

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA



**“MODELOS MATEMATICOS DE FLUJO NO
NEWTONIANO QUE CARACTERIZAN
MUESTRAS DE SHAMPOO PARA CABELLO”**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO

QUIMICO

AUTOR: Teodora, Lloclla Aguilar

Callao - 2017

PERÚ

PROLOGO DEL JURADO

El presente informe fue expuesto por el bachiller, TEODORA LLOCLLA AGUILAR, ante el JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS, conformado por los siguientes profesores:

Ing. CHAMPA HENRIQUEZ OSCAR MANUEL: Presidente

Ing. GUTIERREZ CUBA CESAR : Secretario

Ing. RANGEL MORALES FABIO MANUEL : Vocal

Ing. CARRASCO VENEGAS LUIS AMERICIO: Asesor

Tal como está asentado en el libro de acta N° 2 de tesis de folio N° 92 y Acta N° 275 de fecha **VENTICINCO DE JULIO DE 2017**, para la obtención del título profesional de Ingeniero Químico en la modalidad de Titulación por tesis, de conformidad establecido por el reglamento de Grados y Títulos aprobado por la resolución N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril de 2011. Resolución N° 221-2012-CU de fecha 19 de setiembre de 2012 y resolución N° 759-2013-R de fecha 21 de agosto de 2013.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida para lograr mis objetivos, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, además de su infinita bondad y amor.

Para Iris y Aronn, ellos saben que aquí sobran las palabras. Y por último, a todos los estudiantes de esta carrera, espero que este trabajo les permita despejar sus dudas e inquietudes y les sirva de ayuda en futuras investigaciones.

AGRADECIMIENTO

"Lo que llamamos problemas son lecciones, por eso nada de lo que nos sucede es en vano"

Facundo Cabral.

Al Dr. Luis Americio Carrasco Venegas, gracias por su apoyo y todo el tiempo invertido en este trabajo.

A mí jurado Ing. Oscar Manuel Champa Henríquez, Ing. Sonia Herrera Sánchez; Ing. Fabio Manuel Rangel Morales e Ing. Cesar Gutiérrez Cuba. Gracias por dedicar parte de su tiempo para revisar esta tesis y sus comentarios la enriquecieron. Finalmente un enorme agradecimiento a mi padre Maximiliano que en estos momentos de este proyecto me dejó un legado de valentía y a mi Alma Mater, la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO** y a la **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**, porque en sus aulas tuve la oportunidad de formarme como profesional y conocer a las personas que forman parte de la familia universitaria.

INDICE

I	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1	Identificación del problema	11
1.2	Formulación del problema	11
1.3	Objetivos de la investigación	12
1.3.1	Objetivo general	12
1.3.2	Objetivos específicos.....	12
1.4	Justificación.....	12
1.5	Importancia	12
II	MARCO TEORICO	14
2.1	Antecedentes del estudio	14
2.2	Reología.....Error! Bookmark not defined.	
2.2.1	Importancia de la Reología.....	19
2.2.2	Propiedades de la Reología.....	20
2.3	Fluidos	25
2.4	Propiedades de los Fluidos	26
2.5	Tipos de fluidos	27
2.5.1	Fluidos Newtonianos	27
2.6	Shampoo	44
2.7	Definición de la terminología	47
III	VARIABLES E HIPOTESIS	49
3.1	Variable de la investigación	49
3.2	Operacionalización de las variables	49
3.3	Hipótesis general e hipótesis específico.....	50
IV	METODOLOGIA	50
4.1	Tipo de Investigación	50

4.2	Diseño de la Investigación.....	50
4.3	Población y muestra.....	51
	4.3.Población.....	51
	4.3.Muestra.....	52
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
4.5	Procedimiento de recolección de datos.....	53
	4.5.1Equipo: RheolabQC.....	53
	4.5.2Material.....	58
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	60
V	<i>RESULTADOS</i>.....	64
VI	<i>DISCUSION DE RESULTADOS</i>.....	81
VI	<i>CONCLUSIONES</i>.....	82
VII	<i>RECOMENDACIONES</i>.....	83
VIII	<i>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</i>.....	84

INDICE DE TABLAS

TABLA N°1: Rango de gradientes de velocidad	21
TABLA N°2: Viscosidad aproximada a T y P ambiente	22
TABLA N°3: Constantes fundamentales para diferentes tipos de fluidos no newtonianos	39
TABLA N°4: Reporte de los datos de viscosidad dinámica, esfuerzo de corte y velocidad de corte para el shampoo Sedal Dúo a una temperatura de 40°C.	61
Tabla N°5: Reporte de los datos de viscosidad dinámica, esfuerzo de corte y velocidad de corte para el shampoo Geomen a temperatura de 30°C y 40°C.	62

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1	Curva de fluidez para representar la viscosidad dinámica y aparente	23
Figura 2.2	Flujo Newtoniano: a) Curva de fluidez: esfuerzo cortante contra rapidez de deformación; b) Curva de viscosidad: viscosidad contra rapidez de deformación	28
Figura 2.3	Esquema del esfuerzo de corte y la velocidad de corte para un fluido Newtoniano	29
Figura 2.4	Formación del perfil de velocidad en estado estacionario para un fluido contenido entre dos láminas	30
Figura: 2.5	Reogramas para fluidos newtonianos típicos.	31
Figura 2.6	Clasificación de los Fluidos no Newtoniano	32
Figura 2.7	Flujo: Pseudoplástico:	33
Figura 2.8	Flujo: Dilatante	34
Figura 2.9	Comportamiento reológico: Estado estacionario	35
Figura 2.10	Comportamiento tixotrópico: Curvas de disminución del torque aplicado	37
Figura 2.11	Comportamiento de los fluidos Reopéticos	38
Figura 2.12	Comportamiento reológico de un material de acuerdo al Número de Debora (De)	39
Figura 2.13	Perfil de velocidad para fluidos de la ley de potencia, en función del índice de flujo.	41

Figura 2.14	Ecuaciones de los modelos de Casson, Carreau y Cross	44
Figura 4.1	Reómetro RheolabQC	57
Figura 4.2	Accesorios del Reómetro RheolabQC	58
Figura 4.3	Shampoo Sedal	61
Figura 4.3	Shampoo Geomen	62
Figura 5.1	Influencia del gradiente de velocidad sobre el comportamiento reológico de una muestra de shampoo Sedal Dúo. T=40°C (modelo Bellet N°1)	67
Figura 5.2	Grafica de datos residuales: Y calculado - Y experimental, del modelo (Bellet N°1)	67
Figura 5.3	Influencia del gradiente de velocidad sobre el comportamiento reológico de una muestra de shampoo Sedal Dúo. T=40°C (Casson-Generalizada N°1)	68
Figura 5.4	Grafica de datos residuales: Y calculado - Y experimental, del modelo (Casson-Generalizada N°1)	68
Figura 5.5	Influencia del gradiente de velocidad sobre el comportamiento reológico de una muestra de shampoo Sedal Dúo. T=40°C (Casson 2)	69
Figura 5.6	Grafica de datos residuales: Y calculado - Y experimental, del modelo (Casson 2)	69
Figura 5.7	Influencia del gradiente de velocidad sobre el comportamiento reológico de una muestra de shampoo Sedal Dúo. T=40°C (Ostwald de Waele-Nutting)	70

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Esfuerzo Cortante	20
Ecuación 2: Viscosidad cinemática	22
Ecuación 3: Arhenius	23
Ecuación 4: Ley de la exponente	24
Ecuación 5: Esfuerzo de corte	28
Ecuación 6: Ostwald de Waele	40
Ecuación 7: Modelo de Ostwald	41
Ecuación 8: Modelo de Ostwald	41
Ecuación 9: Modelo de Sisko	41
Ecuación 10: Modelo de Eyring	41
Ecuación11: Modelo de Ellis	42
Ecuación 12: Modelo de Reiner-Philippoff	42
Ecuación 13: Modelo de Herschel- Bulkley	43

RESUMEN

La reología es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir. El presente trabajo consiste en el estudio del comportamiento reológico de las muestras de shampoo Sedal a 40°C y Geomen 30°C y 40 °C para ver la influencia de la temperatura. Estas pruebas experimentales se realizaron con el equipo RheolabQC de laboratorio de la FIQ-UNAC.

El objetivo de este trabajo consiste en determinar los modelos de flujo no newtoniano que caracterizan las muestras del shampoo Sedal y Geomen. Para ello, se realizó el tratamiento estadístico de los datos experimentales de velocidad de corte y esfuerzo de corte, a través de los indicadores estadísticos como la varianza e índice de correlación múltiple, se determinó que las muestras de shampoo estudiadas son representadas adecuadamente por los siguientes modelos reológicos, Bellet N°1, Casson-Generalizada N°1, Casson Generalizado N°2, Ostwald de Waele-Nutting, Powell-Eyring Williamson y Sisko. Al mismo tiempo se llega a concluir que los shampoos tienen el comportamiento pseudoplástico y se visualiza en los gráficos correspondientes, se demuestra la influencia de la temperatura sobre el shampoo Geomen, a pesar de que obedece a los mismos modelos, anteriormente indicados.

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

La industria enfrenta muchas dificultades dentro del estudio reológico debido a la diversidad de los productos existentes; ya que, además de sólidos y líquidos, existen productos con propiedades reológicas intermedias, lo cual conlleva a que estos tengan comportamiento reológicos muy complejos. El estudio reológico de los fluidos no newtonianos, comprende principalmente la determinación de los parámetros de un modelo específico, así como sus parámetros de flujo, como son los perfiles de velocidad, caudal, fuerza de rozamiento, etc.

En el caso de los parámetros de flujo, estos deberán ser determinados en régimen estacionario y no estacionario. En el presente trabajo se pretende encontrar los parámetros de los modelos de fluidos no newtonianos que correlacionan adecuadamente los datos experimentales.

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles son los modelos de flujo no newtoniano que caracterizan las muestras de shampoo para cabello?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Determinar los modelos de flujo no newtoniano que caracterizan las muestras de shampoo para cabello.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las características químicas y fisicoquímicas que influyen en la reología de la muestra de shampoo para cabello.
- Obtener los parámetros reológicos de los modelos asociados a muestras de shampoo mediante el tratamiento estadístico de regresión no lineal.

1.4 Justificación

La reología de los fluidos es una ciencia que implica los parámetros críticos en el estudio de la dinámica de los fluidos en general y en particular en el flujo de los fluidos. Se puede decir que el campo de la reología se extiende desde la mecánica de los fluidos Newtonianos hasta la elasticidad de Hooke.

El shampoo es un fluido que se deforma continuamente bajo la aplicación de esfuerzos cortantes, donde las características reológicas son predominantes como la viscosidad, plasticidad y elasticidad, para la producción de este producto se tiene que tener en cuenta la duración, distribución, y la forma como se esparce el shampoo sobre el pelo.

En la actualidad la demanda de los productos es cada vez mayor debido al incremento de la población, como consecuencia, la industria se ve en la

necesidad de usar nuevas tecnologías y métodos para tener una producción de buena calidad así satisfacer la necesidad de los consumidores. También estos productos cosméticos presentan una interesante tendencia preferiblemente libre de conservantes, sulfatos, derivados de PEG y siliconas. Los consumidores tienden a asociar cada vez más conceptos como compatibilidad con la piel, seguridad y respeto al medio ambiente con estas características. Hay incorporación de espesantes hidrofóbico naturales que muestra la estabilidad en relación a la viscosidad en formulaciones basadas en tensioactivos, lo que significa que la viscosidad disminuye a medida que aumenta la fuerza de cizalla, la viscosidad se mantiene invariable en un amplio rango de PH y temperatura, lo que supone una ventaja cuando existe partículas dispersas en la formula.

La Ley N° 29459. Ley de los productos farmacéuticos y cosméticos, establece los principios, criterios y exigencias básicas sobre los productos, interviene también en la fabricación para el uso del ser humano en cuando se puede aplicar la seguridad, eficacia, calidad, racionalidad, accesibilidad, equidad, bien social, etc.

1.5 Importancia

El estudio de las propiedades reologicas de los diferentes productos líquidos y semilíquidos es esencialmente utilizado para muchos propósitos,tales como el control de calidad,la estructura, correlación con la evaluación, el diseño y selección de la ingeniería de los procesos.Una

“Mientras que un sólido conserva una forma determinada, un líquido o un gas pueden tomar la forma del recipiente que los contiene, tanto los líquidos como los gases pueden fluir, en consecuencia, ambos se denominan fluidos”. Según Serway A. Raymond (2009)

La palabra reología fue acreditado por Eugene C. Bingham (1928), a partir de los trabajos de Heráclito, dándole el significado de "cada cosa fluye". En este momento, la reología se ha establecido como la ciencia de la deformación y el flujo de la materia, en la cual los materiales responden a un esfuerzo o tensión aplicada. Todos los materiales tienen propiedades reológicas y el área que ocupa la reología es muy relevante en numerosos campos. Existe una amplia variedad de fluidos tan comunes como los no Newtonianos que no siguen la ley de Newton, especialmente en las industrias químicas, alimenticias y en la industria del petróleo, y de allí la importancia de su estudio para un adecuado y correcto tratamiento.

Como los siguientes fluidos no Newtonianos:

- Shampoo
- Soluciones de polímeros
- Mermeladas y jaleas
- Mayonesa y manteca
- Salsas y melazas
- Pinturas y barnices, etc.

“A partir del límite de elasticidad o de fluencia, nos encontramos en la zona plástica, en la que la deformación del material no será reversible, es

decir, la materia no volverá a su estado inicial. En esta zona de comportamiento, se relacionara la tensión y la deformación producida”.

Según Yang, Q. Y. (1966)

En 1840 cuando Poiseville probó que Newton ya había definido lo que Stokes redactó, pues este último se dedicó simplemente a la adaptación del modelo capilar de los datos obtenidos por Newton. “También probó la relación empleando su instrumento que consistía en dos cilindros concéntricos y encontró que los resultados se adecuaban con las viscosidades que midió mediante experimentos en flujo capilar. Tras la descripción del instrumento de Couette, fue posible el estudio de una variedad muy amplia de fluidos, con lo que probaron que no todas las suspensiones coloidales y disoluciones de fluidos obedecen la relación simple establecida hasta el momento, entre esfuerzo cortante y velocidad de deformación a través de la viscosidad”. Maurice Couette (1890)

Hace un tratamiento parcial sobre la determinación de parámetros del modelo y sobre parámetros de flujo para algunos tipos de fluidos no newtonianos tanto el régimen estacionario como en régimen no estacionario. En el texto de Fenómenos de Transporte, Carrasco Venegas L; (2011).

Se han publicado datos experimentales de esfuerzo de corte y viscosidad aparente; en dicho artículo los datos experimentales fueron obtenidos en el viscosímetro de Couette y fueron correlacionados con un software comercial. En este trabajo, se hace uso de un software de cálculo y se

industriales, denominados espumógenos. Durante la segunda guerra mundial, las tropas estadounidenses viajaban a Europa llevando miles de muestras de shampoo que regalaban a la gente junto con chocolates y alimentos enlatados. La primera venta exitosa de shampoo fue desarrollada por John Breck en el año de 1930. Él fue el primer fabricante que presentó al público una línea de shampoo para cabello seco y aceitoso. A resumidas cuentas, se ha podido obtener un shampoo con dos tipos de sustancias:

- Base limpiadora (sustancias acondicionadoras y fragancias)
- Extractos activos de origen natural (especialmente de plantas y animal)

“A finales del año 2001, un equipo gerencial de Unilever Centroamérica, decidió realizar a través de dos conceptos diferentes el cambio de marca, imagen y formulación de los productos de cuidado para el cabello Sunsilk a Sedal. En Nicaragua, Honduras, Guatemala y Panamá, se decidió extraer del mercado el surtido Sunsilk, sustituyéndolo por productos de la marca Sedal, acompañando el cambio con una campaña de lanzamiento para Sedal”, Exprúa, José, (2001).

