión que es propiamente dicho el tensiómetro de Du Noüy. La fuerza para separarlo está relacionada con la tensión superficial o interfacial por la siguiente expresión:

$$\gamma = \beta f / 4\pi R \quad (9)$$

donde:

f = empuje aplicado al anillo [din]

R = radio medio del anillo

β = factor de corrección

¹⁰ Harkins and Jordan, J. Am. Chem. Soc., 52, 1751 (1930).

Con el objeto de tener un ángulo de contacto cero y, por tanto constante, se emplean anillos de platino cuidadosamente limpios con ácidos fuertes o flameándolos. Es importantísimo que el anillo repose plano en la superficie tranquila.

El Factor de corrección β tiene en cuenta el que las fuerzas de tensión no están dirigidas verticalmente y también la complicada forma del líquido que cuelga del anillo en el momento de despegarse; por tanto, depende de las dimensiones del anillo y de la naturaleza de la interfase (lo anterior fué una de las dificultades para realizar la primera técnica).

A) Técnica.

Se ha descrito anteriormente parte de la misma, ahora solo terminaremos con algunos puntos.

Material:

- a) Tensiómetro
- b) Cajas de petri
- c) Vidrios de reloj
- d) papel absorbente
- e) Termómetro

Sustancias:

- a) benceno
- b) agua destilada
- c) champues

En una tapa de la caja de petri se vierten unos 30 ml de muestra, la cual se coloca sobre una placa que tiene el aparato, justo debajo del anillo. Esta placa tiene un fuelle que le permite ascender o descender dependiendo de la operación que se esté realizando.

Se calibra el aparato con el benceno y luego con el agua. Una vez hecho esto, se procede a hacer mediciones de las muestras de champú, midiendo siempre la temperatura a la que se realizó la medición. Se realizaron alrededor de 5 determinaciones y se obtuvo un promedio de los valores obtenidos, teniendo así un valor más confiable.

A continuación se presentan las tablas y las graficas donde se detalla todo el trabajo realizado en el laboratorio.

2.4 RESULTADOS EXPERIMENTALES. TABLAS Y GRAFICAS.

TABLA No. 2.
 RELACION DE MUESTRAS DE CHAMPÚ EMPLEADAS.
 PROPIEDADES DE LOS CHAMPÚES.

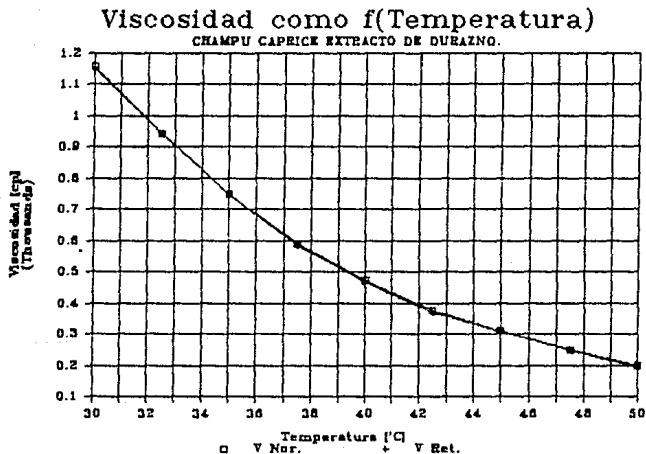
NUMERO	NOMBRE DEL CHAMPU	MARCA	DENSIDAD (g/ml)	pH dilución	pH normal	TENSION SUPERFICIAL (din/cm)
1	ICAPRICE CON EXTRACTO DE DURAZNO	ICOLGATE PALMOLIVE	1.01	6.73	6.49	29.45
2	ICAPRICE CON EXTRACTO DE MANZANA	ICOLGATE PALMOLIVE	1.02	6.93	7.75	29.70
3	ICAPRICE CON EXTRACTO DE MANZANILLA	ICOLGATE PALMOLIVE	1.03	6.50	6.72	29.17
4	ICOLOR TONE	HELENA RUBINSTEIN	1.01	7.06	8.28	27.45
5	ICREMA DE HUEVO, CABELLO GRASO	IVANART	1.01	7.01	7.66	28.30
6	IDE HIERBA, PARA TODO TIPO DE CABELLO	IVANART	1.02	6.96	7.19	27.03
7	IELSEVE L'OREAL PARA CABELLO GRASO	IL'OREAL	1.02	6.55	6.36	28.77
8	IELSEVE SHAMPOU SUAVE, PROTEINA, CABELLO SECO	IL'OREAL	1.01	7.08	7.69	27.14
9	IFLEX BALSAM & PROTEIN, CAB TENIDO O SECO	IREVLON	1.00	6.52	7.03	29.00
10	IGRISI CON ACEITE DE JOJUBA	IGRISI	1.03	7.36	7.93	36.70
11	IGERBAL ESSENCE, COLAGENO Y PROTEINA ACTIVADA	ICLAIROL	1.02	6.36	6.38	28.40
12	IGERBAL SIN MARCA	*****	1.03	6.34	5.56	29.50
13	IGENNEN	IGENNEN	1.01	5.33	5.61	27.20
14	ISELSUN AZUL CABELLO NORMAL	IGABOT	1.00	4.61	4.41	32.00
15	ISELSUN AZUL CABELLO SECO	IGABOT	1.01	5.79	5.02	28.70
16	ITHE ORIGINALNA EVANS	INATUREILE	1.02	6.72	7.14	28.60
17	IMELLAPON CON EXTRACTO DE HIERBA	IMELLA	1.06	6.89	6.78	32.03
18	IMELLAPON PARA CABELLO NEGRO	IMELLA	1.05	6.66	5.66	31.00
19	IMHITE RAIN EXTRA ROJO	IGILLETE	1.01	6.70	6.80	29.37
20	IMHITE RAIN (AZUL)	IGILLETE	1.03	6.26	6.45	29.35

MINIMO:	1.00	4.61	4.41	27.03
MAXIMO:	1.06	7.36	8.28	36.70
PROMEDIO:	1.02	6.52	6.65	29.45
DESV ESTD:	0.01	0.63	0.99	2.16

Viscosidad Newtoniana

MUESTRA No. 1
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Caprice Extracto de Durazno".
 BOLA No. 5

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
38.53	38.68	30.00	1156.12	1151.64
31.44	31.46	32.50	843.51	842.91
24.98	25.04	35.00	749.64	747.85
19.60	19.74	37.50	588.19	584.02
15.76	15.88	40.00	472.95	466.44
12.52	12.74	42.50	375.72	369.23
10.38	10.42	45.00	311.50	310.31
8.34	8.36	47.50	250.28	249.68
6.62	6.72	50.00	198.66	195.71

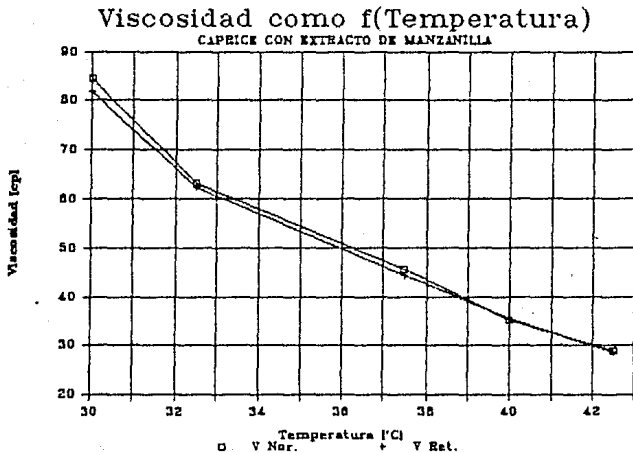


MUESTRA No. 3

DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Caprice con extracto de Manzanilla".

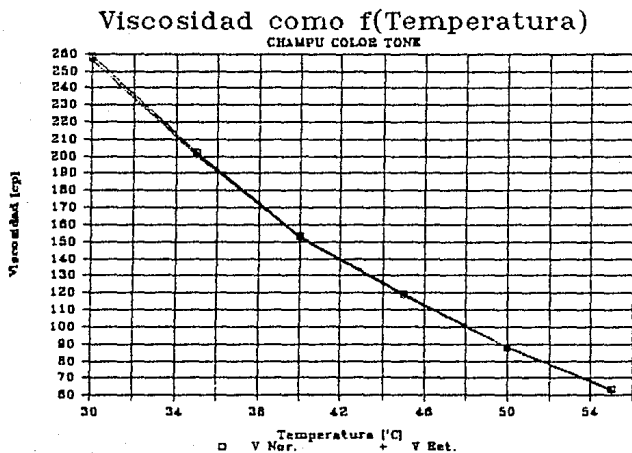
BOLA No. 4

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
20.68	21.36	30.00	84.55	81.85
15.44	15.60	32.50	63.12	62.48
14.45	14.10	35.00	59.08	60.54
11.16	11.48	37.50	45.62	44.35
8.58	8.46	40.00	35.08	35.57
7.10	7.18	42.50	29.03	28.72



MUESTRA No. 4
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Color Tone".
 BOLA No. 4

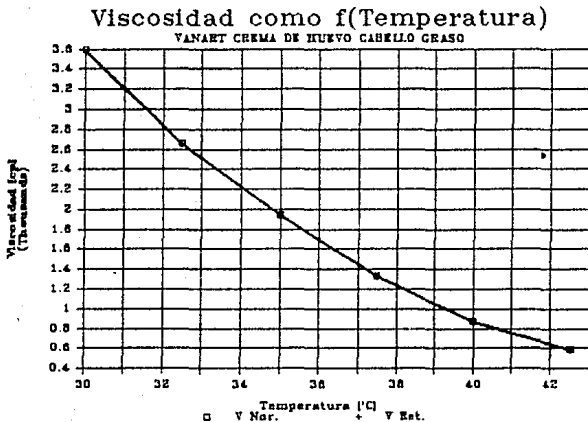
Tiempo H [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
63.28	64.03	30.00	259.30	256.27
49.30	49.62	35.00	202.03	200.73
37.44	37.64	40.00	153.43	152.61
29.08	29.22	45.00	119.17	118.60
21.55	21.65	50.00	88.31	87.90
15.45	15.55	55.00	63.31	62.91



MUESTRA No. 5

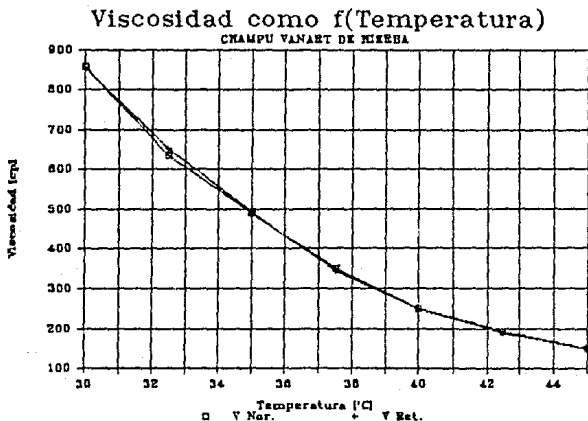
DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Vanart crema de huevo.Cabello graso".
BOLA No. 5

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
36.10	36.35	30.00	1083.90	1076.45
29.40	29.94	32.50	882.73	866.81
21.88	22.15	35.00	656.80	648.64
16.10	16.38	37.50	483.40	475.14
12.60	12.70	40.00	378.31	375.34
9.26	9.52	42.50	278.03	270.44



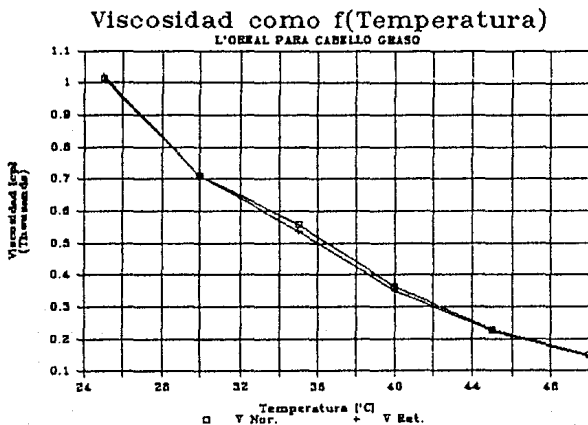
MUESTRA No. 6
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Vanart de Hierba para todo tipo de cabel
 lo".
 BOLA No. 5

Tiempo N (s)	Tiempo R (s)	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD (cp) Nor.	VISCOSIDAD (cp) Ret.
28.62	28.74	30.00	858.26	854.68
21.14	20.58	32.50	633.95	651.20
16.36	16.32	35.00	490.61	491.81
11.72	11.94	37.50	351.46	344.98
8.36	8.40	40.00	250.70	249.51
6.38	6.43	42.50	191.17	188.69
4.98	4.98	45.00	149.34	149.34



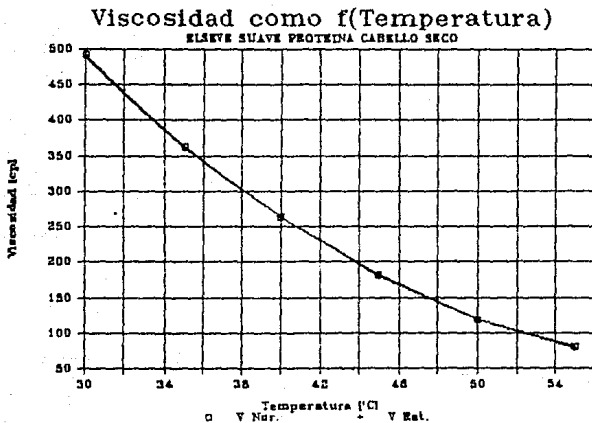
MUESTRA No. 7
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "L'oreal para cabello graso".
 BOLA No. 4

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
248.15	246.95	25.00	1015.64	1020.58
173.28	172.58	30.00	709.19	712.07
136.25	141.50	35.00	557.65	536.96
88.53	91.45	40.00	382.32	350.73
55.90	57.55	45.00	228.79	222.23
35.95	36.95	50.00	147.14	143.16
23.80	23.85	55.00	97.41	97.21



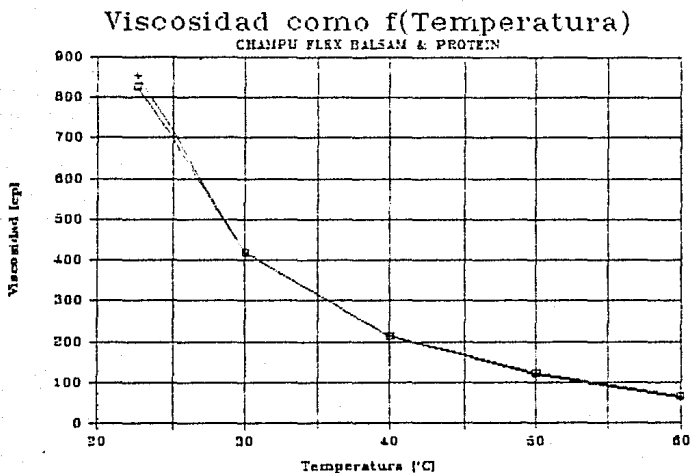
MUESTRA No. 8
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Eiseve shampoo suave, cabello seco".
 BOLA No. 4

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
119.90	120.84	30.00	491.12	487.30
88.56	88.98	35.00	362.75	361.04
64.57	64.77	40.00	264.47	263.65
44.42	44.76	45.00	181.95	180.57
29.00	29.10	50.00	118.79	118.38
19.46	19.52	55.00	79.71	79.48



MUESTRA No. 9
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "FLEX CABELLO TE&IDO O SECO".
 BOLA No. 4

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
201.13	194.47	22.70	824.94	853.22
102.53	102.73	30.00	420.54	419.72
52.00	51.64	40.00	213.28	214.76
29.88	30.44	50.00	122.55	120.30
15.48	15.92	60.00	63.49	61.74



MUESTRA No. 10

DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Grisi con aceite de jojoba".

BOLA No. 4

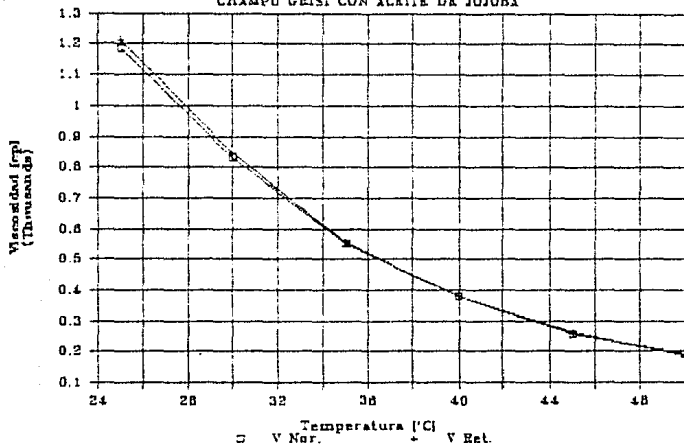
Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
130.06	130.98	35.00	531.72	527.98
89.60	89.65	40.00	366.31	366.10
45.38	45.60	50.00	185.52	184.63
24.56	24.44	60.00	100.41	100.90
19.05	19.22	65.00	77.88	77.19

BOLA No. 5

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
39.58	38.72	25.00	1185.37	1211.70
27.78	27.25	30.00	831.83	847.65
18.43	18.30	35.00	551.81	555.58
12.66	12.64	40.00	379.15	379.75
8.58	8.43	45.00	256.81	261.12
6.45	6.66	50.00	193.17	187.08

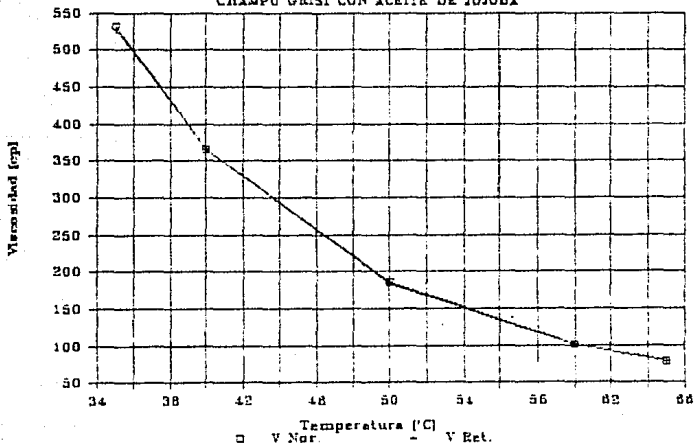
Viscosidad como f(Temperatura)

CHAMPU GRISI CON ACRITE DE JOJOBA



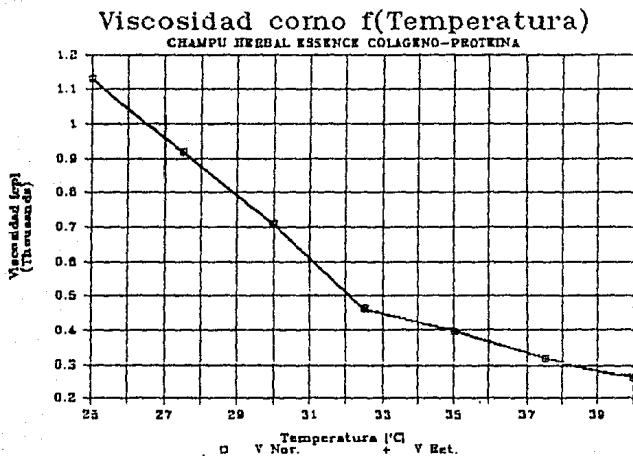
Viscosidad como f(Temperatura)

CHAMPU GRISI CON ACRITE DE JOJOBA



MUESTRA No. 11
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Herbal Essence, colágeno y proteína"
 BOLA No. 5

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
37.76	37.96	25.00	1131.88	1125.92
30.64	30.78	27.50	918.45	914.28
23.58	23.65	30.00	706.68	704.44
15.40	15.53	32.50	461.63	457.91
13.22	13.14	35.00	396.28	398.69
10.50	10.45	37.50	314.74	316.25
8.72	8.62	40.00	261.39	264.42

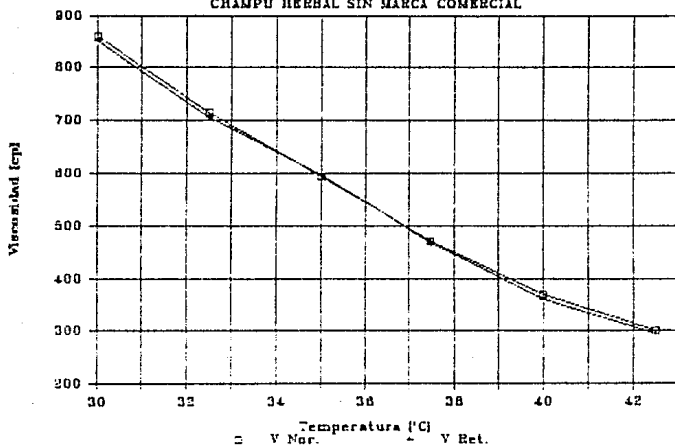


MUESTRA No. 12

DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Herbal sin marca comercial".
BOLA No. 5

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
28.72	29.00	30.00	859.46	851.16
23.88	24.10	32.50	714.62	708.10
19.82	19.72	35.00	593.12	596.13
15.72	15.82	37.50	470.43	467.46
12.30	12.60	40.00	368.08	359.32
10.04	10.26	42.50	300.45	294.01

Viscosidad como f(Temperatura)
CHAMPU HERBAL SIN MARCA COMERCIAL



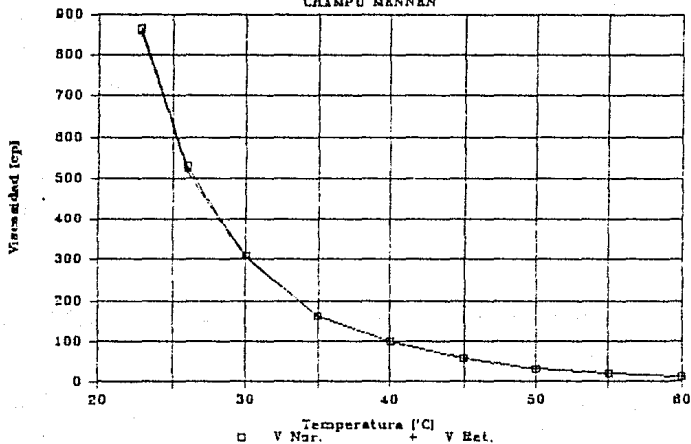
MUESTRA No. 13
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "MENNEN".

BOLA No. 4

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
211.30	214.25	22.80	865.31	853.39
129.26	132.12	26.00	529.34	517.88
75.32	76.34	30.00	308.45	304.33
39.30	39.84	35.00	160.94	158.76
24.44	24.56	40.00	100.09	99.60
13.92	14.00	45.00	57.00	56.68
8.00	8.00	50.00	32.76	32.76
4.84	4.86	55.00	19.82	19.74
2.88	2.88	60.00	11.79	11.79

Viscosidad como f(Temperatura)

CHAMPU MENNEN



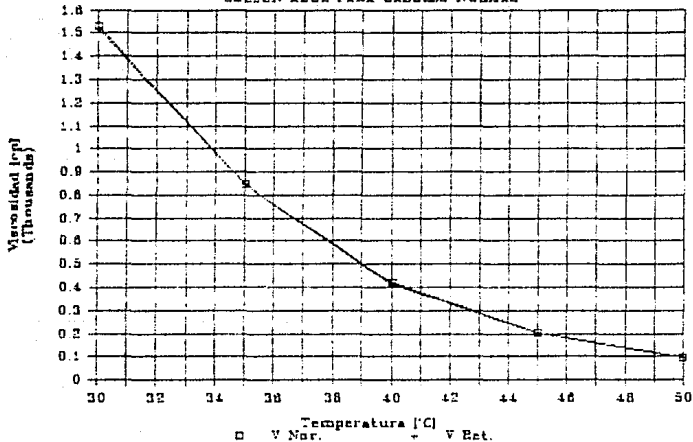
MUESTRA No. 14

DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Selsun Azul para Cabello Normal".
 BOLA No. 4

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
373.86	377.80	30.00	1532.99	1517.00
206.82	207.24	35.00	848.05	846.33
101.86	102.00	40.00	417.67	417.10
50.03	50.03	45.00	205.16	205.16
22.70	22.70	50.00	93.08	93.08
11.56	11.68	55.00	47.40	46.91

Viscosidad como f(Temperatura)

SELSUN AZUL PARA CABELLO NORMAL

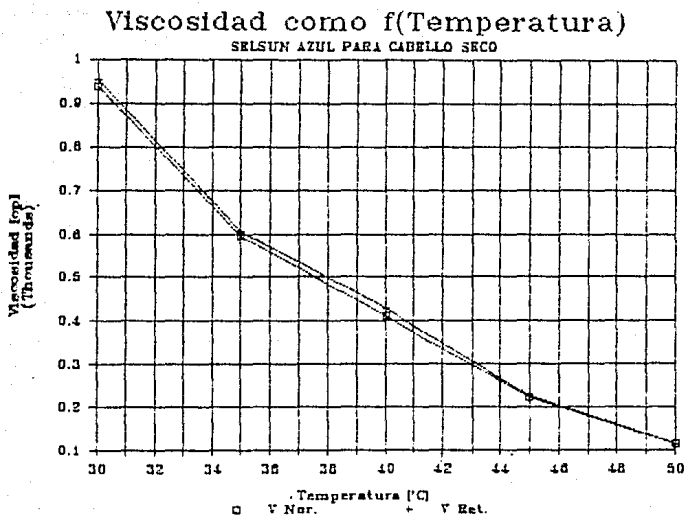


MUESTRA No. 15

DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Selsun Azul para Cabello Seco".