Se sabe que el primer champú comercializado en América se debe a John Breck, quien desarrolló varias soluciones limpiadoras para el cabello y el cuero cabelludo con el propósito de combatir su calvicie. Breck fue el primero en preparar champús para el cabello normal, los cuales fueron populares en salones de belleza en la década de los treinta.

La reología es una disciplina científica que se dedica al estudio de la deformación y flujo de la materia, Bird et al (2002).

Su objetivo está restringido a la observación del comportamiento de los materiales sometidos a deformaciones muy sencillas, desarrollando posteriormente un modelo matemático que permita obtener las propiedades reológicas del material.

2.1.1 Importancia de la Reología

Las medidas reológicas se están convirtiendo en métodos importantes para control y especificaciones en cualquier actividad cotidiana a un nivel industrial. La calidad de los productos depende de la plasticidad, pseudoplasticidad y la propiedad de adelgazamiento por corte, factores determinados por la ciencia de la reología. Los datos reológicos son necesarios en la industria del shampoo para poder realizar cada una de las actividades que a continuación se indican:

- Cálculos necesarios para la ingeniería de procesos que involucran una amplia gama de equipos (tuberías, bombas, extrusores, amasadores, máquinas de pintar, intercambiadores de calor, homogeneizadores, calentadores, viscosímetros, etc.).
- Determinación de la funcionalidad de los ingredientes en el desarrollo de los productos.
- Control de calidad de los productos intermedios o finales, este control se realiza en la propia línea de producción y es determinante para la aceptación del producto.

- Evaluación de la textura del shampoo mediante la correlación de los datos sensoriales, punto importante para que el producto sea aceptado por los consumidores.
- Estabilidad de emulsiones y suspensiones
- Producción de productos cosméticos y de higiene corporal: la consistencia de gel para cabello, la textura de la crema dental, para obtener la mayor eficiencia del producto.

2.1.2 Propiedades de la Reología

El esfuerzo Cortante (τ)

Es la fuerza necesaria para mover una superficie determinada de fluido y se denota con la letra τ . Según Newton el esfuerzo cortante, también llamado tensión de cizalla, es proporcional al gradiente de velocidad ($\frac{d\mu}{dy}$); si se duplica la fuerza, se duplica el gradiente de velocidad:

$$\tau = \mu \left(\frac{d\mu}{dy} \right) = \mu D \quad \text{Ecuación 1: Tensión}$$

Velocidad de corte ($\dot{\gamma}$)

Es la tasa de movimiento del fluido contenido entre dos superficies, se determina dividiendo la velocidad con que se mueven las superficies entre la distancia que las separa. En este caso se desplazan a un metro por segundo por cada metro de fluido y su unidad es (1/seg)

TABLA N°1
RANGO DE GRADIENTES DE VELOCIDAD

Tipo de proceso	Rango típico de gradiente de velocidad (s ⁻¹)	Aplicaciones
Sedimentación de partículas finas sobre un líquido	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴	Medicinas, pinturas
Nivelación debido a tensión superficial	10 ⁻² - 10 ⁻¹	Pinturas, tintas de impresión
Escurrido bajo gravedad	10 ⁻¹ - 10 ¹	Pintar, blanquear
Extrusión	10 ⁰ - 10 ²	Polímeros
Amasado	10 ¹ - 10 ²	Alimentos
Mezclado y agitado	10 ¹ - 10 ³	Líquidos
Flujo en tuberías	10 ⁰ - 10 ⁶	Bombeado
Pulverizado y Pintado	10 ³ - 10 ⁴	Secado en spray, pintura
Fricción	10 ⁴ - 10 ⁵	Cremas y lociones para la piel
Lubricación	10 ³ - 10 ⁷	Motores de gasolina

Fuente: Ing. Juan S. Ramírez N./Colombia/Fundamentos de reología de Alimentos

La Viscosidad (η)

Es la medida de la resistencia a la deformación del fluido y es la proporción entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte; sus unidades son Newton-Segundos por metro cuadrado o Pascal-Segundo.

TABLA N°2

VISCOSIDAD APROXIMADA A T y P AMBIENTE

FLUIDOS	VISCOSIDAD APROX. (MPa.S)
Vidrio	10⁴³
Vidrio fundido	10¹⁵
Betún	10¹¹
Polímeros fundidos	10⁶
Miel líquida	10⁴
Glicerol	10³
Aceite de oliva	10²
Agua	10⁰

Fuente: Juan S. Ramírez N. Introducción a la reología de los alimentos.

2.1.3 Tipos de viscosidad

- **La viscosidad dinámica (μ).**-Es la pendiente en cada punto de la curva de fluidez.
- **La viscosidad aparente (η).**- Se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de formación. Este término es utilizado al hablar de "viscosidad" para fluidos no newtonianos.
- **La viscosidad cinemática (ν).**- Relaciona la viscosidad dinámica con la densidad del fluido utilizado.

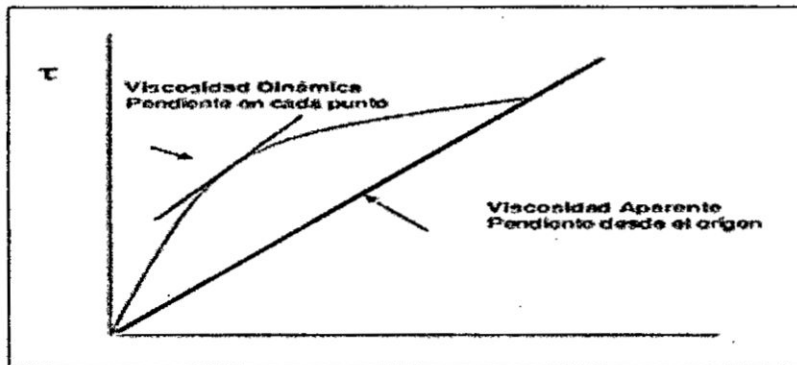
$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Ecuación 2: Viscosidad cinemática

Las unidades más utilizadas de esta viscosidad son los centistokes (cst).

1stoke=100centistokes= cm²/s.

FIGURA II-1
CURVA DE FLUIDES PARA REPRESENTAR LA VISCOSIDAD DINAMICA
Y APARANTE



Fuente: Juan S. Ramírez N. Introducción a la reología de los alimentos

2.2.4 Factores que afectan la viscosidad

Variación con la temperatura

La viscosidad de un fluido Newtoniano disminuye con la temperatura, aproximadamente con respecto a la ecuación de Arrhenius.

$$n = Ae^{B/T} \quad \text{Ecuación 3: Arrhenius}$$

Donde T es la temperatura absoluta, A y B son constantes del líquido.

En la viscosimetría, es importante tener en cuenta la generación de calor por parte de la muestra al aplicarle un esfuerzo de cizalla, lo que puede provocar una disminución de la viscosidad si no se intercalan etapas entre medida y medida para disipar el calor.

Variación con la presión

La viscosidad de los líquidos aumenta exponencialmente con respecto a la presión, aunque existe una excepción a esta regla pues el agua por

debajo de 30°C no la cumple en un primer momento, luego del cual el comportamiento se torna normal. Para presiones que difieren poco de la presión atmosférica (14.5 psi) los cambios no son notorios, pero existen casos, como en la industria de lubricantes, donde las medidas de viscosidad han de tomarse a elevadas presiones.

La variación de la viscosidad con la presión sigue una ley exponencial:

$$\mu = \mu_0 e^{\alpha P} \quad \text{Ecuación 4: Ley de la exponente}$$

Ecuación de Barus y Kuss, dónde:

μ = Viscosidad a presión P

μ_0 = Viscosidad a presión atmosférica

α = Parámetro que según Worster equivale a

$$\alpha = (0.6 + 0.965 \cdot \log \mu) \cdot 10^3$$

Variación con el tiempo de aplicación de cizalla

A menudo los valores de viscosidad encontrados para unos determinados valores de velocidades de cizalla no se mantienen constantes conforme aumenta el tiempo de aplicación de la deformación. Si el valor de esta viscosidad disminuye es el caso de un fluido tixotrópico, mientras que si aumenta es un fluido reopéctico.

Variación con la velocidad de deformación

El rango aproximado de velocidades de deformación se ha calculado dividiendo la velocidad media de flujo por una longitud característica de la geometría donde está fluyendo como el radio de una tubería o el espesor de una capa

2.2 Fluidos

Son sustancias que se caracterizan por tener su masa la capacidad de deformarse escurriendo cuando reciben el efecto de una fuerza, por muy pequeña que esta sea, lográndose que las moléculas que componen la sustancia se comuniquen este efecto. Cuando esta fuerza se manifiesta de manera tangencial logra que “las moléculas roten” siguiendo la trayectoria del conducto o abandonen el contenedor que las confina.

En contraste con un sólido, un fluido es una sustancia cuyas partículas se mueven y cambian sus posiciones relativas con gran facilidad, en forma más específica un fluido se define como una sustancia que se deforma continuamente, o sea, que fluye bajo la acción de un esfuerzo constante, sin importar lo pequeño que este sea. Un sólido por el contrario, puede resistir un esfuerzo constante si se supone que el esfuerzo no rebasa el límite elástico del material.

Todo fluido se va deforma en mayor o menor medida al someterse a un sistema de fuerzas externas, estas se representan matemáticamente mediante el esfuerzo cortante τ_{xy} mientras que la respuesta dinámica del fluido se cuantifica mediante la velocidad de deformación.

Los fluidos se clasifican en líquidos y gases, en liquido es aquel que está sometido a fuerzas intermoleculares que lo mantienen unido de tal manera que su volumen está definido, pero su forma no, presentan superficie libre y son incomprensibles ya que su densidad varia poco con la temperatura y la presión. Los gases constan de partículas en

movimiento que chocan unas con otras y tratan de dispersarse de forma que no tienen forma ni volumen definido; la presión, la temperatura y volumen que ocupan se relacionan a través de la ley de los gases.

Es decir, la ecuación apropiada del estado de gas, Duarte (2001).

Los fluidos constituyen la mayor parte de los procesos industriales que pueden ser productos líquidos y pastosos.

2.3 Propiedades de los Fluidos

Estabilidad

El flujo es estable cuando sus partículas siguen una trayectoria uniforme, es decir, nunca se cruza entre sí. La velocidad en cualquier punto se mantiene constante el tiempo.

Turbulencia

Debido a la rapidez en que se desplaza las moléculas el fluido se vuelve turbulento; un flujo irregular es caracterizado por pequeñas regiones similares a torbellinos.

Viscosidad

Es una propiedad de los fluidos que se refiere el grado de fricción interna; se asocia con la resistencia que presentan dos capas adyacentes moviéndose dentro del fluido. Debido a esta propiedad parte de la energía cinética del fluido se convierte en energía interna.

Densidad

Es la relación entre la masa y el volumen que ocupa, es decir la masa de unidad de volumen.

Volumen Específico

Es el volumen que ocupa un fluido por unidad de peso.

Peso Específico

Corresponde a la fuerza con que la tierra atrae a una unidad de volumen.

Gravedad Específico

Indica la densidad de un fluido respecto a la densidad del agua a tiempo estándar, esta propiedad es dimensional.

Tensión Superficial

En física se denomina tensión superficial de un líquido a la cantidad de energía necesaria para disminuir su superficie por unidad de área.

2.4 Tipos de fluidos

2.4.1 Fluidos Newtonianos

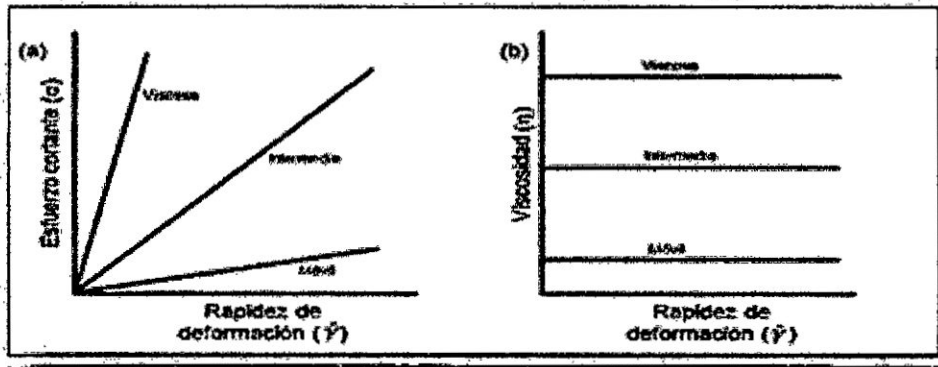
Son fluidos en los que el deslizamiento relativo de los elementos del fluido al circular uno sobre otro, es proporcional al esfuerzo cortante aplicado sobre el fluido, Levenspel (1993). Estos fluidos tienen una viscosidad constante que depende de la temperatura, pero no de la velocidad de corte ni del esfuerzo cortante aplicado dentro del rango de flujo laminar.

FIGURAI-2

FLUJO NEWTONIANO

A) CURVA DE FLUIDEZ: ESFUERZO CORTANTE Vs RAPIDEZ DE FORMACION

B) CURVA DE VISCOSIDAD: VISCOSIDAD Vs RAPIDEZ DE FORMACION



Fuente: Muller, H.G. Introducción a la reología de los alimentos (1973)

Observando la figura anterior, la viscosidad es constante para cualquier rapidez de deformación aplicada. Por lo tanto, si se duplica el esfuerzo cortante, la velocidad de deformación se va duplicar. Hay que tener en cuenta que la viscosidad de un fluido newtoniano no depende del tiempo de aplicación del esfuerzo, aunque si puede depender tanto de la temperatura como de la presión a la que se encuentra.

Su ecuación:

$$\tau = V\mu \text{ Ecuación 5: Esfuerzo de corte}$$

τ =Esfuerzo de corte (mPa)

μ =Constante de proporcionalidad denominada viscosidad (mPa.s)

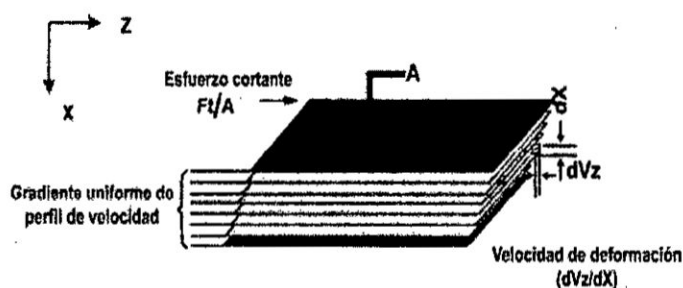
V =Velocidad de deformación del fluido (s^{-1})

Un fluido newtoniano se caracteriza por cumplir la ley de Newton, es decir, que existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la rapidez de deformación. Ejemplos de fluidos newtonianos, el agua y las bebidas

acuosas como el té, café, cerveza y bebidas gaseosas, jarabes de azúcar la mayoría de las mieles, aceites comestibles, jugo filtrado, cloroformo, petróleo, alcohol, amoniaco, etc.