BOLA No. 4

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
229.22	225.16	30.00	939.43	956.37
145.16	142.67	35.00	594.92	605.30
100.28	95.55	40.00	410.96	431.29
54.25	53.25	45.00	222.34	226.51
27.80	27.90	50.00	113.93	113.53
13.25	13.53	55.00	54.30	53.20



MUESTRA No. 16

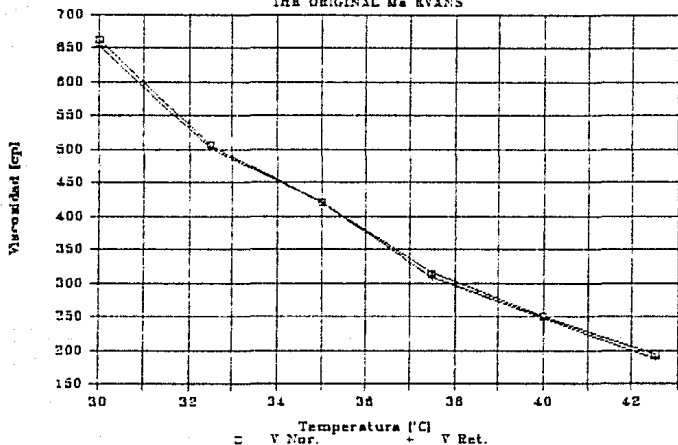
DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "The Original Ma Evans".

BOLA No. 5

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
22.05	22.30	30.00	661.24	653.83
16.88	17.00	32.50	506.20	502.63
14.00	14.00	35.00	419.84	419.84
10.48	10.70	37.50	314.28	307.81
8.34	8.44	40.00	250.10	247.14
6.50	6.76	42.50	194.92	187.43

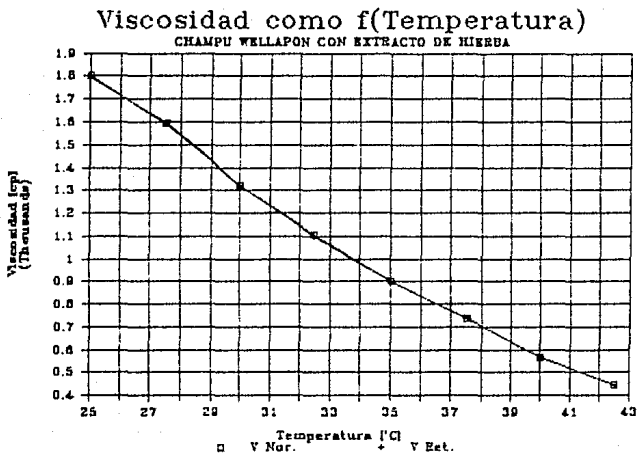
Viscosidad como f(Temperatura)

THE ORIGINAL Ma EVANS



MUESTRA No. 17
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Wellapon con extracto de hierba".
 BOLA No. 5

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
60.58	60.95	25.00	1804.92	1793.82
53.38	53.00	27.50	1590.39	1601.64
44.40	44.40	30.00	1322.96	1322.96
37.00	37.08	32.50	1102.47	1100.24
30.23	30.08	35.00	900.60	905.09
24.83	24.83	37.50	739.70	739.70
19.05	19.13	40.00	567.62	565.40
14.94	14.96	42.50	445.16	444.56

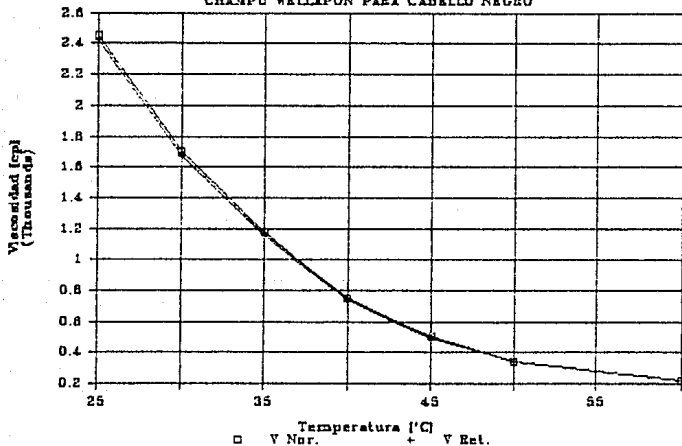


MUESTRA No. 18
 DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Wellapon para cabello negro".
 BOLA No. 5

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
82.44	83.72	25.00	2460.12	2422.50
57.12	58.14	30.00	1704.53	1674.63
39.28	39.80	35.00	1172.17	1156.85
25.16	25.54	40.00	750.81	739.64
17.00	17.30	45.00	507.30	498.50
11.40	11.40	50.00	340.19	340.19
7.48	7.64	60.00	223.21	218.54

Viscosidad como f(Temperatura)

CHAMPU WELLAPON PARA CABELLO NEGRO



MUESTRA No. 19

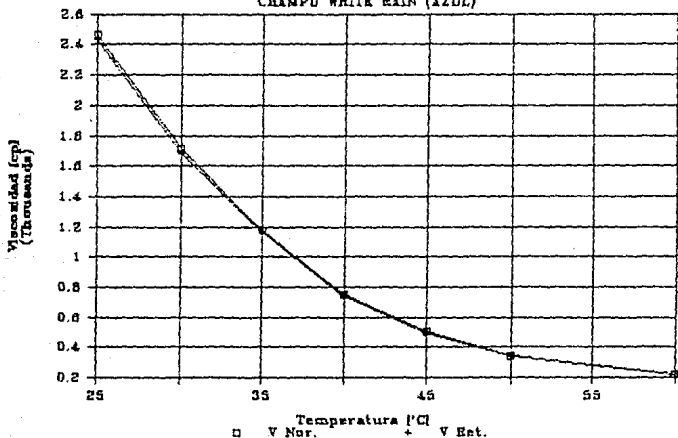
DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "White Rain (azul)".

BOLA No. 5

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	BOLA No. 5	
			VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
82.44	83.72	25.00	2468.35	2431.59
57.12	58.14	30.00	1710.93	1680.92
39.28	39.80	35.00	1176.56	1161.19
25.16	25.54	40.00	753.62	742.41
17.00	17.30	45.00	509.21	500.38
11.40	11.40	50.00	341.47	341.47
7.48	7.64	60.00	224.05	219.36

Viscosidad como f(Temperatura)

CHAMPU WHITE RAIN (AZUL)



MUESTRA No. 20

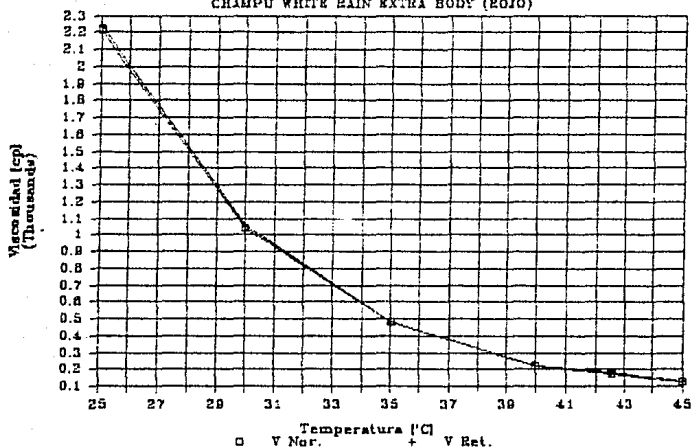
DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "White rain extra body (rojo)".

BOLA No. 5

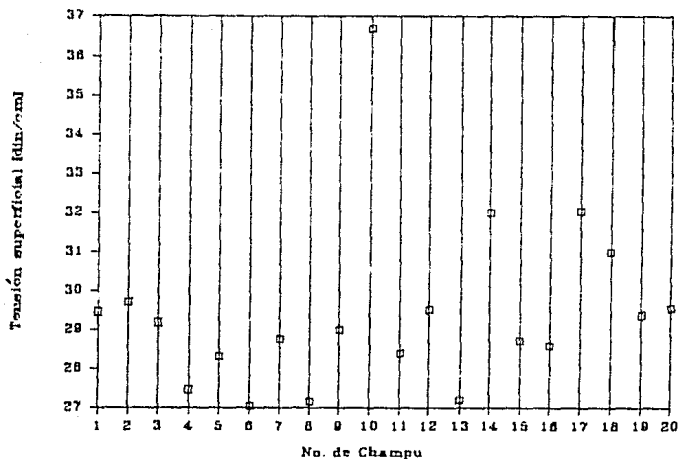
Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
73.76	72.72	25.00	2213.98	2245.64
34.78	34.18	30.00	1043.96	1062.28
18.06	15.96	35.00	482.06	485.08
7.52	7.60	40.00	225.72	223.34
6.00	5.96	42.50	180.10	181.30
4.24	4.16	45.00	127.27	129.72

Viscosidad como f(Temperatura)

CHAMPU WHITE RAIN EXTRA BODY (ROJO)

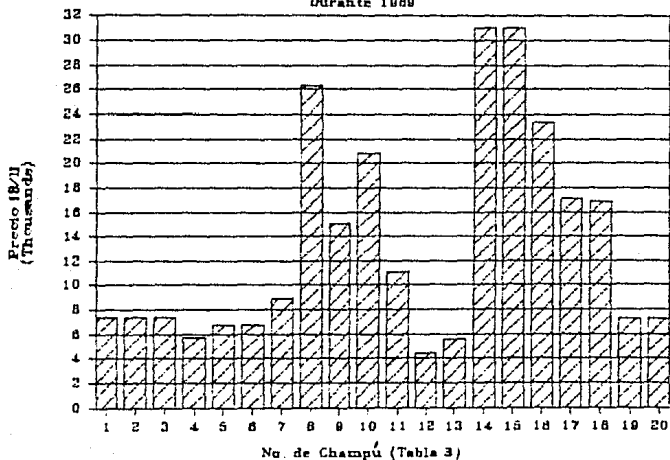


Tensión Superficial en champues



Precios de los Champues

Durante 1988



Comparación de pH en champúes

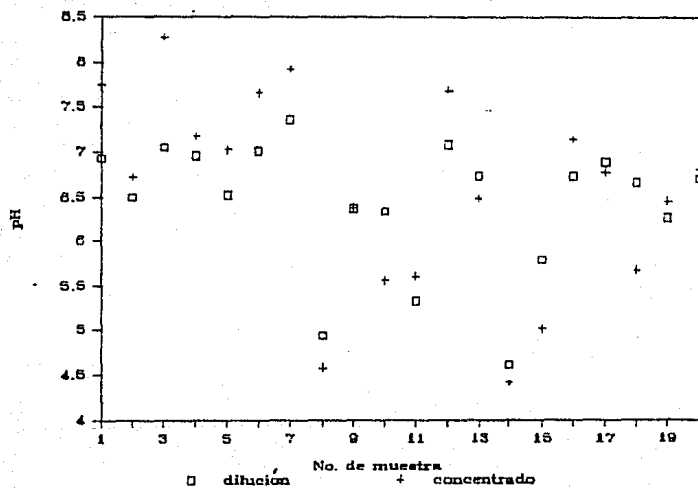


TABLA No. 3.