FIGURAII-3

ESQUEMA DEL ESFUERZO DE CORTE Y LA VELOCIDAD DE CORTE PARA UN FLUIDO NEWTONIANO



Fuente: Luis A. Carrasco Venegas, Fenómenos de transporte (2011)

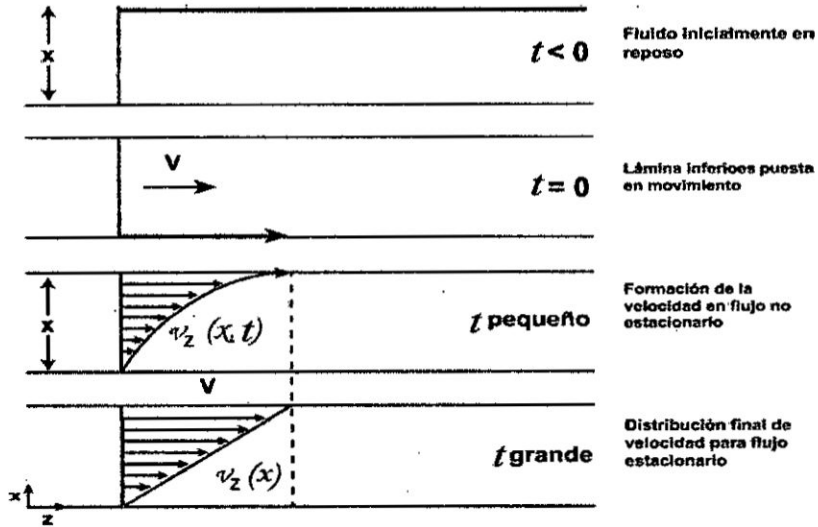
La ley de Newton

La ley establece que para ciertos fluidos el esfuerzo cortante sobre una interfaz tangente a la dirección de flujo, es proporcional a la tasa de cambio de la velocidad con respecto a la distancia, donde la diferenciación se toma en una dirección normal a la interfaz. FIGURAII-3

Una vez alcanzado dicho estado estacionario de movimiento, es preciso aplicar una fuerza constante para conservar el movimiento de la lámina inferior. Es decir, que la fuerza por unidad de área es proporcional a la disminución de la velocidad con la distancia Y . La constante de proporcionalidad se denomina viscosidad del fluido.

FIGURAI-4

FORMACION DEL PERFIL DE VELOCIDAD EN ESTADO ESTACIONARIO PARA UN FLUIDO CONTENIDO ENTRE DOS LAMINA

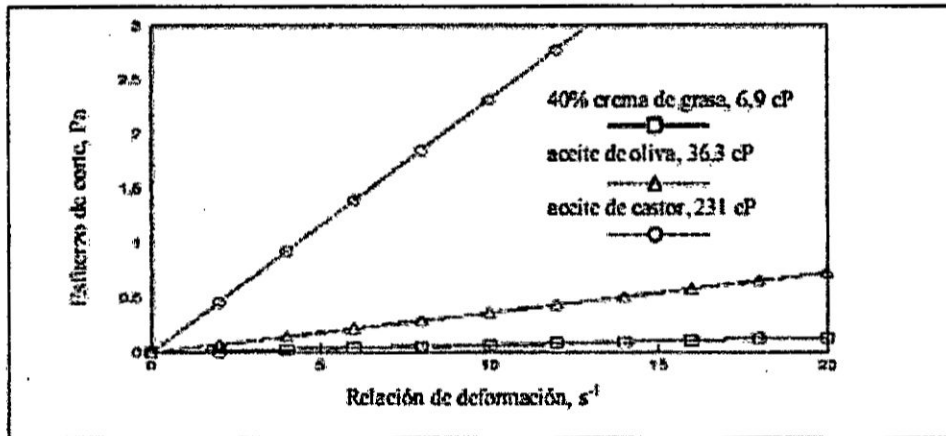


Fuente: Levenspel, O. Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor. (1993)

Un fluido newtoniano se caracteriza por cumplir la ley de Newton, es decir, que existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la rapidez de deformación.

FIGURAI-5

REOGRAMAS PARA FLUIDOS NEWTONIANOS TÍPICOS



Fuente: James F. Steffe Ph. RHEOLOGICAL METHODS IN FOOD PROCESS ENGINEERING (1996)

2.5.2 Fluidos no Newtonianos

Es aquel que exhibe flujo uniforme, en el cual no es constante la relación entre el esfuerzo tangencial y la rapidez de formación; es decir la viscosidad no es constante, Müller (1973).

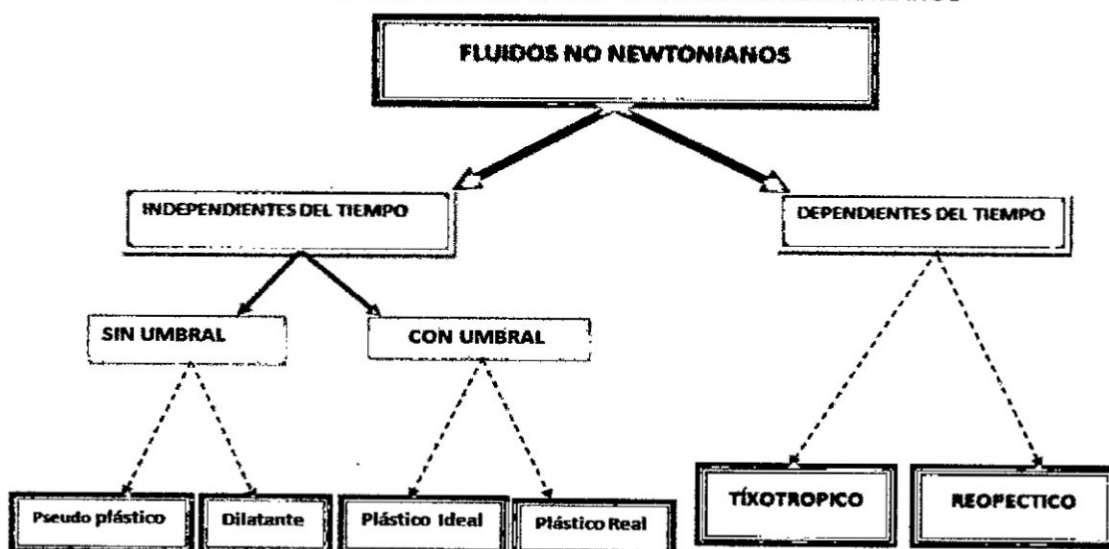
Un grupo de fluidos de interés es aquel en que la viscosidad eficaz varia con la velocidad eficaz varia con la velocidad de cizallamiento, es por eso que ha sido necesario desarrollar reglas de operación y de diseño, ya que en muchos procesos industriales intervienen fluidos o mezclas de fluidos que se comportan de diversas formas complejas, Metcalfe (1984).

Los fluidos no newtonianos son generalmente complejos y constan de más de una fase, una de ellas es continua y la otra discontinua dispersa.

Ejemplos de fluidos newtonianos son las suspensiones densas, lodos, emulsiones, fluidos biológicos, pinturas, suspensiones de arcilla, etc.

FIGURA II-6

CLASIFICACION DE LOS FLUIDOS NO NEWTONIANOS



Fuente: Adaptación de Luis A. Carrasco Venegas, Fenómenos de transporte (2011)

Fluidos no Newtonianos Independientes del Tiempo

Estos fluidos se clasifican dependiendo de si tienen o no esfuerzo umbral.

- **Fluidos sin esfuerzo Umbral**

Pseudoplástico

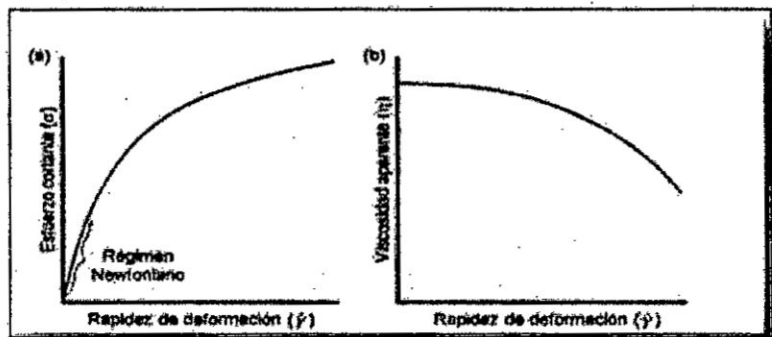
Los líquidos son menos espesos cuando se someten a altas velocidades de deformación que cuando se cizallan lentamente. La Viscosidad aparente depende de la velocidad de deformación por cizalladura, pero no del tiempo durante el que están sometidos a la tensión cizallante. Si la velocidad es lo suficientemente rápida, por lo tanto la viscosidad de un fluido pseudoplástico decrece conforme incrementa el gradiente de velocidad. La razón de este comportamiento al flujo es que al incrementarse el gradiente de velocidad se deforma las partículas en suspensión del fluido, originándose una menor resistencia al flujo y obteniéndose como consecuencia una menor viscosidad, López (2003).

FIGURA II-7

FLUJO PSEUDOPLASTICO

A) ESFUERZO CORTANTE Vs RAPIDEZ DE DEFORMACION

B) VISCOSIDAD APARENTE Vs RAPIDEZ DE DEFORMACION



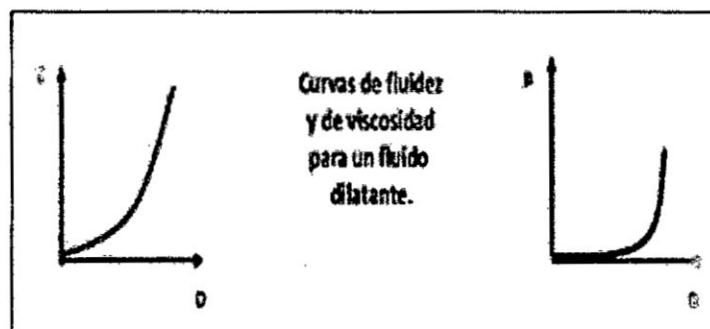
Fuente: Bourne M. C. Food texture and viscosity. (1982).

Este comportamiento es común en productos de frutas y vegetales, algunos tipos de ketchup, mostaza, varias clases de pintura, suspensiones acuosas de arcilla, polímeros fundidos y productos de baño como el shampoo.

Dilatantes

Es un fenómeno de espesamiento independiente del tiempo, que se da a velocidades de deformación, se trata del fenómeno opuesto al pseudoplástico. El fenómeno de dilatación se produce debido a la fase dispersa del fluido, en dicho fluido tiene lugar un empaquetamiento de las partículas, dejando a la fase continua casi sin espacio, si se aplica un esfuerzo, el empaquetamiento se altera y los huecos entre las partículas dispersas aumentan, por esta razón la viscosidad aparente aumenta conforme aumenta la velocidad de corte, que es lo contrario a lo que ocurre en el pseudoplástico

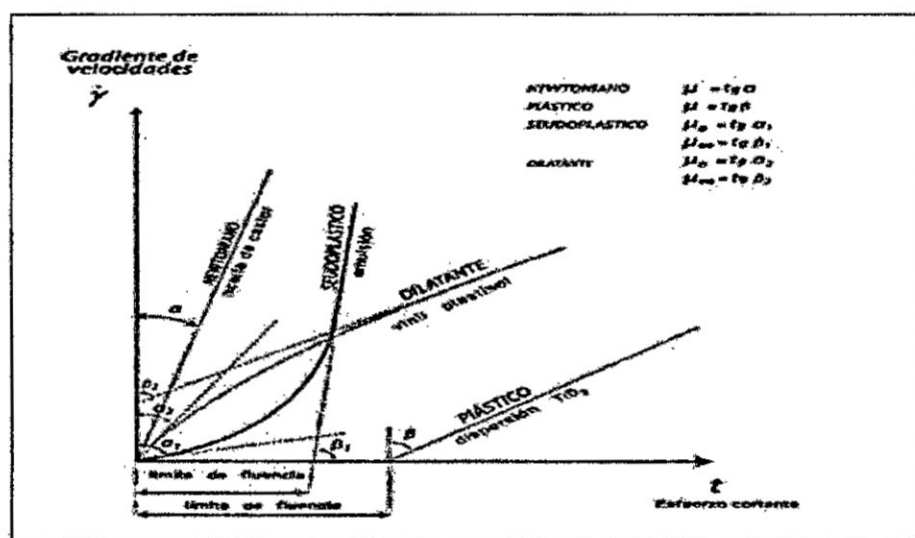
FIGURA II-8
FLUJO DILATANTE
A) ESFUERZO CORTANTE Vs RAPIDEZ DE DEFORMACION
B) VISCOSIDAD APARENTE Vs RAPIDEZ DE DEFORMACION



Fuente: Bourne M. C. Food texture and viscosity, (1982)

Este tipo de flujos se encuentran en líquidos que contienen una proporción alta de partículas rígidas insolubles en suspensión. Ejemplo de fluidos dilatantes, son las suspensiones de almidón, Algunos jarabes de chocolate, la arena mojada, dióxido de titanio, etc.

FIGURA II-9
COMPORTAMIENTO REOLOGICO: ESTADO ESTACIONARIO



Fuente: Juan S. Ramírez N. Introducción a la reología de los alimentos (2006)

- **Fluidos con esfuerzo umbral**

Plásticos

Este fluido se comporta como un sólido que sobrepasa un esfuerzo cortante mínimo (esfuerzo umbral o de cadencia) y a partir de dicho valor se comporta como un líquido, a este tipo de fluidos también se le conoce como viscoplásticos.

La razón por lo que se comportan así los fluidos plásticos es la gran interacción existentes entre las partículas suspendidas en su interior, formando una capa llamada de solvatación. Están formados por dos

fases, una fase dispersa formando sólidos y burbujas distribuidas en una fase continua. En estos fluidos las fuerzas de Vander Waals y los puentes de Hidrogeno, producen una atracción mutua entre partículas. También aparecen fuerzas de repulsión originadas por potenciales de la misma polaridad.

Los fluidos plásticos, a su vez se diferencian en la existencia de proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, a partir de su esfuerzo umbral. Si existe proporcionalidad, se denomina fluidos plásticos de Bingham y si no hay, se denominan solo plásticos.

Ejemplos típicos de comportamiento plásticos son el chocolate, la arcilla, mantequilla, la mayonesa, la pasta de dientes, las emulsiones, las espumas, etc.

Fluidos no Newtonianos dependientes del tiempo

Tixotropía

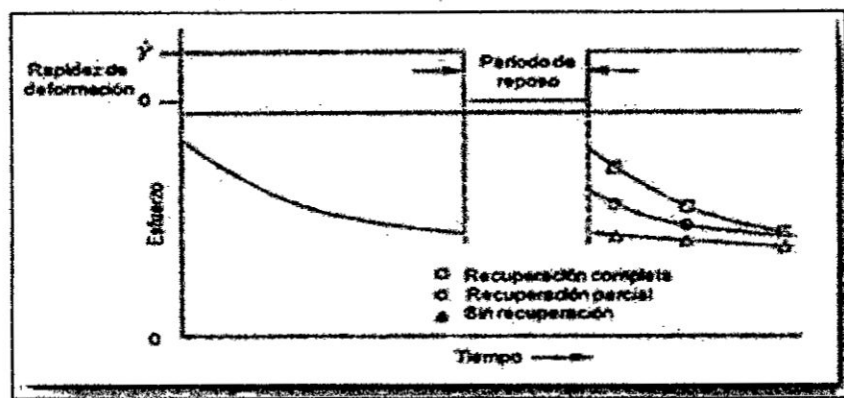
En estos fluidos, el esfuerzo cortante y la viscosidad aparente disminuyen conforme transcurre el tiempo para una misma rapidez de deformación, pero el cambio es reversible, el fluido recobrara su estado original al eliminar la fuerza de corte (recuperación gradual cuando es removido el esfuerzo aplicado). Estos fluidos se caracterizan por un cambio de su estructura interna al aplicar un esfuerzo, esto produce la rotura de las largas cadenas que forman sus moléculas. Dichos fluidos, una vez aplicado un estado de cizallamiento, solo pueden recuperar su viscosidad inicial tras un tiempo de reposo. La viscosidad va disminuyendo al aplicar

una fuerza y acto seguido vuelve a aumentar al cesar dicha fuerza debido a la reconstrucción de sus estructuras y al retraso que se produce para adaptarse al cambio, es aquí cuando parece el fenómeno de histéresis.