DEPENDENCIA DE LOS CHAMFUES CON RESPECTO A:

1o. VELOCIDAD DE CORTE

2o. TIEMPO DE APLICACION DEL ESFUERZO DE CORTE

NUMERO	NOMBRE DEL CHAMFU	Velocidad de corte	Tiempo de corte	TIPO DE FLUIDO	PRECIO (\$/lit)
1	!CAPRICE CON EXTRACTO DE DURAZNO	2	1	Tixotrópico	7366.33
2	!CAPRICE CON EXTRACTO DE MANZANA	2	0	Flástico	7366.33
3	!CAPRICE CON EXTRACTO DE MANZANILLA				7366.33
4	!COLOR TONE				5793.88
5	!CREMA DE HUEVO, CABELLO GRASO	2	0	Pseudoplástico	6810.58
6	!DE HIERBA, PARA TODO TIPO DE CABELLO	2	1	Tixotrópico	6810.58
7	!ELSEVE L'OREAL PARA CABELLO GRASO	2	0	Pseudoplástico	8975.28
8	!ELSEVE SHAMPOO SUAVE, PROTEINA, CABELLO SECO	2	2	Tixotropico neg.	26362.66
9	!FLEX BALSAM & PROTEIN. CAB TENUIDO O SECO				15017.78
10	!GRISI CON ACEITE DE JOJORA	2	2	Tixotrópico neg.	26750.00
11	!HERBAL ESSENCE, COLAGENO Y PROTEINA ACTIVADA	2	1	Tixotrópico	11060.00
12	!HERBAL SIN MARCA	2	1	Tixotropico	4500.00
13	!MENIEN	1	0	Tixotropico	5600.00
14	!SELSUN AZUL CABELLO NORMAL	2	0	Pseudoplástico	30986.67
15	!SELSUN AZUL CABELLO SECO				30986.67
16	!THE ORIGINALMA EWANS				23433.33
17	!WELLAPON CON EXTRACTO DE HIERBA	2	0	Pseudoplástico	17144.00
18	!WELLAPON PARA CABELLO NEGRO	2	0	Pseudoplástico	16876.00
19	!WHITE PAIN EXTRA BODY (ROJO)	2	0	Flastico	7210.00
20	!WHITE PAIN (AZUL)	2	0	Pseudoplástico	7210.00

CLAVE:

MUY DEPENDIENTE=2
DEPENDIENTE=1
INDEPENDIENTE=0

MINIMO: 4500.00
MAXIMO: 30986.67
PROMEDIO: 13377.83
DES/ ESTD: 6564.45

Viscosidad No Newtoniana

VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA APLICACION DEL ESFUERZO DE CORTE.

P A R A E L H2O.
FLUIDO DE REFERENCIA (NEWTONIANO)

T amb=20.1 °C

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	8.80	8.80	2
2.50	8.80	8.80	2
5.00	8.80	8.80	2
10.00	8.80	8.80	3
20.00	8.80	8.80	2
50.00	8.80	8.80	2
100.00	8.80	8.80	2

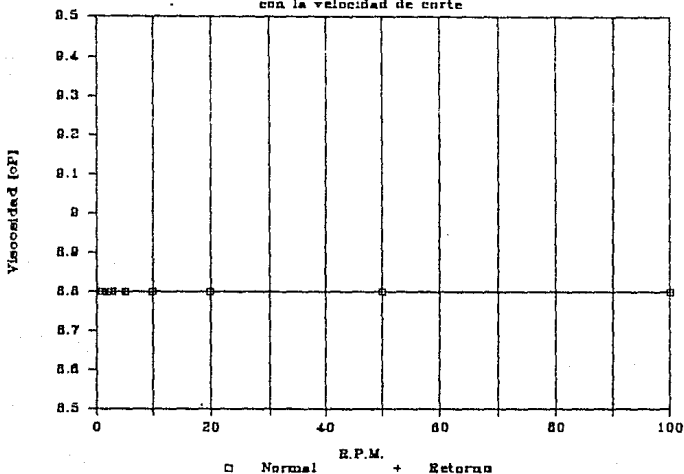
VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

P A R A E L H2O.
FLUIDO DE REFERENCIA (NEWTONIANO)

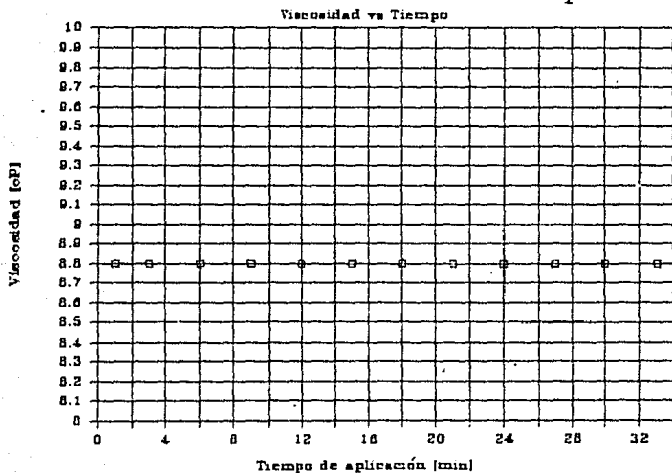
Velocidad=50 R.P.M

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	8.00	8.80
3.00	8.00	8.80
6.00	8.00	8.80
9.00	8.00	8.80
12.00	8.00	8.80
15.00	8.00	8.80
18.00	8.00	8.80
21.00	8.00	8.80
24.00	8.00	8.80
27.00	8.00	8.80
30.00	8.00	8.80
33.00	8.00	8.80

Variación de la viscosidad en el H₂O con la velocidad de corte



Viscosidad al variar el tiempo.



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU ELSEVE
PARA CABELLO GRASO

T amb=20.5°C

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	4000.00	4000.00	2
2.50	4000.00	4000.00	2
5.00	4000.00	4000.00	2
10.00	3840.00	3840.00	2
20.00	3740.00	3756.67	2
50.00	3368.00	3376.00	1
100.00	2656.00	2656.00	2

VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION
DE LA FUERZA DE CORTE.

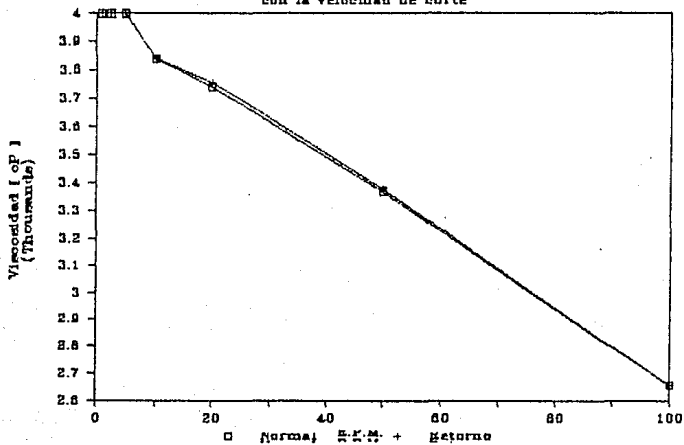
CHAMPU ELSEVE
PARA CABELLO GRASO

50 R.P.M.

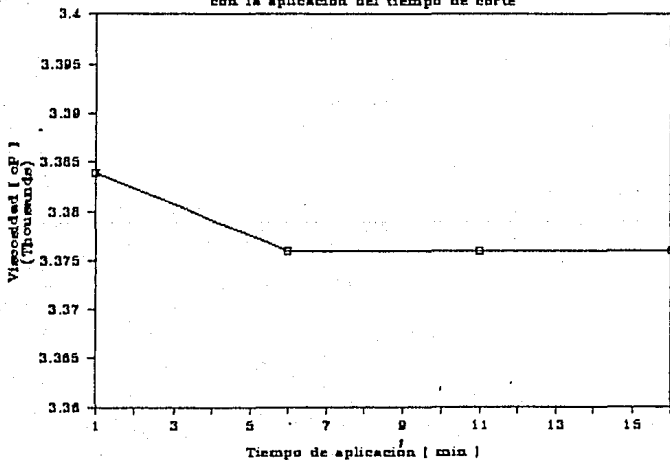
Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	42.30	3384.00
6.00	42.20	3376.00
11.00	42.20	3376.00
16.00	42.20	3376.00

ESTA TESIS
NO DEBE
SALIR DE LA
BIBLIOTECA

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad con la aplicación del tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU SELSUN AZUL T amb=21°C
 PARA CABELLO NORMAL

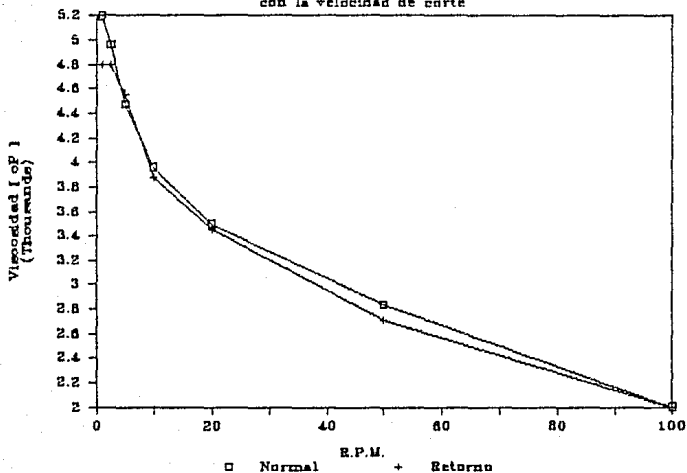
R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	5200.00	4800.00	2
2.50	4960.00	4800.00	2
5.00	4480.00	4560.00	2
10.00	3960.00	3880.00	2
20.00	3500.00	3460.00	3
50.00	2840.00	2712.00	3
100.00	2004.00	2004.00	2

VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION
 DE LA FUERZA DE CORTE.

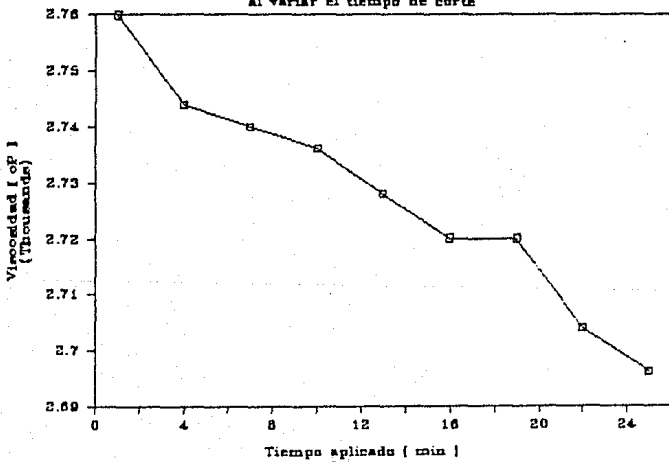
CHAMPU SELSUN AZUL 50 R.P.M.
 PARA CABELLO NORMAL

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	34.50	2760.00
4.00	34.30	2744.00
7.00	34.25	2740.00
10.00	34.20	2736.00
13.00	34.10	2728.00
16.00	34.00	2720.00
19.00	34.00	2720.00
22.00	33.80	2704.00
25.00	33.70	2696.00

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad al variar el tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA APLICACION DEL ESFUERZO DE CORTE.

CHAMPU VANART CREMA DE HUEVO.