Cuando un material es sometido a una velocidad de corte constante, el esfuerzo cortante disminuye con el tiempo, pero durante el periodo de reposo el material se puede recuperar completamente, recuperarse parcialmente o bien no recuperar su estructura original.

FIGURA II-10

COMPORTAMIENTO TIXOTROPICO: CURVAS DE DISMINUCION DEL TORQUE APLICADO



Fuente: James F. Steffe Ph. RHEOLOGICAL METHODS IN FOOD PROCESS ENGINEERING (1996).

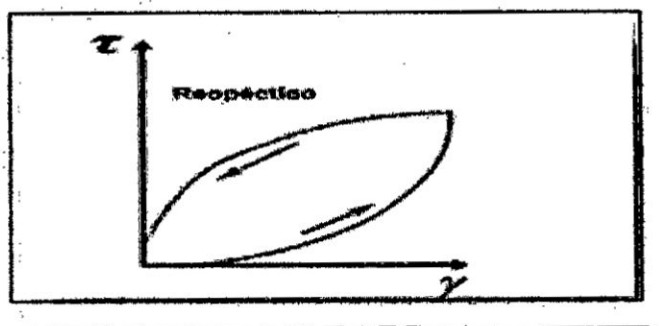
Los comportamientos son variados, se considera al fluido como un sistema disperso, donde las partículas que contienen diferentes potenciales eléctricos y tienden a formar tres estructuras variadas dependiendo de cómo sea la dispersa, Ramírez, (2006). Ejemplos típicos de este fluido, las pinturas, las tintas de impresión, aceites de petróleo, el nylon, material alimenticio como la gelatina, crema, manteca vegetal, yogurt, salsa de tomate y aderezos para ensalada, etc.

Reopécticos

Estos fluidos se caracterizan por tener un comportamiento contrario a los tixotrópicos, es decir, que su viscosidad aumenta con el tiempo y con la velocidad de deformación aplicada y presentan histéresis inversa a estos últimos. Esto es, debido a que se aplica una fuerza se produce una deformación de enlaces intermoleculares provocando un aumento de la viscosidad, mientras que si esta cesa se produce una destrucción de los enlaces, dando lugar a una disminución de la viscosidad.

FIGURA II-11

COMPORTAMIENTO DE LOS FLUIDOS REOPECTICOS



Fuente: Luis A. Carrasco V. Fenómenos de transporte (2011)

Fluidos Viscoelásticos

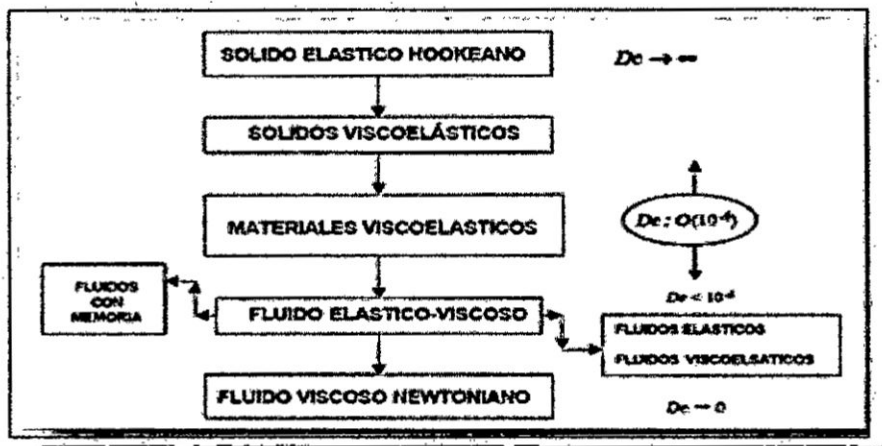
Los fluidos exhiben una recuperación elástica de las deformaciones que ocurren durante el flujo, muestran propiedades tanto viscosas como elásticas, Rao, M. A., Rizvi, S.S. (1986). Esta mezcla de propiedades puede ser debida a la existencia en el líquido de moléculas muy largas y flexibles o también a la presencia de partículas líquidas o sólidos dispersos.

Las mediciones de viscoelásticos pueden causar dificultades en los

procesos industriales, presentes en la industria de pinturas, cosméticos y alimentos. Ejemplos de fluidos viscoelásticos; la crema de leche, mezcla de helados, y productos congelados.

La viscoelasticidad es la combinación de la viscosidad de un líquido para velocidades de deformación baja (Ley de Newton) y elasticidad de un sólido (Ley de Hooke).

FIGURA II-12
COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE UN MATERIAL DE ACUERDO AL NÚMERO DE DEBORA (De)



Fuente: Barnes, H.A. Hutton, J.F.; Walters, K. an Introduction to Rheology, (1989).

Si De es muy grande, tiende a infinito, el tipo de material es un sólido Hookeano elástico, mientras que si De tiende a cero este material representara a un fluido viscoso newtoniano, Barnes, et al. (1989).

TABLA N°3

CONSTANTES FUNDAMENTALES PARA DIFERENTES TIPOS DE FLUIDOS NO NEWTONIANOS

Tipo de flujo	Índice de consistencia	Índice de comportamiento al flujo	Umbral de fluencia	Ejemplo
Newtoniano	Viscosidad $K > 0$	$n = 1$	$\sigma_0 = 0$	Jugos clarificados, aceites, leche, jarabes de pastelería.
Seudoplástico	Viscosidad aparente $K > 0$	$0 < n < 1$	$\sigma_0 = 0$	Jugos concentrados cremogenados y purés, de fruta, almidón.
Plástico de Bingham	Plasticidad constante $K > 0$	$n = 1$	$\sigma_0 > 0$	Aderezos de ensalada, salsa de dulce de chocolate, ketchup.
Tipo mixto	Índice de consistencia $K > 0$	$0 < n < 1$	$\sigma_0 > 0$	Mermelada, jalea.
Dilatante	Índice de consistencia $K > 0$	$1 < n < 4$	$\sigma_0 = 0$	Mantequilla de maní, pasta de salchichas.

Fuente: RHA, CH. Rheology of fluid foods. Food Technol (1978)

2.6 Modelos de ajuste para comportamientos reológicos

Se propuso en la bibliografía numerosas ecuaciones empíricas para expresar el comportamiento reológico de fluidos no newtonianos, sería que tales funciones pudieran ser desarrolladas a partir de modelos matemáticos basados en la estructura molecular, pero en la actualidad las teorías moleculares no son capaces de describir satisfactoriamente en comportamiento real de materiales complejos, como suele ser habitual. Por ello, las fuentes más útiles de información reológicas son modelos empíricos. Se indican algunos modelos más utilizados de acuerdo a Quintans, L. (2008).

Modelo de Ostwald de Waele

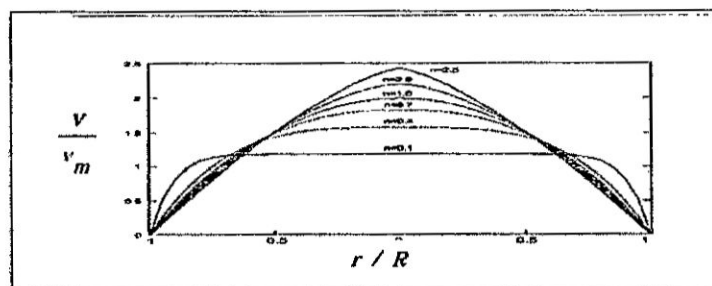
Representado por la relación que se muestra en la ecuación y a menudo recibe el nombre de “ley de la potencia”, Steffe; Holdsworth citados por Mukprasirt et al. (2000).

$$\tau = K * \gamma^n \text{Ecuación 6: Ostwald de Waele}$$

Los parámetros: k = Índice de consistencia ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$) y n = Índice de comportamiento al flujo (a dimensional). Para $n=1$, el modelo representa el comportamiento newtoniano, con $n = k$. La desviación del valor de n de la unidad es una medida del grado de desviación del comportamiento newtoniano. Para $n > 1$, el modelo sigue un comportamiento dilatante, mientras que $n < 1$ indica un comportamiento pseudoplástico.

Este modelo da valores de viscosidad aparente infinitos para líquidos dilatantes a altas velocidades de cizalla y nulas para líquidos pseudoplástico. Por contrario, predice viscosidad límite a cizalla cero, nula para líquidos dilatantes e infinita para líquidos pseudoplástico.

FIGURA II-13
PERFIL DE VELOCIDAD PARA FLUIDOS DE LA LEY DE POTENCIA EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE DE FLUJO



Fuente: Ibaraz y Barbosa-Cánovas (1999)

Modelo de la ley potencial truncada

El fluido se comporta como newtoniano hasta un determinado valor de velocidad de cizalla, a partir del cual fluye de acuerdo con el modelo de Ostwald:

$$\gamma < \gamma_1 \quad \tau = \tau_1 \left(\frac{\gamma}{\gamma_1} \right) \quad \text{Ecuación 7: Modelo de Ostwald}$$

$$\gamma > \gamma_1 \quad \tau = \tau_1 \left(\frac{\gamma}{\gamma_1} \right)^n \quad \text{Ecuación 8: Modelo de Ostwald}$$

Es un modelo de tres parámetros γ_1 , τ_1 y n , y se resuelve la inconsistencia del modelo de Ostwald a bajas velocidades de cizalla.

Modelo de Sisko

El modelo de Sisko adopta la siguiente ecuación:

$$\tau_{ap} = k_s \gamma^{n_s - 1} + \tau_{\infty} \quad \text{Ecuación 9: Modelo de Sisko}$$

Este modelo puede ser aplicado en operaciones como el bombeo de alimentos líquidos y los procesos de mezcla que implican altos gradientes de velocidad. Este modelo se puede considerar como una generalización del modelo de la potencia y que a su vez tiene una cierta componente newtoniana, siendo un modelo adecuado para sistemas que bajo ciertas condiciones de operación pueda alcanzar un cierto comportamiento newtoniano.

Modelo de Eyring

$$\tau = \eta_0 \operatorname{arcsenh} \left(\frac{\gamma}{B} \right) \quad \text{Ecuación 10: Modelo de Eyring}$$

La relación entre esfuerzo cortante y velocidad de deformación es:

Es un modelo de dos parámetros η_0 y B que predice el comportamiento

pseudoplástico para valores finitos y tiende asintóticamente a la ley de viscosidad de Newton cuando la velocidad de deformación tiende a cero, en cuyo caso $\eta = \eta_0$. Este modelo obedece a la teoría cinética de los líquidos, Eyring et al, (1941).

Modelo de Ellis

Si el parámetro α es mayor que la unidad, el modelo tiende hacia el comportamiento newtoniano para valores bajos de esfuerzo cortante, si es menor que la unidad, la convergencia hacia la ley de Newton se produce a altos valores de esfuerzo cortante.

$$\tau = \left[\frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\tau}{\tau_{1/2}} \right)^{\alpha-1}} \right] \cdot \dot{\gamma} \quad \text{Ecuación 11: Modelo de Ellis}$$

Modelo de Reiner-Philippoff

Modelo de tres parámetros y la ecuación es:

$$\tau = \left[\eta_\infty + \frac{\eta_0 - \eta_\infty}{1 + \left(\frac{\tau}{\tau_s} \right)^2} \right] \cdot \dot{\gamma} \quad \text{Ecuación 12: Modelo de Reiner-Philippoff}$$

Representa un comportamiento estructural con viscosidad límite a baja velocidad de cizalla η_0 y a alta velocidad de cizalla η_∞ .

Modelo de Bingham

Estos fluidos son los más simples debido a que solo difieren de los newtonianos en cuanto a que relación lineal no pasa por el origen, Geankoplis (1986). Esto se debe a que estos cuerpos no se derraman bajo el efecto de su peso; necesitan que la presión sobrepase un umbral

para que comience el flujo. Una vez que se ha sobrepasado este valor crítico, el fluido se comporta como newtoniano, Chefftel et al; (1983).

Modelo de Herschel- Bulkley

Este modelo fue desarrollado para suspensiones no tixotrópicas de partículas atrayentes, Holdsworth, (1971). Es una generalización del modelo de Bingham, aplicable a fluidos plásticos pseudoplástico, plásticos y dilatantes. Se basa en la expresión:

$$\begin{aligned} \tau &\leq \tau_0 & \gamma &= 0 \\ \tau &> \tau_0 & \tau &= \tau_0 + K \cdot \gamma^n \end{aligned}$$

Ecuación 13: Modelo de Herschel- Bulkley

Donde $n > 1$ representa un comportamiento plástico dilatante, mientras que para $n < 1$ representa un comportamiento plástico pseudoplástico. Para $n=1$, el modelo es equivalente al modelo de Bingham con $k=n_0$.

Modelo de Casson, Carreau y Cross

FIGURA II.14

ECUACIONES DE LOS MODELOS DE CASSON CARREAU Y CROSS

MODELO	ECUACIÓN
Casson	$\tau^{0.5} = \tau_0^{0.5} + K_1 \cdot \gamma^{0.5}$
Carreau	$n = n_\infty + (n_0 - n_\infty) \cdot \left[1 + (K_1 \cdot \gamma)^2 \right]^{(n-1)/2}$
Cross	$n = n_\infty + \frac{n_0 - n_\infty}{1 + K_1 \cdot \gamma^n}$

Fuente: Luis Americo Carrasco Venegas, Fenómenos de transporte (2011)

2.5 Shampoo

Es un producto para el cuidado del cabello, usado para limpiarlo de la suciedad, la grasa formada por las glándulas sebáceas, escamas de la piel y en general partículas contaminantes que gradualmente se acumulan en el cabello. Cuando se mezcla shampoo con agua o con vinagre, se convierte en un tensoactivo, el cual mientras limpia el cabello y cuero cabelludo, puede quitar el sebo que lubrica la base del cabello.

Un shampoo efectivamente preparado contiene alrededor de 10 ingredientes. En su composición está el agua destilada surfactantes aniónicos y anfóteros, estabilizador de espuma, aglutinador para el manejo de la mezcla, agentes acondicionadores, agentes medicinales, colorantes, aromatizantes, tal vez un agente nacarante para proporcionar al producto un aspecto atractivo a los clientes; y algunos aditivos particulares para dar nombre de hierbas como: romero, limón, papaya aguacate, placenta, aloe, etc.

Todos los shampoos se elaboran actualmente con detergentes artificiales que sustituyen al jabón que se utilizó como ingrediente básico de la década de los 50, ya que este no es compatible con el cabello o con las aguas duras a causa de sus propiedades alcalinas.

En la actualidad la cosmética ha conseguido elaborar productos casi milagrosos que vencen las caspas, eliminan la grasa, vigorizan el cuero cabelludo retardando la caída del cabello, Fick E. (1969)

2.5.1 Estructura del Shampoo

Detergentes

El shampoo se prepara con detergentes a base de sulfonatos alcohólicos insensibles a la dureza del agua. Conviene que estos sean neutros o débilmente ácidos, se obtienen a partir de ácidos grasos por reducción y sulfonación con ácido sulfúrico, pasando a sulfonato con hidróxido de sodio.

Tensoactivo

Son sustancia que hacen descender la tensión superficial de un líquido, se caracterizan por tener la capacidad para producir humectación, dispersión, penetración, y emulsificación, en determinadas condiciones para solubilizar sustancias normalmente insolubles. Sus propiedades físico químicas de los agentes tensoactivos se caracterizan porque sus moléculas están disociados en soluciones. Los grupos de estas partículas disociadas se llaman micelas. Los tensoactivo pueden ser de carácter aniónico, catiónico y anfótero. El alquil éter sulfatos (lauril éter sulfato de sodio) son solubles, tienen un menor punto de enturbiamiento y mayor compatibilidad con el cuero cabelludo.