T amb=20.1 °C
Volumen=50 ml

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	5600.00	5600.00	2
2.50	4800.00	4800.00	2
5.00	4760.00	4800.00	2
10.00	4840.00	4800.00	2
20.00	4340.00	4360.00	2
50.00	3066.00	2868.00	2
100.00	1672.00	1672.00	2

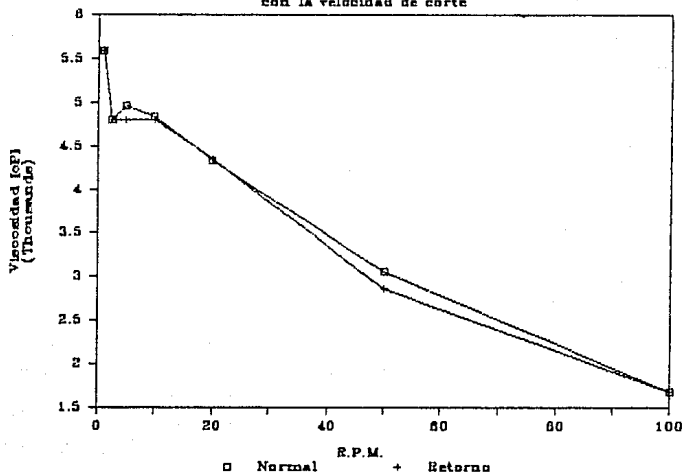
VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU VANART CREMA DE HUEVO.

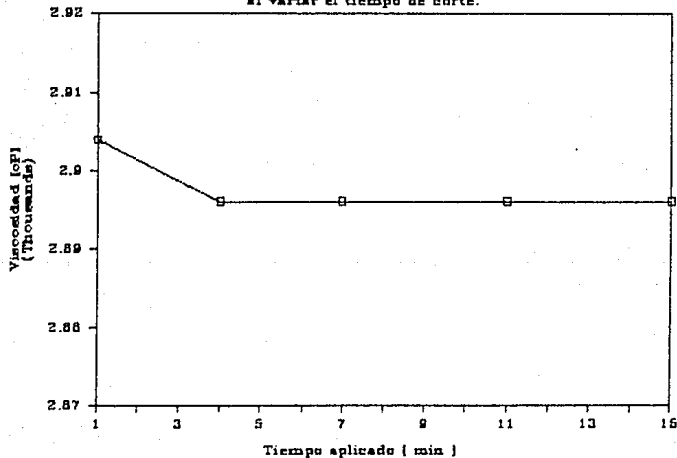
Velocidad=50 R.P.M

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	36.30	2904.00
4.00	36.20	2896.00
7.00	36.20	2896.00
11.00	36.20	2896.00
15.00	36.20	2896.00

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad al variar el tiempo de corte.



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU WELLAPON
HERBAL

T amb=20°C

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	4400.00	4000.00	2
2.50	4400.00	4160.00	2
5.00	4200.00	4120.00	2
10.00	3960.00	4040.00	2
20.00	3900.00	3700.00	2
50.00	2933.60	2872.00	1
100.00	2044.00	2044.00	2

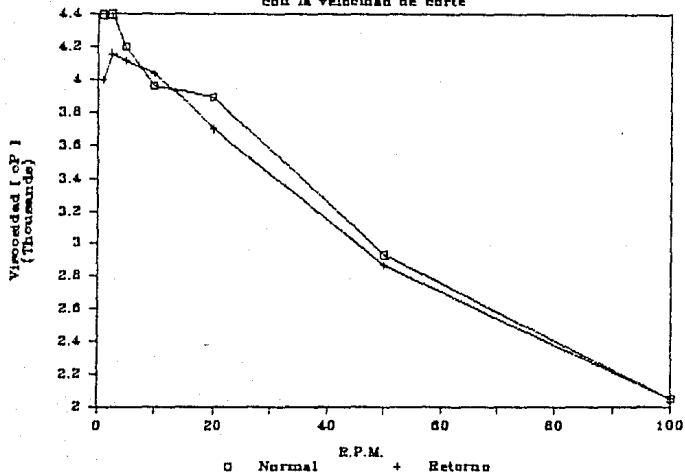
VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU WELLAPON
HERBAL

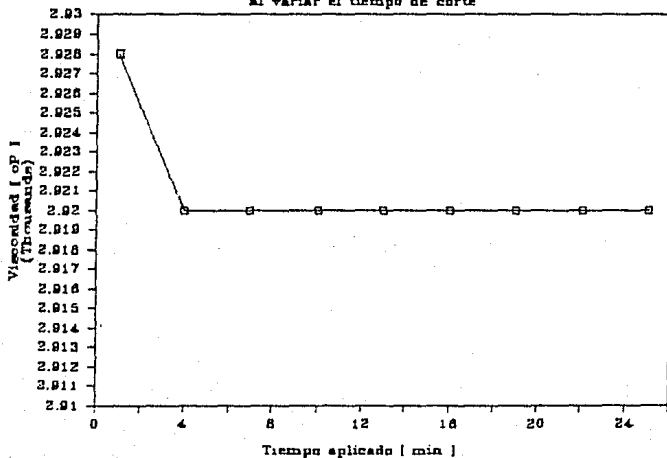
50 R.P.M.

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	36.60	2928.00
4.00	36.50	2920.00
7.00	36.50	2920.00
10.00	36.50	2920.00
13.00	36.50	2920.00
16.00	36.50	2920.00
19.00	36.50	2920.00
22.00	36.50	2920.00
25.00	36.50	2920.00

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad al variar el tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMFU WELLAPON PARA T amb=20° C
CABELLO NEGRO

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	3600.00	3600.00	2
2.50	3520.00	3360.00	2
5.00	3520.00	3426.67	2
10.00	3440.00	3400.00	3.5
20.00	3400.00	3240.00	2
50.00	2770.40	2760.00	2
100.00	2096.00	2096.00	2

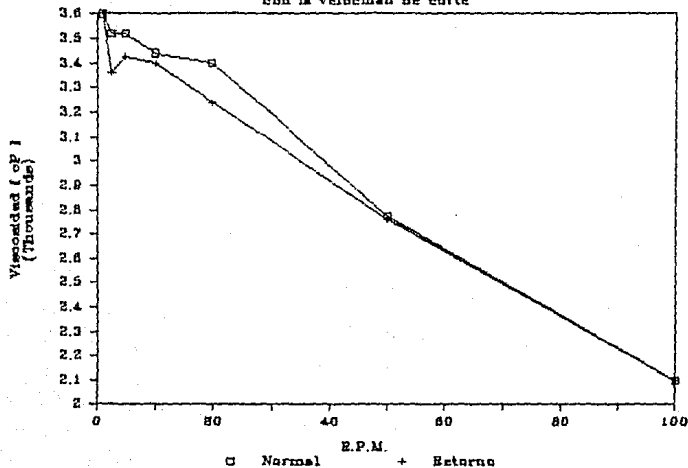
VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMFU WELLAPON PARA 50 R.P.M.
CABELLO NEGRO

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
0.33	35.70	2856.00
1.00	35.30	2824.00
4.00	35.00	2800.00
6.00	34.80	2784.00
9.00	34.50	2760.00
12.00	34.45	2756.00
15.00	34.20	2736.00
24.00	34.00	2720.00

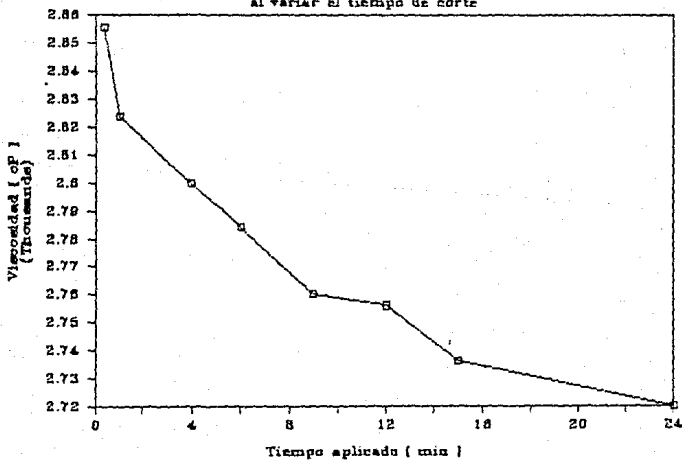
Variación de la viscosidad

con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad

al variar el tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU WHITE RAIN (AZUL)

T amb=18.2° C

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	6000.00	6000.00	2
2.50	5600.00	5440.00	2
5.00	5200.00	5200.00	2
10.00	4920.00	4850.00	2
20.00	4540.00	4506.67	2
50.00	3924.00	3920.00	2
100.00	3320.00	3320.00	2

VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

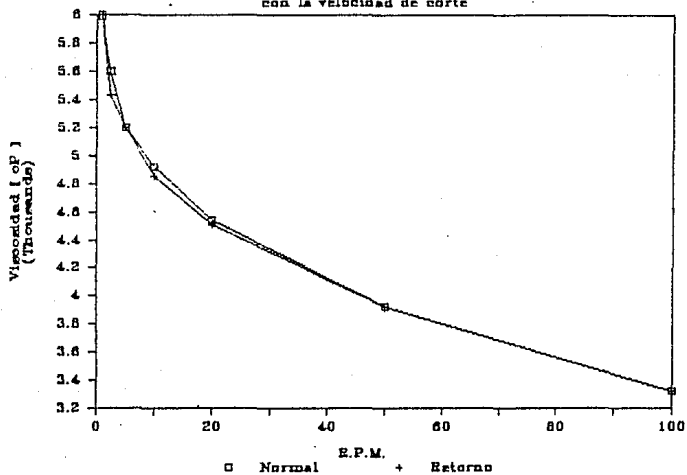
CHAMPU WHITE RAIN (AZUL)

50 R.P.M.

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	48.30	3864.00
6.00	48.00	3840.00
9.00	48.00	3840.00
12.00	47.80	3824.00
15.00	47.60	3808.00
18.00	47.60	3808.00
21.00	47.50	3800.00
24.00	47.50	3800.00
27.00	47.40	3792.00
30.00	47.40	3792.00
33.00	47.40	3792.00
36.00	47.20	3776.00
39.00	47.20	3776.00
42.00	47.20	3776.00

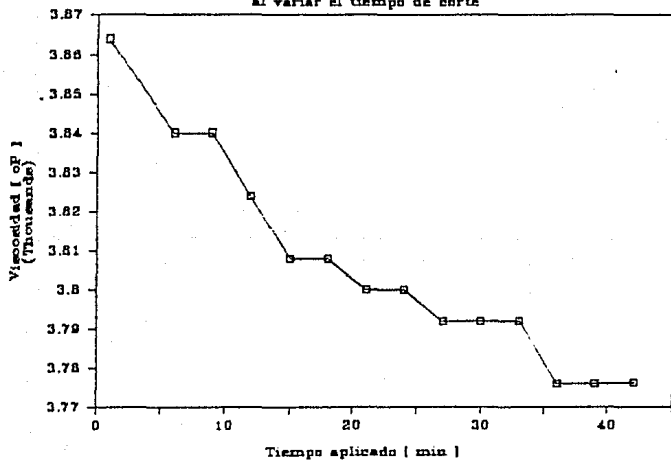
Variación de la viscosidad

con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad

al variar el tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA APLICACION DEL ESFUERZO DE CORTE.

CHAMPU CAPRICE CON EXTRACTO DE MANZANA. $T_{amb}=18.2\text{ }^{\circ}\text{C}$

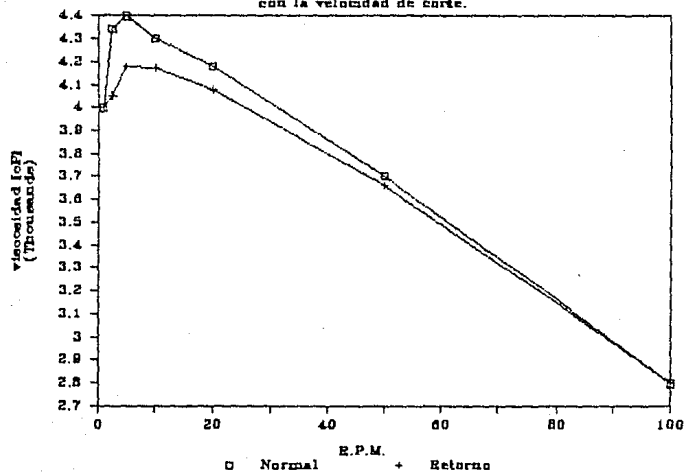
R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	4000.00	4000.00	2
2.50	4040.00	4053.33	2
5.00	4400.00	4180.00	2
10.00	4300.00	4173.33	2
20.00	4180.00	4080.00	2
50.00	3702.00	3664.00	2
100.00	2797.33	2797.33	2

VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

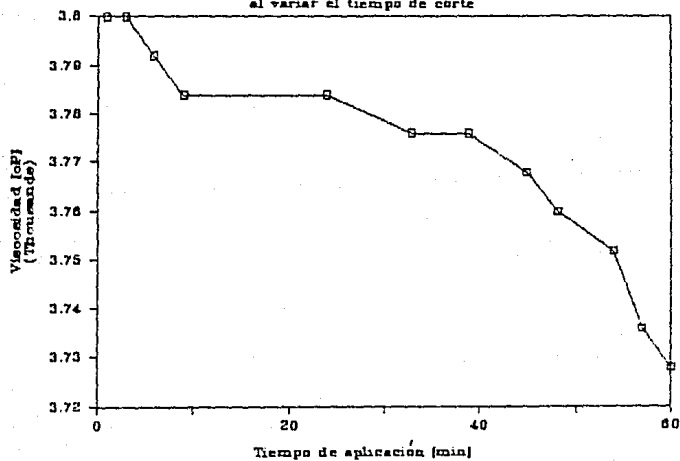
CHAMPU CAPRICE CON EXTRACTO DE MANZANA. Velocidad=50 R.P.M.

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad
		[cP]
1.00	47.50	3800.00
3.00	47.50	3800.00
6.00	47.40	3792.00
9.00	47.30	3784.00
24.00	47.30	3784.00
33.00	47.20	3776.00
39.00	47.20	3776.00
45.00	47.10	3768.00
48.00	47.00	3760.00
54.00	46.90	3752.00
57.00	46.70	3736.00
60.00	46.00	3728.00

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte.



Variación de la viscosidad al variar el tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU WHITE RAIN extra body (ROJO) T amb=19' C

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	4400.00	4400.00	1
2.50	4640.00	4400.00	2
5.00	4720.00	4640.00	3
10.00	4692.00	4570.00	3
20.00	4566.67	4460.00	2
50.00	4052.00	4040.00	2
100.00	3200.00	3200.00	2

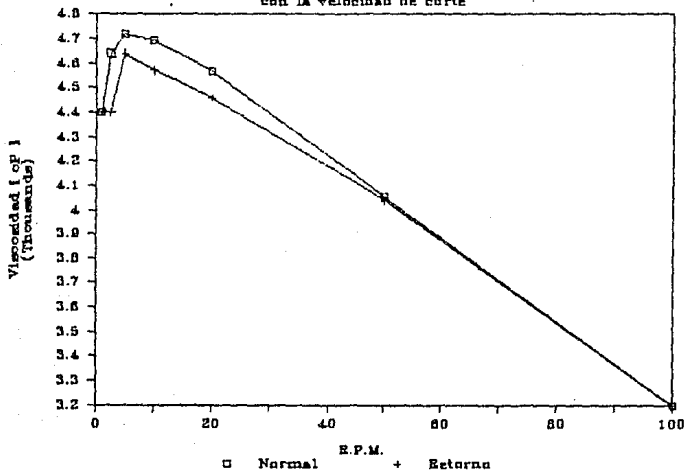
VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU WHITE RAIN extra body (ROJO) 50 R.P.M.

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	49.80	3984.00
3.00	49.40	3952.00
6.00	49.20	3936.00
9.00	49.00	3920.00
12.00	48.80	3904.00

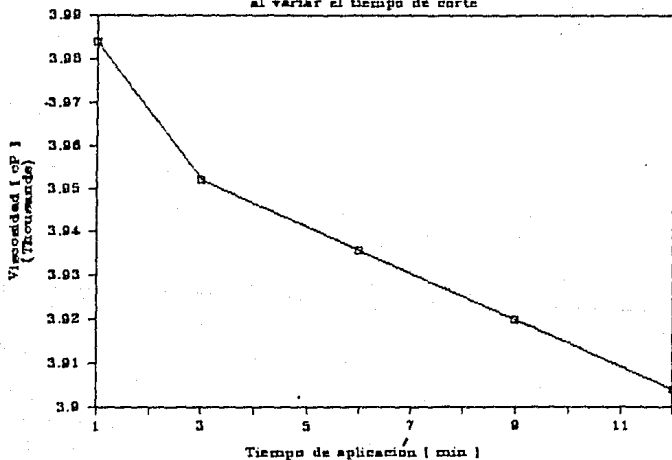
Variación de la viscosidad

con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad

al variar el tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU MENNEN T amb=20.5 'C

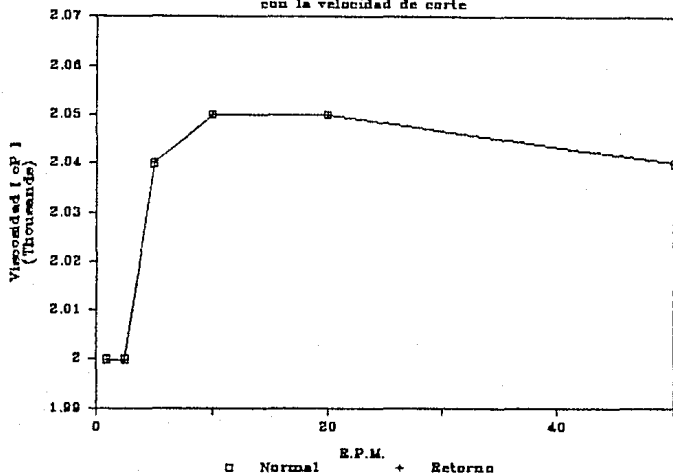
R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	2000.00	2000.00	2
2.50	2000.00	2000.00	2
5.00	2040.00	2040.00	2
10.00	2050.00	2050.00	2
20.00	2050.00	2050.00	2
50.00	2040.00	2040.00	2

VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

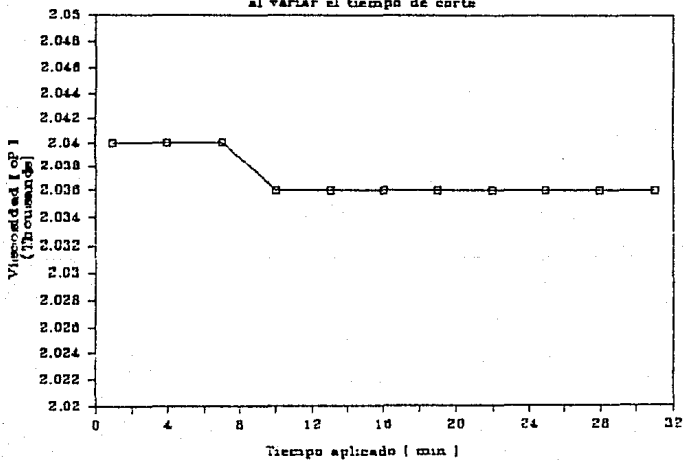
CHAMPU MENNEN 50 R.P.M.

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	51.00	2040.00
4.00	51.00	2040.00
7.00	51.00	2040.00
10.00	50.90	2036.00
13.00	50.90	2036.00
16.00	50.90	2036.00
19.00	50.90	2036.00
22.00	50.90	2036.00
25.00	50.90	2036.00
28.00	50.90	2036.00
31.00	50.90	2036.00

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad al variar el tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA APLICACION DEL ESFUERZO DE CORTE.

CHAMPU CAPRICE CON EXTRACTO DE DURAZNO T amb=18.2 °C

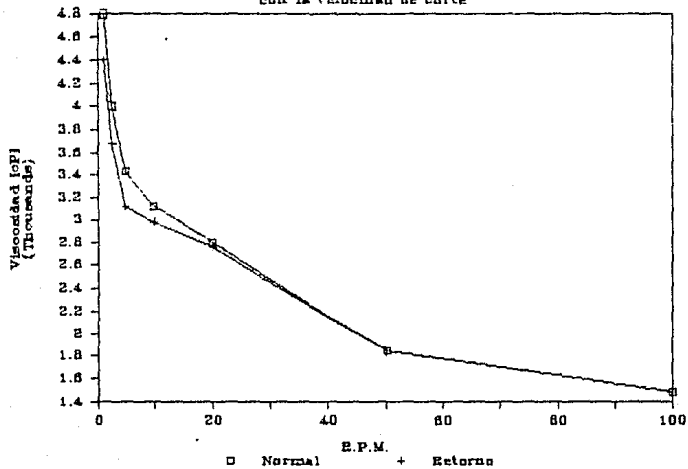
R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	4800.00	4400.00	2
2.50	4000.00	3680.00	2
5.00	3440.00	3120.00	2
10.00	3120.00	2980.00	2
20.00	2800.00	2760.00	2
50.00	1848.00	1840.00	2
100.00	1478.40	1478.40	2

VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

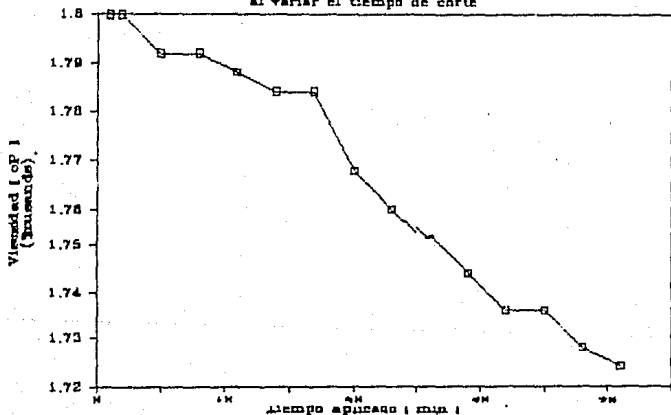
CHAMPU CAPRICE CON EXTRACTO DE DURAZNO Velocidad=50 R.P.M

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	22.50	1800.00
2.00	22.50	1800.00
5.00	22.40	1792.00
8.00	22.40	1792.00
11.00	22.35	1788.00
14.00	22.30	1784.00
17.00	22.30	1784.00
20.00	22.10	1768.00
23.00	22.00	1760.00
26.00	21.90	1752.00
29.00	21.80	1744.00
32.00	21.70	1736.00
35.00	21.70	1736.00
38.00	21.60	1728.00
41.00	21.55	1724.00

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad al variar el tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU HERBAL ESSENCE T amb=21° C
NORMAL

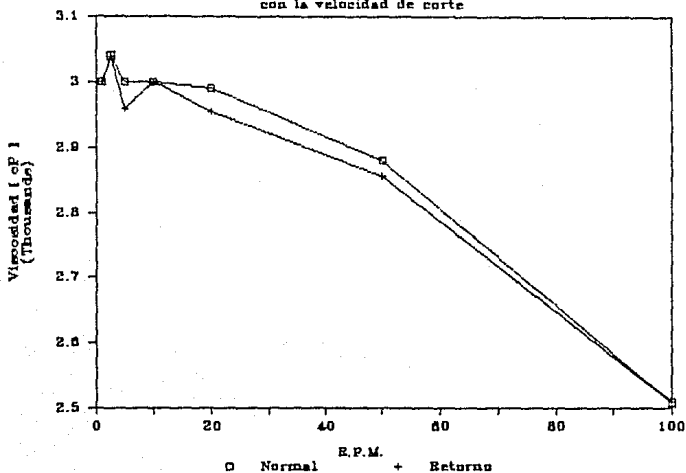
R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	3000.00	3000.00	2
2.50	3040.00	3040.00	2
5.00	3000.00	2960.00	2
10.00	3000.00	3000.00	2
20.00	2990.00	2955.00	2
50.00	2880.00	2856.00	2
100.00	2508.00	2508.00	2

VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

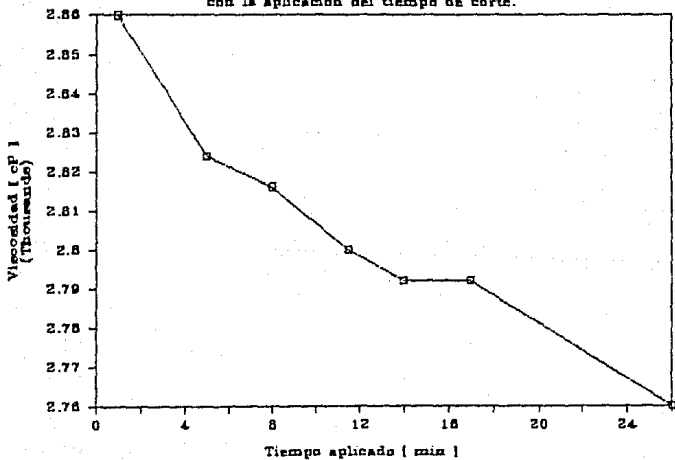
CHAMPU HERBAL ESSENCE 50 R.P.M.
NORMAL

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	35.75	2860.00
5.00	35.30	2824.00
8.00	35.20	2816.00
11.50	35.00	2800.00
14.00	34.90	2792.00
17.00	34.90	2792.00
26.00	34.50	2760.00

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad con la aplicación del tiempo de corte.