Suavizantes o engrasantes

Están el efecto propio de los detergentes sobre el cabello, otorgándole suavidad y docilidad. Estas sustancias se fijan sobre el cabello, cualidad conocida como sustantividad. Entre ellos tenemos: dietanolamida de coco

y resina amino amida grasa que se emplea en un porcentaje de 1 a 5%.

Viscosantes

Permiten regular la consistencia y propiedades del flujo, además de facilitar su aplicación. Como viscosantes se pueden emplear sales inorgánicas de metales alcalinos (cloruro de sodio, cloruro de amonio) y coloides hidrofílicos (metilcelulosa).

Colorantes: Tienen como finalidad mejorar la presentación del shampoo.

Conservantes: Son productos de efecto antibacteriano y germicida. Entre ellos: propilenglicol, formaldehído, propilparabeno, Metilparabeno y benzoato de Sodio que se usa en una proporción del 0.1%.

Aditivos especiales: Se pueden agregar aditivos del Shampoo para obtener efectos especiales como:

- Reacondicionador
- Nacarante
- Anticaspa

Indicadores de calidad del Shampoo:

- Capacidad de Crear Espuma.
- Viscosidad
- Densidad
- Valor de PH

Toxicidad

2.6 Definición de la terminología

Reología: Es la ciencia del flujo y la deformación, estudia las propiedades mecánicas de los gases, líquidos, plásticos, sustancias, asfálticas, materiales cristalinos y otros.

Fluido Newtoniano: Es aquel fluido que obedece la ley de la viscosidad de Newton.

Fluido no Newtoniano: Son fluidos que provocan y circulan sometidos a esfuerzos, son fluidos donde su viscosidad varía con la temperatura y la tensión cortante que se le aplica, como resultado un fluido no newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante, a diferencia de un fluido newtoniano.

Ley de viscosidad de Newton: Establece que la relación entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte es un valor constante.

Modelos reológico: Es relación matemática no lineal entre el esfuerzo de corte, la velocidad de corte o la viscosidad aparente, Macosko, (1994).

Viscosidad: Es la medida de la resistencia a la deformación del fluido y es la proporción entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte.

Teoría de la elasticidad: Viene definida por la ley que Robert Hooke.

Comportamiento plástico: La energía es almacenado en vez de fluir, cuando se les aplica un esfuerzo cortante inferior a un determinado nivel, dicho nivel viene marcado por la tensión de fluencia, el material dejara de comportarse como un sólido elástico para comportarse como un líquido viscoso.

Módulo de relajación: El valor tensional que representa el modo en que se mide la dependencia respecto del tiempo del comportamiento de la materia, al ser sometida a un determinado esfuerzo.

Viscosidad dinámica (μ): Es la medida de la deformación de un fluido cuando es sometido a un esfuerzo de corte. Si se representa la curva de fluidez (esfuerzo de corte vs velocidad de corte), se define también como la pendiente de dicha curva en dicho punto, Resnick, (2004).

Viscosidad aparente (η): Se define como el cociente entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte. Este es el término que se utiliza para hablar de "viscosidad" de fluidos no newtonianos, Scottblair, (1969).

Esfuerzo de corte: Relación entre la fuerza tangencial aplicada a un fluido y al área respectiva, es una magnitud tensorial.

Velocidad de Corte: Es el gradiente de velocidad (x) en la dirección (y), también es una magnitud tensorial.

Ecuación de movimiento: Es la ecuación de la segunda ley de Newton aplicada a los fluidos en movimiento.

III VARIABLES E HIPOTESIS

3.1 Variable de la investigación

Variable dependiente Y

Y= Los modelos de flujo no newtoniano que caracterizan las muestras de shampoo para cabello.

Variables Independientes: X1 yX2

X1=Las características químicas y fisicoquímicas que influyen en la reología del shampoo para cabello.

X2=Modo de obtener los parámetros reológicos de los modelos de fluidos no newtonianos.

3.2 Operacionalización de las variables

VARIABLES	INDICADORES	OPERACIONAL
Los modelos de flujo no newtoniano que caracterizan las muestras de shampoo para cabello.	Reproducción de los datos experimentales a través de los modelos	Índice de correlación y varianza del cálculo de los parámetros de los modelos
Las características químicas y fisicoquímicas que influyen en la reología del shampoo para cabello.	Composición química Acidez Densidad Temperatura	Porcentaje pH g/cc °C
Modo de obtener los parámetros reológicos de los modelos de los fluidos no newtonianos	Constantes numéricas de los modelos	Índice de correlación , la varianza

3.3 Hipótesis general e hipótesis específico

Hipótesis general

Los modelos pseudoplástico de fluidos no newtonianos caracterizan las muestras de shampoo para cabello.

Hipótesis específico

- Las características que influyen en la reología son la temperatura, la composición química, la densidad y la acidez.
- El análisis del índice de correlación múltiple y la varianza permiten suponer que el shampoo puede ser caracterizado por varios modelos de fluidos no newtoniano.

IV METODOLOGIA

4.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo experimental, el nivel de medición y análisis de información, es de tipo cuantitativa. Experimental por que se desarrolla el método científico en el Laboratorio de la FIQ/UNAC.

La ventaja de este tipo de estudio es analizar y realizar diferentes pruebas para llegar al patrón o modelo adecuado con menor error matemático.

4.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación, consiste de las siguientes etapas:

1. Revisión bibliográfica permanente, antes del planteamiento del proyecto, y durante el desarrollo de la tesis.
2. Selección del fluido de trabajo: Debido a sus características reológicas de fluidos no newtonianos, se eligió este fluido,

4.5 Procedimiento de recolección de datos

4.5.1 Equipo

Reómetro RheolabQC

Reómetro rotacional el cual trabaja de acuerdo al principio de Searle. Este consiste en una alta precisión y motor dinámico EC, el cual también se usa en la serie de reómetros MCR.

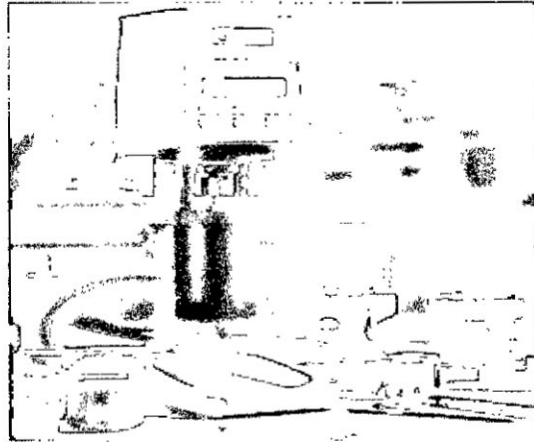
La configuración de las pruebas se puede seleccionar entre controlar la velocidad de corte y el control del esfuerzo de corte. Esta opción, junto con la amplia velocidad e intervalos de torque y tiempos cortos de respuesta del motor, crean innumerables beneficios en aplicación. Así como pruebas convencionales de curvas de flujo y viscosidad.

Operación Manual

El RheolabQC puede ser operado a través de la pantalla del equipo o vía un teclado externo el cual es conectado por una interface en el puerto serial dos. Por medio de la pantalla se puede hacer la selección de los parámetros de medición de manera sencilla, el equipo tiene capacidad de almacenar de forma interna más de 100 perfiles de medición predeterminadas y por arriba de 50000 puntos de medición en más de 100 series de medición. Los datos pueden ser leídos inmediatamente por un software, almacenarse y leerse posteriormente o ser enviados a una impresora.

FIGURA IV.1

REOMETRO RHEOLABQC



Fuente: ENVIROEQUIP SAC

Software

El software confiable del reómetro de Anton Paar está disponible para operar el instrumento a través de una computadora. El RheolabQC puede ser conectado vía la interfaz convencional RS232 o vía una interfaz LAN-Ethernet directamente a la red de la compañía o laboratorio. En consecuencia se controla utilizando el software. Existen numerosos modelos de análisis y rutinas de automatización disponible.

Medición y accesorios

Se pueden utilizar sistemas de cilindros concéntricos, sistema de doble espacio anular (doble gap) y diferentes geometrías de aspa y paletas. El acoplamiento del sistema de medición en el equipo es de forma rápida y sencilla.

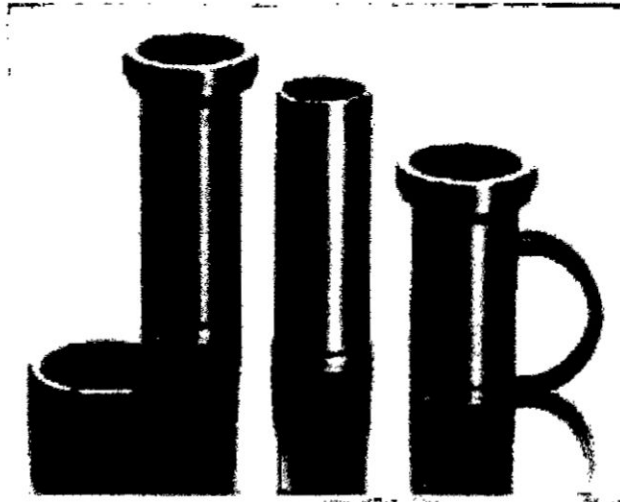
- Los sistemas de medición de cilindros concéntricos están de acuerdo a las normas ISO 3219 y DIN 53019
- El sistema de doble espacio anular de acuerdo a la DIN 54453.

- Sistema de medición desechable
- Geometrías de aspa y paletas
- Paletas Krebs conforme a ASTM D562

El dispositivo único de temperatura Peliter disponible para RheolabQC permite un control rápido y preciso de la temperatura para mediciones en un rango de 0°C a 180°C. Debido al enfriamiento por contracorriente de aire integrado especial, no se requiere ningún circular de fluido externo.

Un portavasos flexible y fácil de adaptar permite el intercambio rápido de los recipientes de muestras individuales en diversas formas y tamaños.

FIGURA IV.2
ACCESORIOS DEL REOMETRO RHEOLABQC



Fuente: ENVIROEQUIP SAC

Especificaciones Técnicas

Está disponible en dos configuraciones básicas:

Dispositivo de la temperatura Peltier RheolabQC plus (C-PTD)

180/AIR/QC) o dispositivo de temperatura de líquido (C-LTD 80/QC) con baño termostato para el control exacto de la temperatura del recipiente de medición y la muestra.

Esta configuración consiste de:

- Reómetro RheolabQC
- Base o soporte
- Dispositivo de la temperatura C-PTD 180/AIR/QC o C-LTD 80/QC incl. Sensor de temperatura (Pt100)
- Sistema de medición requerido (CC39/QC-LTD)

RheolabQC "model-inmersión" sin sistema de control de temperatura o para inmersión de la copa en un baño de agua externo en condiciones ambientales.

Esta configuración consiste de:

- Reómetro RheolabQC
- Base o soporte
- Sensor de temperatura externo (Pt100)
- Sistema de medición de inmersión (CC39/QC-IM)

Especificaciones

Velocidad	0.01 a 1200 1/min
Torque	0.25 a 75 mNm
Esfuerzo de corte	0.5 a 30000Pa
Velocidad de corte	10^{-2} a 4000 1/s
Intervalos de medición de viscosidad	1 a 10^9 mPa
Resolución de ángulo interno	2 unidades rad
Interface LAN-Ethernet	PC
Interface serial Rs232	PC impresora
Interface PS/2	teclado, lector de código de barras
Dimensiones A*A*D	300*720*350mm
Peso	14Kg

Propiedades que pueden ser medidas

Viscosidad dinámica	η
Velocidad de corte	$\dot{\gamma}$
Esfuerzo de corte	τ
Velocidad	rpm
Torque	M
Temperatura	T
Tiempo	t
Viscosidad cinemática	ν
Yield point	τ_0
Deformación Compliance	J

4.5.2 Material

Se escogió el shampoo para damas y varones (Sedal Geomen).

Shampoo: Sedal Dúo

Propiedades físico químicas

Densidad: 0.985 a 1.02 g/cm³

Viscosidad: Variable

Punto de Fusión: 10°C

Punto de Ebullición: 169 a 275 °C

PH: 9 (1%)

Solubilidad en agua: Soluble

Temperatura: Ambiente

Color: Blanco

Fluido: Semilíquido

FIGURA IV.3

PRESENTACIÓN Y ASPECTO FISICO DEL SHAMPOO SEDAL



Fuente: Elaboración propia

Shampoo: Geomen

Propiedades fisicoquímicas

Densidad: 0,985 a 1,02 g/cm³

PH: 9

Temperatura: Ambiente

Color: Azul

Fluido: Semilíquido

FIGURA IV.4

PRESENTACION Y ASPECTO FISICO DEL SHAMPOO GEOMEN



Fuente: Elaboración propia

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación se aplicó la estadística de los modelos reológicos para determinar los comportamientos de los fluidos no newtonianos del shampoo (Sedal y Geomen), así como otros parámetros de los modelos no newtonianos con el paquete del polymath.

Preparación de la muestras

Esta tesis se trabajó con dos tipos de shampoo diferentes: shampoo Sedal y Geomen, la preparación de las muestras en cada caso es igual.

Las muestras se agitan en un recipiente para garantizar un fluido homogéneo, después que se agita se procede a medir la cantidad que se necesita para realizar las pruebas, dicha cantidad es de 150ml; una vez que se midió dicha cantidad se procede a cargar la muestra en el reómetro.

Determinación de los modelos para el shampoo

Se reporta los datos de velocidad de corte, esfuerzo de corte y viscosidad para el shampoo Sedal a 40°C y el shampoo Geomen a 30°C y 40°C.

TABLA N°4

**REPORTE DE LOS DATOS DE VISCOSIDAD DINAMICA ESFUERZO DE CORTE Y VELOCIDAD
DE CORTE PARA EL SHAMPOO SEDAL DUO A UNA TEMPERATURA DE 40°C**

40°C			40°C		
η	τ	$\dot{\gamma}$	η	τ	$\dot{\gamma}$
0,212	1	4,72	0,165	6,95	42,2
0,297	1,25	4,2	0,163	7,2	44,2
0,204	1,5	7,33	0,16	7,45	46,5
0,24	1,74	7,26	0,158	7,7	48,9
0,208	1,99	9,59	0,156	7,95	51
0,215	2,24	10,4	0,154	8,2	53,3
0,223	2,49	11,1	0,152	8,44	55,6
0,224	2,74	12,2	0,15	8,69	58
0,217	2,98	13,7	0,148	8,94	60,2
0,21	3,23	15,4	0,147	9,19	62,6
0,202	3,48	17,2	0,145	9,44	65,1
0,202	3,73	18,5	0,143	9,68	67,6
0,2	3,98	19,9	0,142	9,93	69,8
0,197	4,23	21,4	0,141	10,2	72,4
0,192	4,47	23,3	0,139	10,4	74,9
0,19	4,72	24,9	0,138	10,7	77,3
0,187	4,97	26,5	0,137	10,9	79,9
0,184	5,22	28,4	0,136	11,2	82,3
0,182	5,47	30,1	0,134	11,4	85
0,179	5,71	32	0,133	11,7	87,8
0,175	5,96	34,1	0,132	11,9	90,4
0,173	6,21	35,9	0,13	12,2	93,3
0,169	6,46	38,1	0,129	12,4	96
0,167	6,71	40	0,128	12,7	98,8

TABLA N°5

REPORTE DE LOS DATOS DE VISCOSIDAD DINAMICA, ESFUERZO DE CORTE Y VELOCIDAD DE CORTE A TEMPERATURAS DIFERENTES PARA EL CHAMPOO GEOMEN

30°C			40°C		
η	τ	$\dot{\gamma}$	η	τ	$\dot{\gamma}$
0,25	1	3,99	0,175	1	5,7
0,33	1,25	3,78	0,147	1,25	8,5
0,282	1,5	5,32	0,14	1,5	10,7
0,283	1,74	6,16	0,145	1,74	12,1
0,349	1,99	5,7	0,149	1,99	13,4
0,295	2,24	7,59	0,151	2,24	14,9
0,341	2,49	7,29	0,152	2,49	16,3
0,345	2,74	7,93	0,157	2,74	17,5
0,324	2,98	9,22	0,157	2,98	19
0,356	3,23	9,07	0,159	3,23	20,3
0,359	3,48	9,71	0,158	3,48	22
0,342	3,73	10,9	0,159	3,73	23,5
0,343	3,98	11,6	0,16	3,98	24,9
0,347	4,23	12,2	0,158	4,23	26,7
0,353	4,47	12,7	0,158	4,47	28,3
0,36	4,72	13,1	0,159	4,72	29,8
0,356	4,97	13,9	0,157	4,97	31,6
0,353	5,22	14,8	0,158	5,22	33,1
0,356	5,47	15,3	0,157	5,47	34,8
0,362	5,71	15,8	0,157	5,71	36,4
0,369	5,96	16,2	0,156	5,96	38,2
0,363	6,21	17,1	0,155	6,21	40
0,362	6,46	17,8	0,155	6,46	41,8
0,367	6,71	18,3	0,154	6,71	43,5

0,363	6,95	19,1	0,154	6,95	45,2
0,366	7,2	19,7	0,154	7,2	46,9
0,361	7,45	20,6	0,152	7,45	48,9
0,362	7,7	21,3	0,152	7,7	50,7
0,363	7,95	21,9	0,151	7,95	52,6
0,361	8,2	22,7	0,151	8,2	54,3
0,36	8,44	23,4	0,15	8,44	56,1
0,361	8,69	24,1	0,15	8,69	58,1
0,36	8,94	24,8	0,149	8,94	60,1
0,36	9,19	25,5	0,149	9,19	61,9
0,362	9,44	26,1	0,148	9,44	63,8
0,359	9,68	27	0,147	9,68	65,9
0,358	9,93	27,7	0,147	9,93	67,8
0,358	10,2	28,4	0,146	10,2	69,7
0,357	10,4	29,2	0,145	10,4	71,8
0,356	10,7	30	0,145	10,7	73,7
0,356	10,9	30,7	0,144	10,9	75,8
0,356	11,2	31,3	0,143	11,2	78
0,355	11,4	32,2	0,143	11,4	80
0,354	11,7	32,9	0,142	11,7	82,2
0,353	11,9	33,8	0,141	11,9	84,3
0,353	12,2	34,5	0,141	12,2	86,4
0,352	12,4	35,3	0,14	12,4	88,6
0,25	12,7	35,9	0,139	12,7	90,8

III RESULTADOS

Los resultados y los análisis obtenidos de los experimentos realizados, se utiliza los modelos reológicos que describen este tipo de fluidos para el shampoo Sedal dúo a una temperatura de 40°C

1. Modelo Bellet N°1

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = \left[\mu_{\infty} + \frac{\mu_0 - \mu_{\infty}}{1 + C \times \tau^{\alpha-1}} \right] \frac{du}{dy}$ $\alpha > 1$	$\frac{du}{dy} = \left[\frac{1 + C \times \tau^{\alpha-1}}{\mu_{\infty} \times C \times \tau^{\alpha-1} + \mu_0} \right] \tau$	$x = \left[\frac{1 + C \times y^{n-1}}{A \times C \times y^{n-1} + B} \right] y$

Temperatura	40°C	
Variables	V inicial	V final
A	0,1	0,1020324
B	2	0,0287804
n	0,5	0,9504052
C	2	0,2620566

R ²	0,9996751,
R ² adj	0,9996529
Rmsd	0,0089492
Varianza	0,0041937

FIGURA V.1

DEPENDENCIA ENTRE LA VELOCIDAD DE CORTE Y EL ESFUERZO DE CORTE

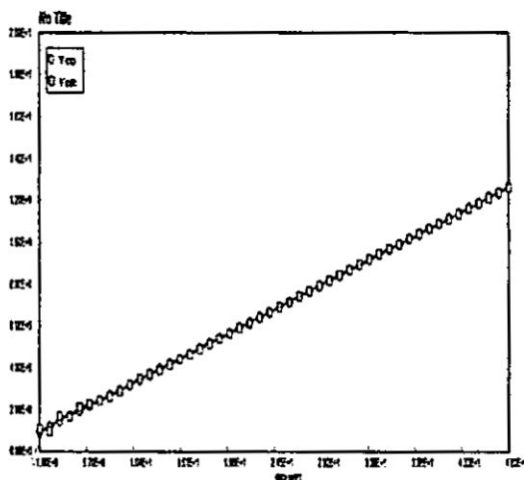
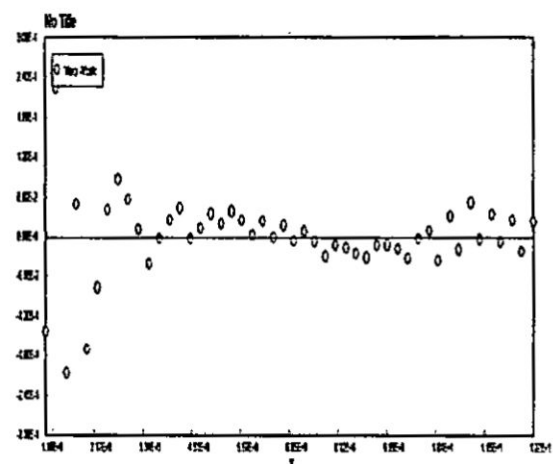


FIGURA V.2

DATOS RESIDUALE Y CALCULADO Y EXPERIMENTAL



2. Modelo Casson-Generalizada N°1

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ <p>$n > 2 \quad m > 1$</p>	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} (\tau^{1/n} - \tau_0^{1/n})^m$	$y = [A^{1/n} + B \times x^{1/m}]^n$

Temperatura	40 °C			
Variable	V inicial	V final	R ²	0,9996315
A	10	-0,7470681	R ² adj	0,9996064
B	5	0,9992625	Rmsd	0,0095304
M	0,5	0,386881	Varianza	0,0047561
N	2	1,546399		

FIGURA V.3

DEPENDENCIA ENTRE LA VELOCIDAD DE CORTE Y EL ESFUERZO DE CORTE

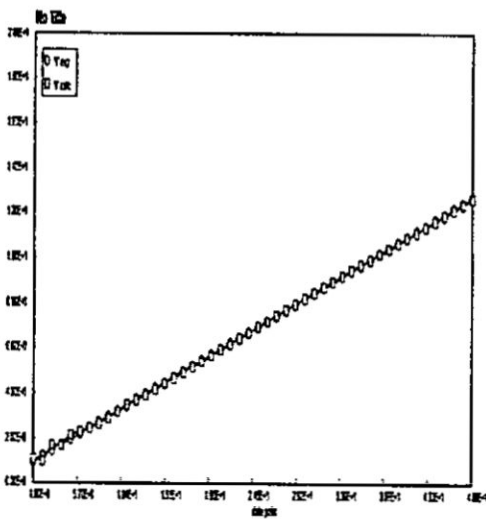
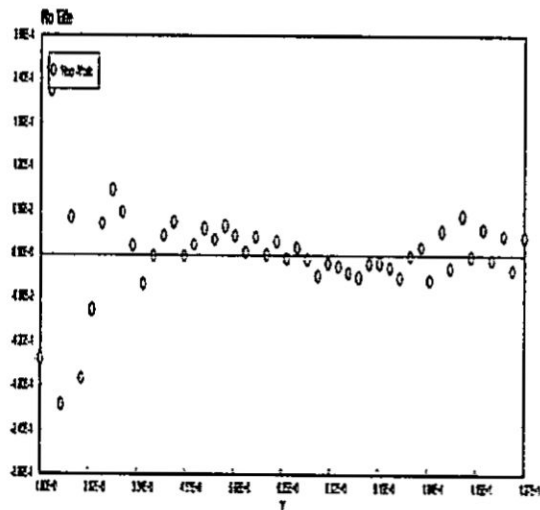


FIGURA V.4

DATOS RESIDUALE Y CALCULADO Y EXPERIMENTAL



3. Casson-Generalizado N°2

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau^{2/n} = \tau_0^{2/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ <p>$n > 2 \quad m > 1$</p>	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} (\tau^{2/n} - \tau_0^{2/n})^m$	$y = [A^{2/n} + B \times x^{1/m}]^{n/2}$

Temperatura	40 °C			
Variable	V inicial	V final	R ²	0,9996315
A	10	-0,74708668	R ² adj	0,9996064
B	5	0,9993402	Rmsd	0,0095304
M	0,5	0,3868358	Varianza	0,0047561
N	2	1,293207		

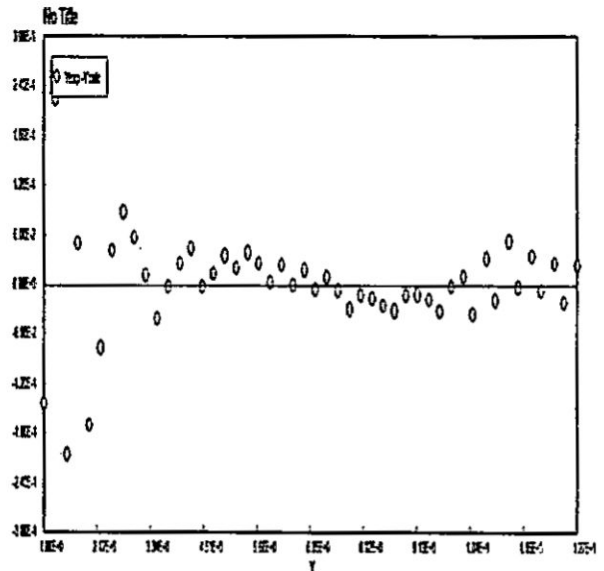
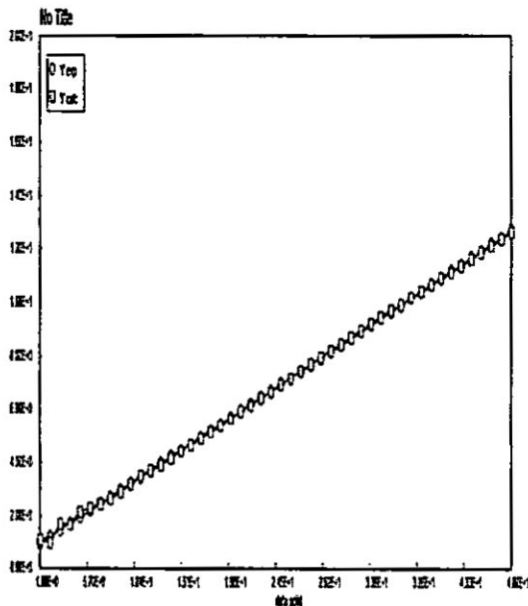
FIGURA V.5

DEPENDENCIA ENTRE LA VELOCIDAD
DE CORTE Y EL ESFUERZO DE CORTE

FIGURA V.6

DATOS RESIDUAL Y CALCULADO
Y EXPERIMENTAL

(Casson Generalizado N°2)



4 Modelo Ostwald de Waele-Nutting

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = K \left(\frac{du}{dy} \right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{\tau}{K} \right)^{1/n}$	$y = B \times x^n$

Temperatura	40°C			
Variable	V inicial	V final	R ²	0,998797
A	2	0,4418106	R ² adj	0,998770
n	0,2	0,7328383	Rmsd	0,017219
			Varianza	0,0148506

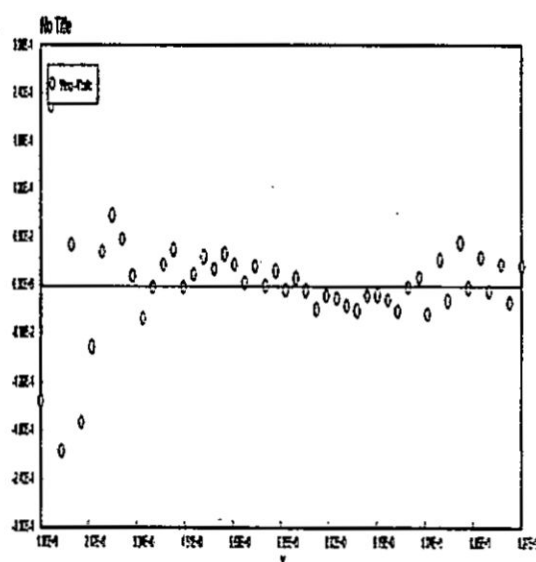
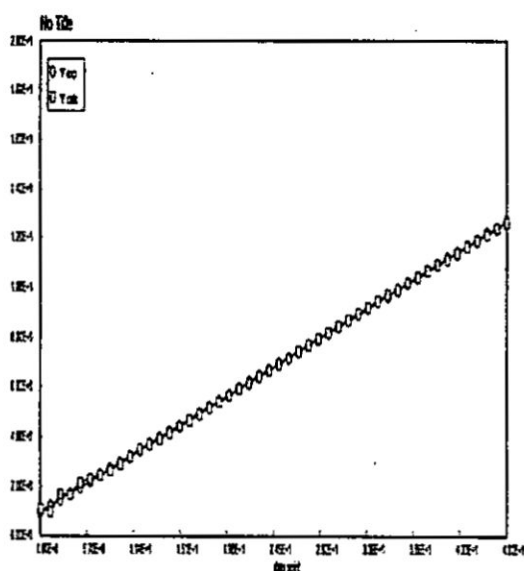
FIGURA V.7

DEPENDENCIA ENTRE LA VELOCIDAD
DE CORTE Y EL ESFUERZO DE CORTE

FIGURA V.8

DATOS RESIDUALE Y CALCULADO
Y EXPERIMENTAL

(Ostwald de Waele-Nutting)



5 Modelo Powell-Eyring

Forma estándar	Forma alternativa	Forma para la regresión
$\tau = C \frac{du}{dy} + A \operatorname{arcsin} h \left(\frac{1}{B} \frac{du}{dy} \right)$	No presenta	$y = C \times x + A \operatorname{arcsin} h \left(\frac{x}{B} \right)$

Temperatura		40°C			
Variable	V inicial	V final			
A	2	2,007037	R ²		0,9996916
B	1	12,18668	R ² adj		0,9996779
C	0,1	0,0718338	Rmsd		0,0087181
			Varianza		0,0038915