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA APLICACION DEL ESFUERZO DE CORTE.

CHAMPU HERBAL SIN MARCA COMERCIAL

T amb=21 °C

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	4400.00	4000.00	2
2.50	3040.00	2880.00	2
5.00	2880.00	2720.00	2
10.00	2440.00	2360.00	2
20.00	2240.00	2180.00	2
50.00	1424.00	1408.00	2
100.00	1032.40	1032.40	2

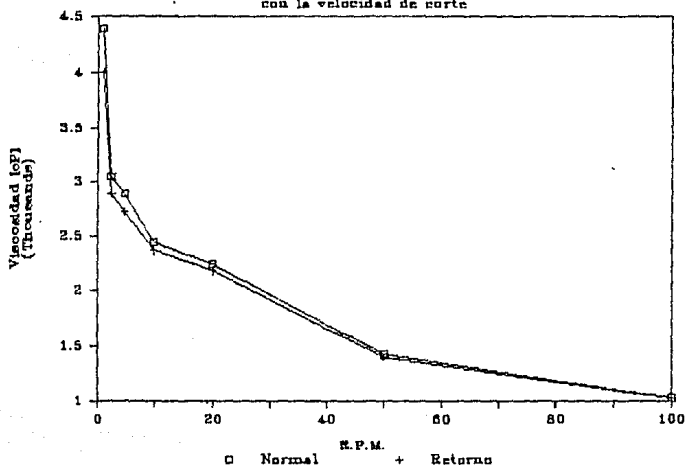
VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU HERBAL SIN MARCA COMERCIAL

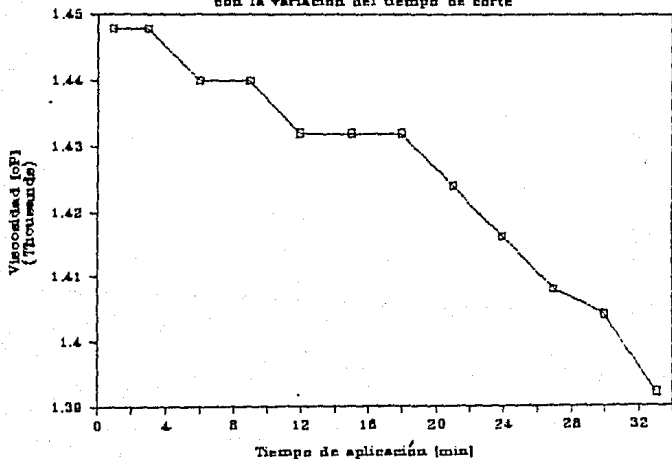
Velocidad=50 R.P.M

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	18.10	1448.00
3.00	18.10	1448.00
6.00	18.00	1440.00
9.00	18.00	1440.00
12.00	17.90	1432.00
15.00	17.90	1432.00
18.00	17.90	1432.00
21.00	17.80	1424.00
24.00	17.70	1416.00
27.00	17.60	1408.00
30.00	17.55	1404.00
33.00	17.40	1392.00

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad con la variación del tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU VANART HERBAL Volumen=100 ml T amb.=19' C

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	5600.00	5600.00	2
2.50	4800.00	4640.00	2
5.00	4800.00	4640.00	2
10.00	4686.67	4626.67	2
20.00	4580.00	4540.00	2
50.00	3738.00	3720.00	2
100.00	2626.00	2626.00	2

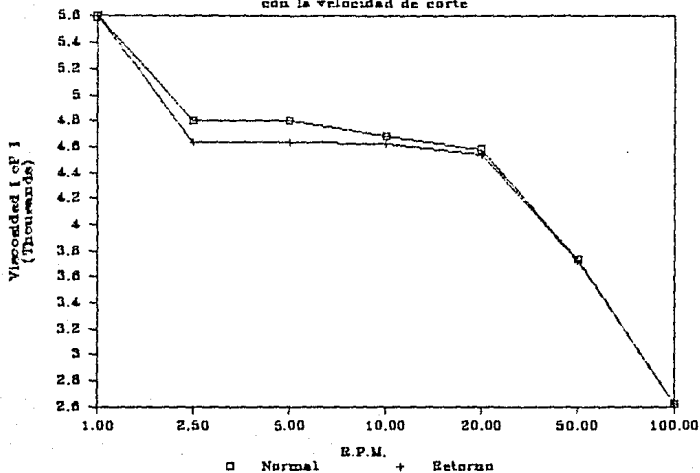
VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU VANART HERBAL

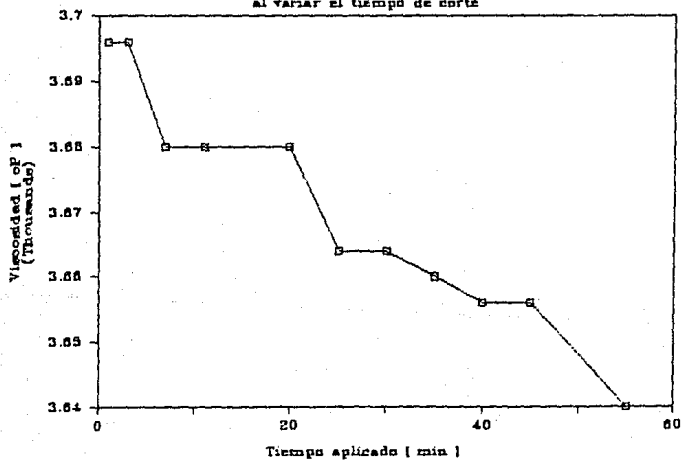
50 R.P.M.

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	46.20	3696.00
3.00	46.20	3696.00
7.00	46.00	3680.00
11.00	46.00	3680.00
20.00	46.00	3680.00
25.00	45.80	3664.00
30.00	45.80	3664.00
35.00	45.75	3660.00
40.00	45.70	3656.00
45.00	45.70	3656.00
55.00	45.50	3640.00

Variación de la viscosidad con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad al variar el tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU ELSEVE SHAMPOO T amb=24.5° C
SUAVE, PROTEINA

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	2400.00	3100.00	2
2.50	2560.00	2880.00	2
5.00	2720.00	2800.00	2
10.00	2540.00	2710.00	2
20.00	2500.00	2600.00	2
50.00	2360.00	2384.00	2
100.00	2180.00	2180.00	2

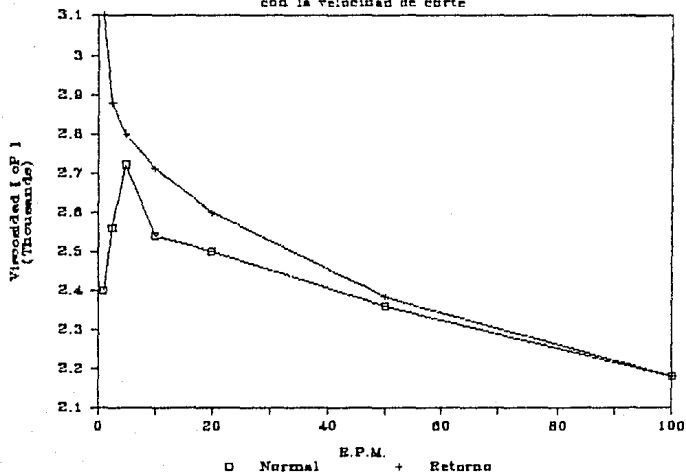
VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU ELSEVE SHAMPOO 50 R.P.M.
SUAVE, PROTEINA

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	30.80	2464.00
4.00	31.20	2496.00
8.00	31.20	2496.00
12.00	31.50	2520.00
16.00	31.65	2532.00
20.00	31.90	2552.00
24.00	32.00	2560.00
28.00	32.20	2576.00
32.00	32.50	2600.00

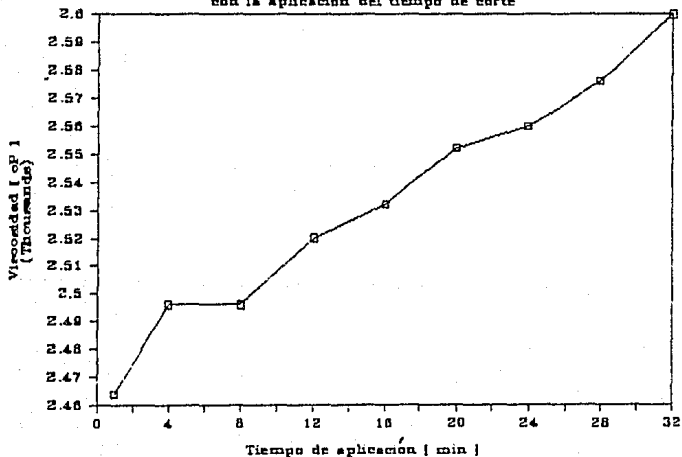
Variación de la Viscosidad

con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad

con la aplicación del tiempo de corte



VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DE LA FUERZA DE CORTE.

CHAMPU GRISI CON
ACEITE DE JOJOBA

T amb=20.5° C
Volumen=250 ml

R.P.M.	Viscosidad		Tiempo de aplicación [minutos]
	Normal [cP]	Retorno [cP]	
1.00	1000.00	1600.00	2
2.50	1120.00	1280.00	2
5.00	1200.00	1280.00	2
10.00	1200.00	1360.00	2
20.00	1233.33	1300.00	2
50.00	1248.00	1296.00	2
100.00	1284.00	1284.00	2

VARIACION DE LA VISCOSIDAD POR EFECTO DEL TIEMPO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE.

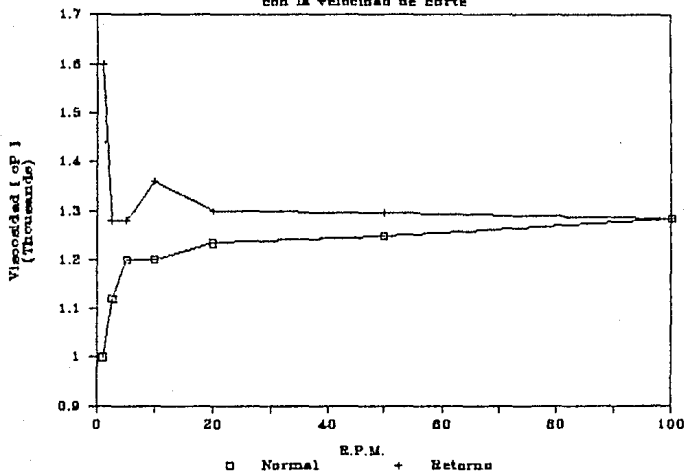
CHAMPU GRISI CON
ACEITE DE JOJOBA

50 R.P.M.

Tiempo [min]	Lectura	Viscosidad [cP]
1.00	17.40	1392.00
3.00	17.40	1392.00
9.00	17.40	1392.00
12.00	17.40	1392.00
15.00	17.50	1400.00
18.00	17.60	1408.00
21.00	17.70	1416.00
24.00	17.90	1432.00
27.00	18.10	1448.00
31.00	18.40	1472.00
34.00	18.50	1480.00
37.00	18.60	1488.00
40.00	18.60	1488.00
43.00	18.60	1488.00
46.00	18.75	1500.00
49.00	19.00	1520.00

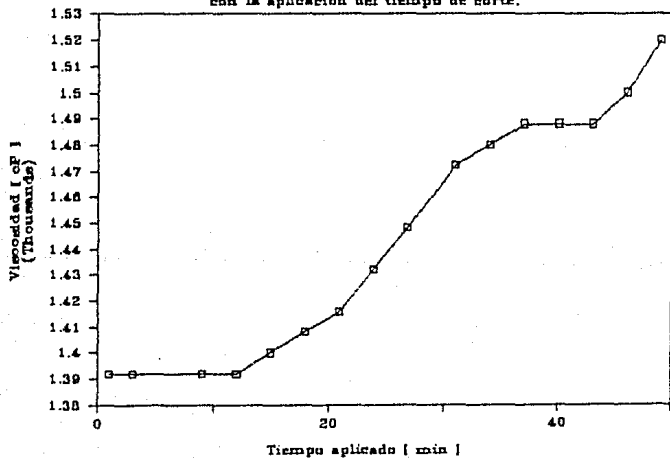
Variación de la viscosidad

con la velocidad de corte



Variación de la viscosidad

con la aplicación del tiempo de corte.



CAPITULO 3

ANALISIS DE DATOS Y RECOMENDACIONES DE USO.

3.1 ANALISIS DE DATOS.

3.1.1 Densidad.

En el capítulo anterior se observa en la tabla No. 2, un total de 12 marcas diferentes de champúes. Con respecto a la densidad, observamos que en todas las marcas y presentaciones esta tiene un valor cercano a 1 g/cm^3 , el cual es el valor del agua. Entre todas ellas existe una variación no mayor a 1%, lo cual indica un buen control.

3.1.2 Acidez (pH).

Según lo tratado anteriormente el pH para un champú debe ser ligeramente básico (8-9.5), y lo que se encontró fue que sin diluir el único que cumplió esta característica fue el "color tone" (muestra 4) y el más ácido fue el "selsun azul" para cabello normal, lo cual demuestra que están casi todos fuera de control, o que el pH es característico de cada tipo de champú.

En la gráfica de comparación de pH se aprecia una tendencia al descenso (ligeramente) al diluir la muestra, esto es ocasionado por el efecto anfotérico del agua, el cual tiende a estabilizarse en un pH casi neutro ($\text{pH}_{\text{diluido}} = 6.52$ y $\text{pH}_{\text{conc.}} = 6.65$ en promedio).

3.1.3 Tensión superficial.

Por lo que respecta a la tensión superficial, en todas las muestras es baja, con respecto al valor del agua a la temperatura a la que se realizó el experimento ($\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 71.97$ din/cm) que fué de 25°C , este valor es en promedio de 29.45 din/cm. Del valor de $\gamma_{\text{champú}}$ se observa una tendencia (esperada) al abatimiento de la γ del agua, con lo cual se facilita (aunado a la detergencia); un adecuado poder limpiador. En general los champues contienen detergentes muy poderosos, para poder realizar su tarea de limpiar. Por otra parte, los champues no son muy buenos humectantes, debido a que una de sus características es la de no permitir la redepósición de suciedad en el cabello.

3.1.4 Viscosidad.

A) Viscosidad vs Temperatura.

La totalidad de las curvas de viscosidad-temperatura muestran la tendencia esperada al abatimiento al aumentarse la temperatura.

Para todas las muestras se observa que la viscosidad calculada con los tiempos *normales* y los de *regreso*, tienen casi el mismo valor; de lo cual se desprende que es correcto calcularlas con cualquiera de ellos. Todo lo anterior en el viscosímetro de calda de bola, que es para determinar viscosidades en fluidos newtonianos.

Se realizaron pruebas en un par de muestras escogidas aleatoriamente (10 y 13), para evaluar la confiabilidad de las determinaciones, empleando bolas de diferente diámetro, para comparar los resultados. En la muestra 10 se emplearon las bolas 4 y 5 con un intervalo de temperaturas diferentes, pero cuidando que existiera un intervalo de *trastape* entre ellas. Se encontró que la diferencia entre los valores fué menor al 5 % en ese intervalo, lo cual se consideró adecuado para usar la bola más rápida en las distintas corridas, con la finalidad de ahorrar tiempo. Con la muestra 13 se hizo la misma prueba pero empleando las bolas 3 y 4, obteniéndose resultados equivalentes.

Durante el periodo de mediciones, se sucitó en incidente que resulta interesante el poner de manifiesto el alto poder adsorbente de los champues. En un descuido, dejamos cierta muestra dentro del tubo de medición por algún tiempo, y este dió como resultado que se adsorbiera champú sobre las paredes del primero, causando muchas dificultades para poder limpiar el tubo. Se lavó el tubo con agua y solventes (etanol y acetona) sin lograr resultados, ya que lecturas del agua destilada arrojaban valores de viscosidad de entre un 30 o 35 % de error. El problema se solucionó lavando el tubo con mezcla crómica durante 2 dias (dejándola dentro).

B) Viscosidad no newtoniana.

También se determinó la viscosidad de las muestras con un viscosímetro Brookfield, para fluidos no-newtonianos. Se realizaron mediciones en 15 muestras, haciendo variar la velocidad de corte (RPM) manteniendo el tiempo de aplicación constante, y; también se varió el tiempo de aplicación del esfuerzo de corte sin variar la velocidad de corte.

Con los datos experimentales se construyeron dos tipos de gráficas. El primero de ellos es η vs velocidad [RPM], y el otro es η vs tiempo de aplicación [seg].

Se encontraron resultados interesantes por la variedad de los comportamientos de las muestras, todas ellas con caracter no-newtoniano, en mayor o menor medida. Se presenta una tabla (Tabla 3), con los resultados de la dependencia a las dos variables manejadas junto con la clasificación de las muestras.

Hablando de la variación de la velocidad, podemos decir que se observó en la mayoría de las muestras una tendencia clara a la disminución de la viscosidad *aparente*, pero en dos de ellas se presentó el fenómeno opuesto. De lo anterior se desprende que existe una relación no sencilla entre el coeficiente de viscosidad y el esfuerzo de corte.

$$\eta = f(dv/dx) \quad (10)$$

De forma análoga se deduce el mismo comportamiento para las muestras cuya dependencia con el tiempo a la variación de su coeficiente de viscosidad se observó.

$$\eta = f(t) \quad (11)$$

Particularizando en ciertas muestras podemos anotar lo siguiente:

Para el champú Elseve suave para cabello seco se observó al variarle la velocidad de corte que mientras se aumentaba, su viscosidad aparente disminuía, pero al disminuir la velocidad se observó un franco aumento en dicha viscosidad. Al variar el tiempo de aplicación a una misma velocidad (50 RPM), se observó la misma tendencia; por cual se advierte una alta dependencia al aumentar el tiempo de aplicación del corte. Por todo lo anterior se clasificó a este fluido como tixotrópico negativo.

Al champú de jojoba Grisi le sucedió algo similar, solo que en este la tendencia fué a un aumento claro de la viscosidad al variar en cualquier sentido la velocidad de corte. Al variar el tiempo se observó un aumento, al aumentar el tiempo de aplicación del esfuerzo de corte. También se clasificó como tixotrópico negativo.

En estos dos champues se aprecia una dependencia con el tiempo de aplicación del esfuerzo de corte.

Por otro lado, se observó un par de muestras cuya dependencia con el tiempo es "nula", pero se advierte a velocidades bajas una especie de "valor de fluencia", estas muestras son el White rain extra body (rojo) y el Caprice con extracto de manzana. Se clasificaron como fluidos Plásticos.

En cuanto a la efectividad se hace una relación con la alta viscosidad en forma directa.

3.2 RECOMENDACIONES DE USO.

Con la información recopilada anteriormente, tanto teórica como práctica, podemos hacer algunas recomendaciones de uso y selección de los champues estudiados.

1o. No es necesario que exista un gran poder espumante en los champues, ya que la cantidad de espuma no es indicador de un buen lavado.

2o. Es conviene lavar el cabello dos veces, la primera con una cantidad mayor de champú para eliminar bien la suciedad y, hacer la misma operación con menor cantidad para eliminar los residuos redepositados sobre el cabello.

3o. Hay que evitar el contacto directo con los ojos, ya que muchos champues contienen surfactantes catiónicos, los cuales irritan y resecan las mucosas y la piel.

4o. Para los champues anticaspa junto con los hechos para " niños " hay que observar concienzudamente el tercer punto debido a que tienen además un pH bajo

50. En cuanto al precio de los champues, es conveniente hacer notar que las propiedades limpiadoras y acondicionadoras de los mismos no se intensifican con el aumento del primero, lo que se paga por ellos muchas veces es la propaganda y si acaso el perfume; la mayoría de las veces.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES.

La información que se puede obtener sobre los fluidos no-newtonianos es muy extensa y compleja. Aquí se ha tratado de presentar un panorama general que reúna información de utilidad para iniciar la comprensión del comportamiento no-newtoniano; así como presentar un banco de datos que puedan dar soporte a un trabajo experimental en el curso de laboratorio de fenómenos de superficie y de fenómenos de transporte.

Mediante este trabajo se encontró en los champúes un buen medio para estudiar las propiedades de un fluido no-newtoniano, por su fácil manejo y obtención.

A través del presente trabajo se pudo observar una gran variedad de fluidos no newtonianos, cuyas características se muestran claramente, por lo que se puede tomar como una base confiable para desarrollar nuevas prácticas muy ilustrativas en el laboratorio.

En cuanto a la comparación de las mediciones de las viscosidades medidas en los dos viscosímetros empleados

podemos concluir que no existe una concordancia entre ambos métodos, debido a que se basan en principios diferentes que se aplican a fluidos de naturaleza poco similar.

En cuanto al intento del experimento del anillo de plata para medir la tensión superficial en base al "jalón" medido en una balanza adaptada para medir susceptibilidad magnética, se concluye que existen muchas y variadas fuentes de error, y, por su complejidad; podría tomarse como tema de una trabajo de tesis a nivel licenciatura.

No se hace un análisis profundo y matemático del flujo no newtoniano, por la complejidad que ello implica, además de no ser el objetivo primordial del presente.

En cuanto al aspecto económico de el trabajo realizado, el comprar un champú de precio alto no significa necesariamente el adquirir el de mejor calidad. Deberíamos tomar en cuenta tan solo el poder limpiador y acondicionador de los champues, en vez de dejarnos envolver por el aparato publicitario que los mercantiliza.

Se cumplieron los objetivos fijados para la realización del presente trabajo en forma total.

BIBLIOGRAFIA.

1) Harris J., " Rheology and non-newtonian flow ", Longman, USA, 1st Edition (1977):1-5 p.

2) Oldroyd J.G., " Non-newtonian flow of liquids and solids " RHEOLOGY Theory and applications, Edited by Frederick R. EIRICH, Vol 1, Academic Press Inc., New York, USA (1956):653-662 p.

3) Fredrickson A.G., " Principles and applications of Rheology ", Prentice Hall, N.J., USA, 1st Edition (1964):1-254 p.

4) Shaw D.J., " Introducción a la química de superficies y coloides ", Alhambra, Madrid, España, 2a. Edición (1977):218-239 p.

5) CRANE, "Flow of fluids through valves, fittings and pipe ", Crane Engineering Division , N.Y., USA (1969):1-3 p.

6) Harkins W.D. and Jordan H., A method for the determination of surface and interfacial tension from the maximum pull on a ring, J. Am. Chem. Soc., Vol 52, May 1930: 1751-1773 p.

7) Metzner A.B. and Reed J.C., " Flow of non-Newtonian Fluids ", A.I.Ch.E. JOURNAL, 1 (1955): 434 P.

8) " HAAKE Viscometers ", Operation Manual: 3-11 p.

9) Collier A.A., Time independent fluids, Physics Education, Vol. 8, 5, July 1973: 333-338 p.

10) Collier A.A., Time dependent fluids, Physics Education, Vol. 8, 5, July 1973: 38-44 p.

11) Harry R.G., " Harry's cosmeticology ", London, L. Hill, U.K., (1975): 427-467 p.

12) Guthrie B. and Thorne H.M. " Shampoos and other hair preparations ". Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical technology, Vol. 12, New York, The Interscience Encyclopedia Inc. (1954): 221-226p.

MUESTRA No. 2

DATOS DE VISCOSIDAD PARA EL CHAMPU "Caprice con extracto de Manzana".
BOLA No. 4

Tiempo N [s]	Tiempo R [s]	TEMPERATURA [°C]	VISCOSIDAD [cp] Nor.	VISCOSIDAD [cp] Ret.
233.63	236.38	30.00	955.52	944.40
154.48	155.40	35.00	633.10	629.33
98.38	100.15	40.00	403.18	396.03
63.45	64.50	45.00	260.04	255.81
40.78	40.86	50.00	167.13	166.80
27.72	27.94	55.00	113.61	112.71