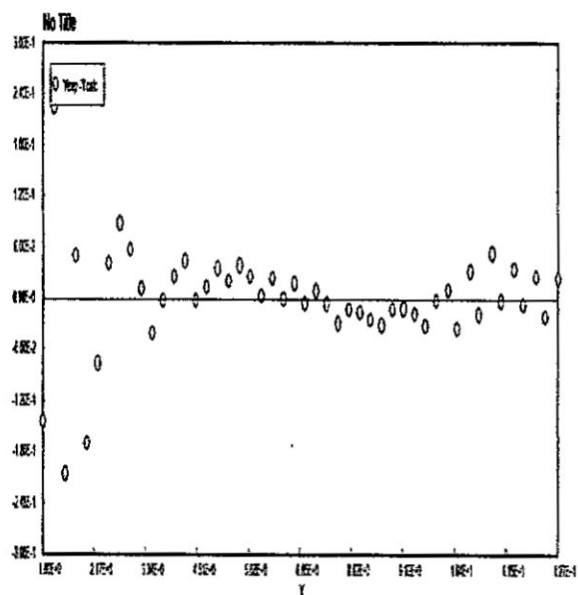
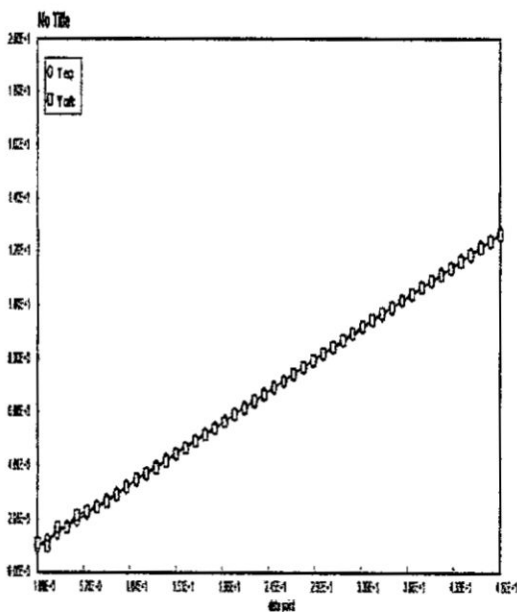
FIGURA V.8

DEPENDENCIA ENTRE LA VELOCIDAD
DE CORTE Y EL ESFUERZO DE CORTE

FIGURA V.9

DATOS RESIDUALE Y CALCULADO
Y EXPERIMENTAL

(Powell-Eyring)



6 Modelo Williamson

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{B + \frac{du}{dy} + \mu_0} \frac{A}{A}$	$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{B + \frac{du}{dy} + \mu_0} \frac{A}{A}$	$y = \frac{A \times x}{B + x} + C \times x$

Temperatura	40°C			
Variable	V inicial	V final	R ²	0,9996778
A	0,1	7,122346	R ² adj	0,9996635
B	2	38,35029	Rmsd	0,0089113
C	0,1	0,0764307	Varianza	0,0040658

FIGURA V.10

DEPENDENCIA ENTRE LA VELOCIDAD
DE CORTE Y EL ESFUERZO DE CORTE

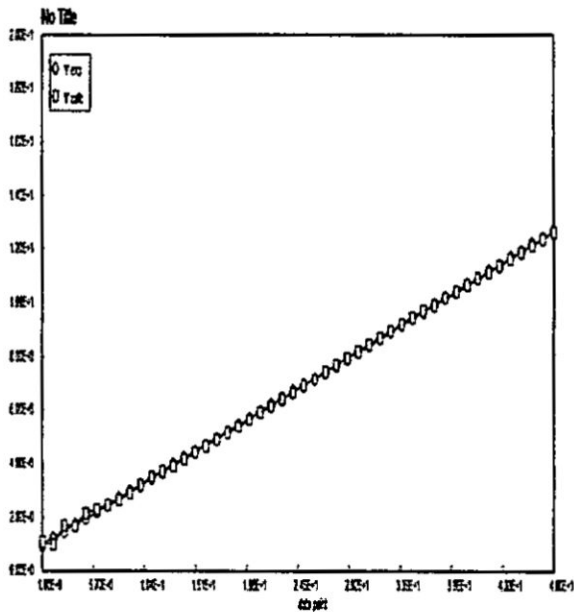
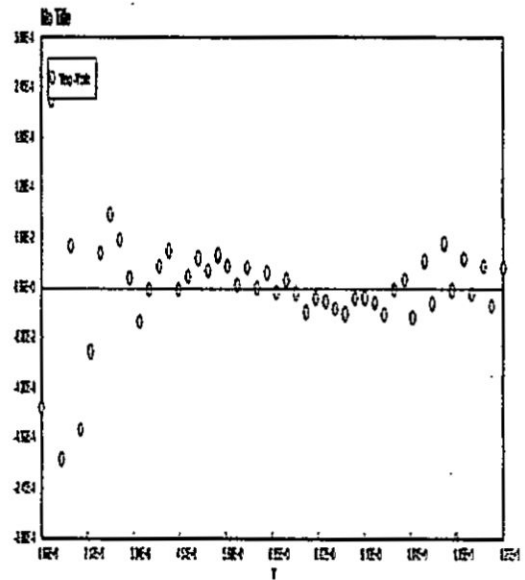


FIGURA V.11

DATOS RESIDUALE Y CALCULADO
Y EXPERIMENTAL



En la presente investigación se obtuvieron los siguientes resultados con el shampoo Geomen a las siguientes temperaturas: de 30°C y 40°C.

1 Modelo Bellet N°1

Forma de la variable	Forma algebraica	Forma funcional de la respuesta
$\tau = \left[\mu_{\infty} + \frac{\mu_0 - \mu_{\infty}}{1 + C \times \tau^{\alpha-1}} \right] \frac{du}{dy}$ $\alpha > 1$	$\frac{du}{dy} = \left[\frac{1 + C \times \tau^{\alpha-1}}{\mu_{\infty} \times C \times \tau^{\alpha-1} + \mu_0} \right] \tau$	$x = \left[\frac{1 + C \times y^{n-1}}{A \times C \times y^{n-1} + B} \right] y$

Temperatura	30°C		40°C	
Variables	V Inicial	V Final	V Inicial	V Final
A	0,1	0,62694	0,1	0,62694
B	2	0,0043429	2	0,0043429
n	0,5	0,5643568	0,5	0,6837278
C	2	0,3842438	2	0,0902359
R ²	0,9994417		0,9998682	
R ² adj	0,9994263		0,9998599	
Rmsd	0,0179887		0,0059356	
Varianza	0,0379081		0,0019847	

FIGURA V.12

INFLUENCIA DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD SOBRE EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LA MUESTRA DE GEOMEN A 30 y 40°C

FIGURA V.12.a

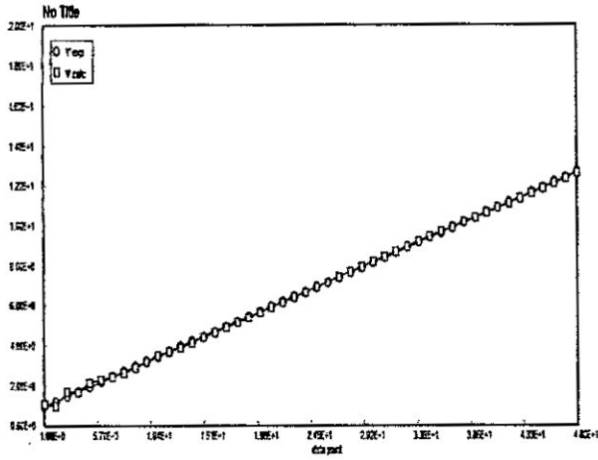


FIGURA V.12.b

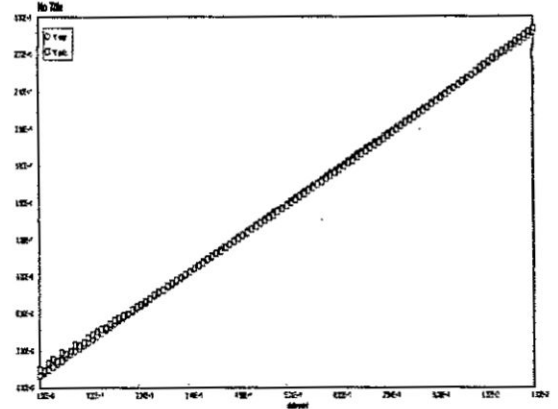


FIGURA V.13

GRAFICA DE LOS DATOS RESIDUALES A 30°C y 40°C: Y CALCULADO Y EXPERIMENTAL

FIGURA V.13.a

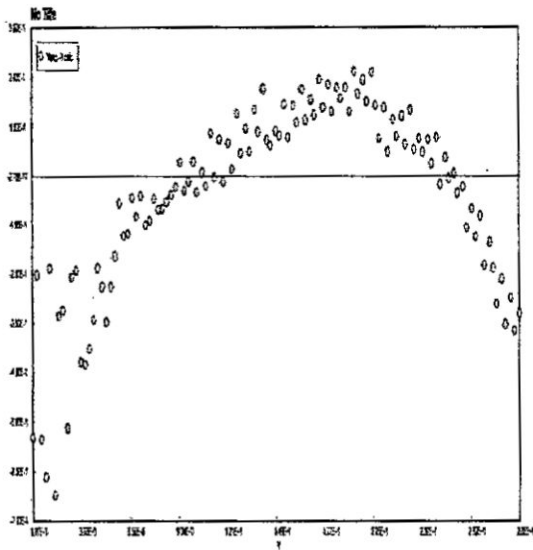
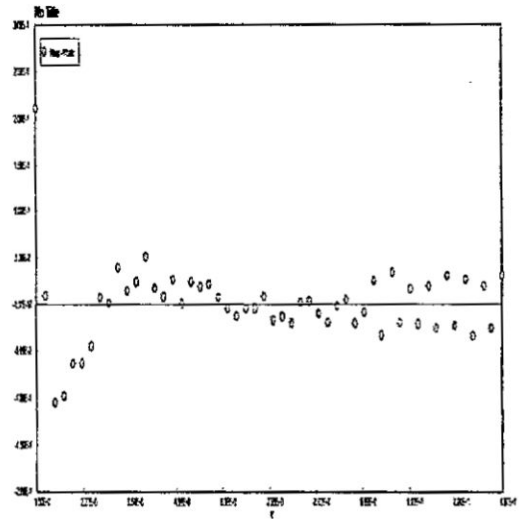


FIGURA V.13.b



2 Modelo Casson-Generalizada N°1

Forma matemática	Forma generalizada	Forma generalizada expresada
$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ $n > 2 \quad m > 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} (\tau^{1/n} - \tau_0^{1/n})^m$	$y = [A^{1/n} + B \times x^{1/m}]^n$

Temperatura	30 °C		40 °C	
	V Inicial	V Final	V Inicial	V Final
A	10	3,4515	10	-4,415796
B	2	4,5666	5	4,70065 8
M	0,5	0,099365	2	0,0993872
N	2	3,070901	2	3,060901
R ²	0,9998232		0,9998167	
R ² adj	0,9998183		0,9998052	
Rmsd	0,0101223		0,0070002	
Varianza	0,012003		0,0027605	

FIGURA V.14

INFLUENCIA DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD SOBRE EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LA MUESTRA DEL SHAMPOO GEOMEN A 30°C y 40°C

FIGURA V.14.a

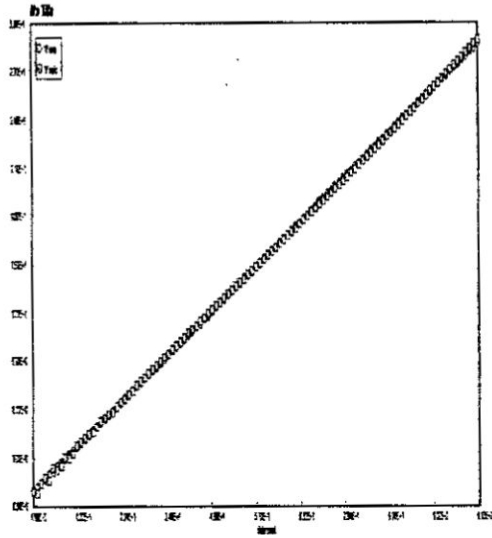


FIGURA V.14.b

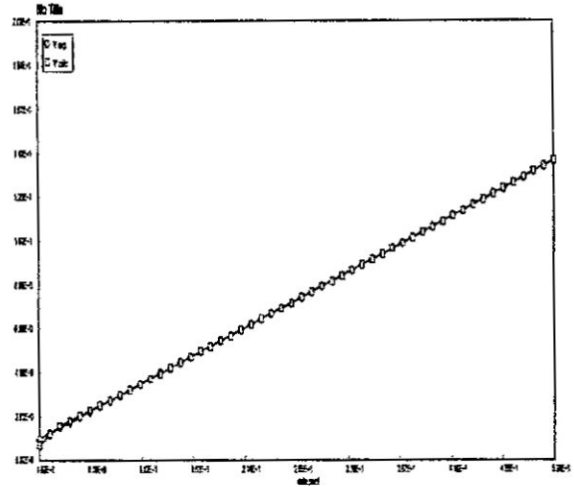


FIGURA V.15

GRAFICA DE DATOS RESIDUALES A 30°C y 40°C: Y CALCULADO -Y EXPERIMENTAL

FIGURA V.15.a

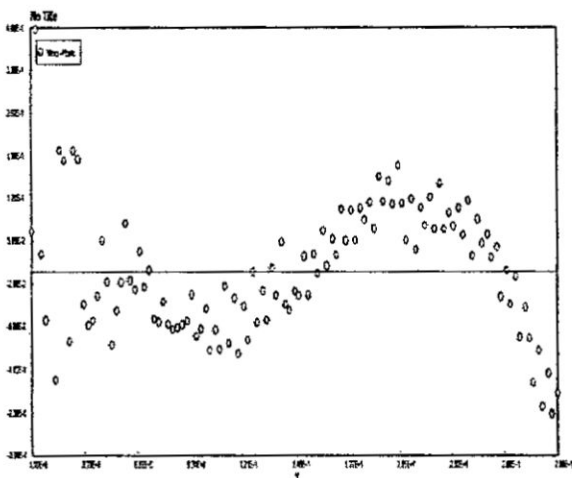
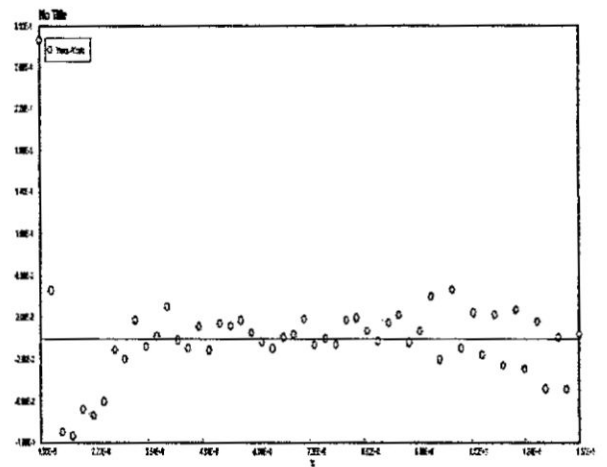


FIGURA V.15.b



3.- Modelo Casson-Generalizada N°2

$\tau^{2/n} = \tau_0^{2/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ $n > 2 \quad m > 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} (\tau^{2/n} - \tau_0^{2/n})^m$	$y = [A^{2/n} + B \times x^{1/m}]^{n/2}$
--	---	--

Variable	V Inicial	V Final
A	10	-2,566458
B	5	2,504409
m	0,5	0,2419588
n	2	0,5606364

R ²	0,9997727
R ² adj	0,9997654
Rmsd	0,0115025
Varianza	0,0154995

FIGURA V.16

INFLUENCIA DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD
SOBRE EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO

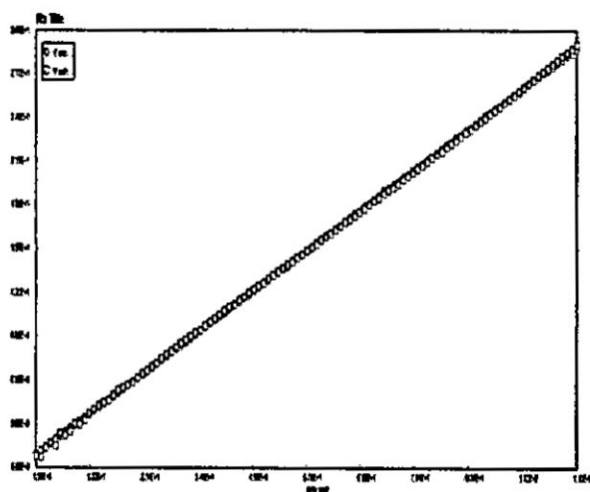
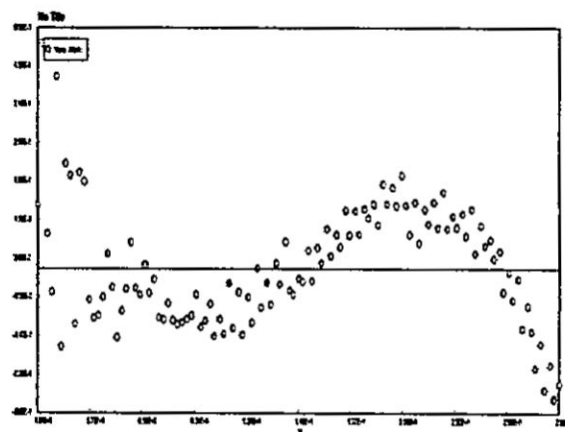


FIGURA V.17

GRAFICA DE DATOS RESIDUALES A 30
Y CALCULADO -Y EXPERIMENTAL



4.-Modelo de Sisko

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau^{2/n} = \tau_0^{2/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ <p>$n > 2 \quad m > 1$</p>	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} (\tau^{2/n} - \tau_0^{2/n})^m$	$y = [A^{2/n} + B \times x^{1/m}]^{n/2}$

Temperatura	30 °C		35 °C	
Variable	V Inicial	V Final	V Inicial	V Final
A	1	0,1498257	1	0,0121949
B	2	0,9668269	2	0,2106325
n	0,2	0,9191256	0,2	0,890738
R ²	0,997387		0,9984595	
R ² adj	0,9973289		0,9983967	
Rmsd	0,0352979		0,0202906	
Varianza	0,0119735		0,0227195	

FIGURA V.18

INFLUENCIA DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD SOBRE EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LA MUESTRA A 30°C y 40°C

FIGURA V.18.a

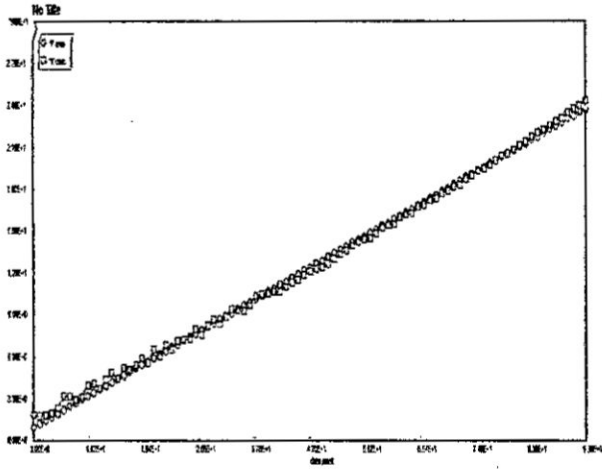


FIGURA V.18.b

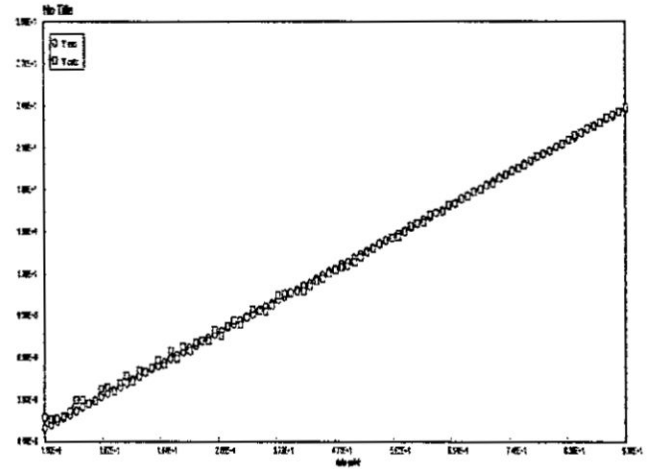


FIGURA V.19

GRAFICA DE DATOS RESIDUALES A 30°C y 40°C: Y CALCULADO – Y EXPERIMENTAL

FIGURA V.19.a

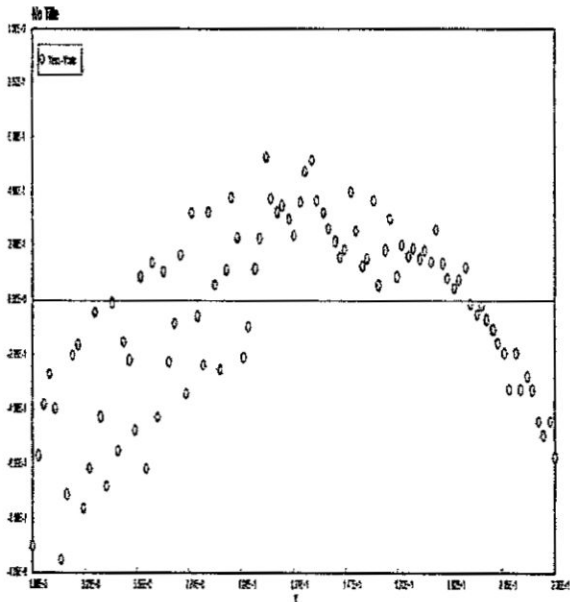
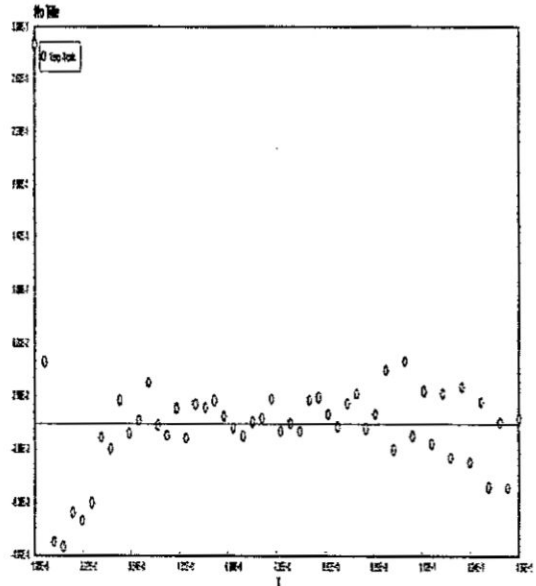


FIGURA V.19.b



5.- Modelo Ostwald de Waele-Nutting

Formula original	Formula alterada	Formula utilizada en regresión
$\tau = K \left(\frac{du}{dy} \right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{\tau}{K} \right)^{1/n}$	$y = B \times x^n$

Temperatura	30 °C		40 °C	
	V Inicial	V Final	V Inicial	V Final
B	2	0,5735064	2	0,2218413
n	0,2	0,8591921	0,2	0,8992629
R ²	0,99715		0,9984769	
R ² adj	0,9971244		0,9984464	
Rmsd	0,0406422		0,0201762	
Varianza	0,1900152		0,0220149	

FIGURA V .20

INFLUENCIA DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD SOBRE EL COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LA MUESTRA A 30°C y 40°C

FIGURA V. 20.a

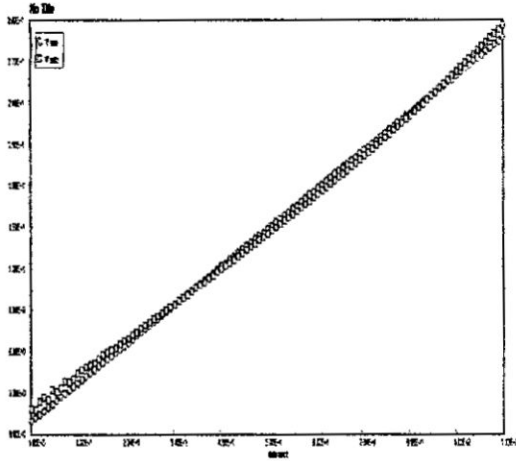


FIGURA V .20.b

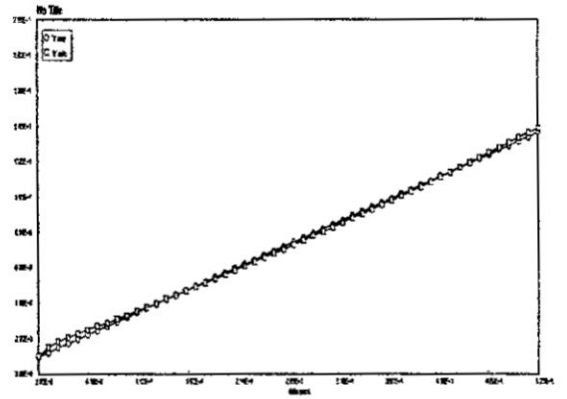


FIGURA V.21

GRAFICA DE DATOS RESIDUALES A 30°C y 40°C: Y CALCULADO –Y EXPERIMENTAL

FIGURA V .21.a

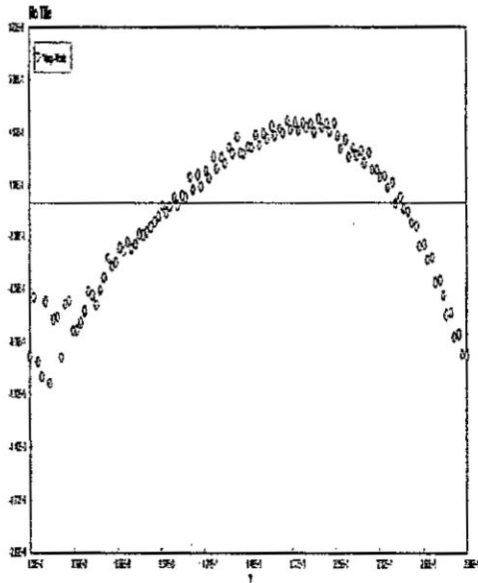
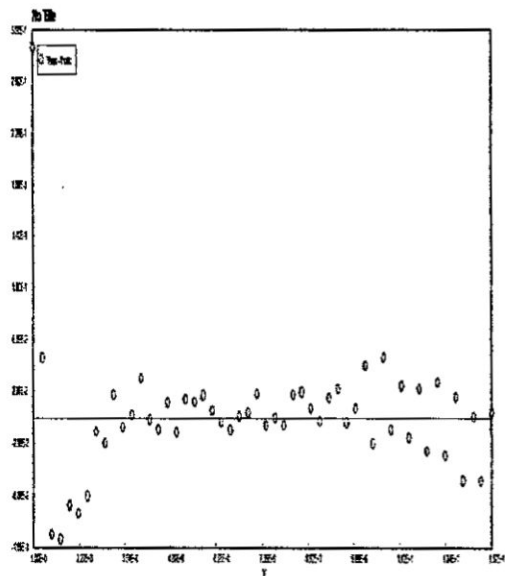


FIGURA V 21.b



6 Modelo Williamson

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{\frac{A}{B + \frac{du}{dy}} + \mu_0}$	$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{\frac{A}{B + \frac{du}{dy}} + \mu_0}$	$y = \frac{A \times x}{B + x} + C \times x$

Temperatura	30 °C		30 °C	
Variable	V Inicial	V Final	V Inicial	V Final
A	0,1	11,09991	0,1	11,0999
B	2	-149,329	2	137,1976
C	0,1	0,4325049	0,1	0,0915344
R ²	0,9997079		0,999326	
R ² adj	0,9997015		0,9992985	
Rmsd	0,0119306		0,0134213	
Varianza	0,0139631		0,0099404	

FIGURA V .22

INFLUENCIA DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD SOBRE EL COMPORTAMIENTO
REOLOGICO DE LA MUESTRA A 30°C y 40°C

FIGURA V .22.a

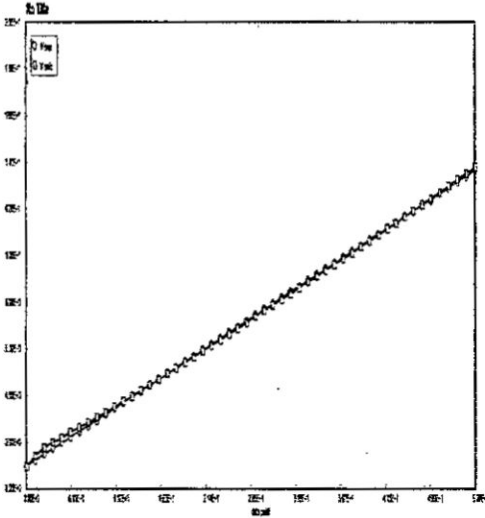


FIGURA V .22.b

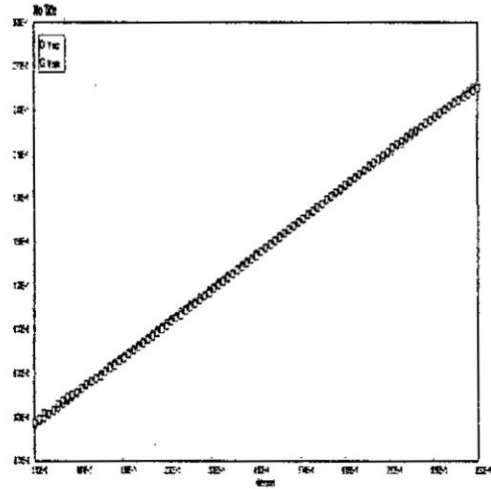


FIGURA V .23

GRAFICA DE DATOS RESIDUALES A 30°C y 40°C: Y CALCULADO Y EXPERIMENTAL

FIGURA V 23.a

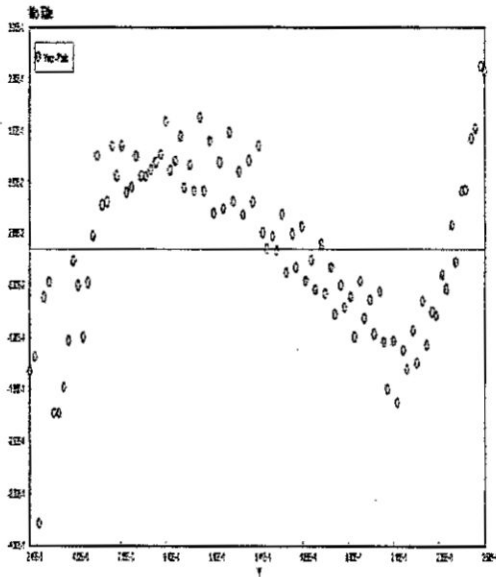
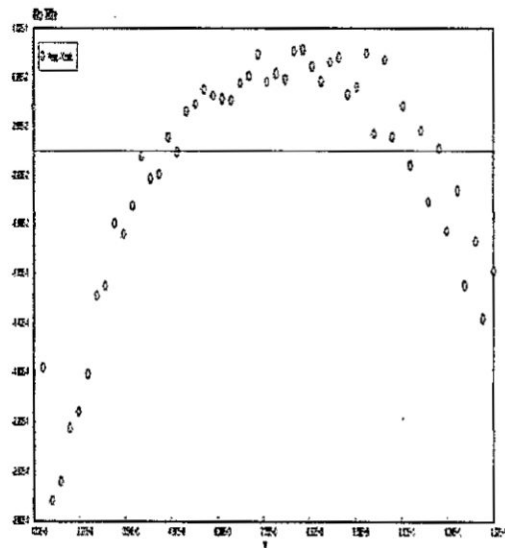


FIGURA V.23.b



VI DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados

Se ha demostrado que las muestras de shampoo sedal dúo y Geomen, tienen la característica de ser pseudoplástico tal como muestran las gráficas X1 y X2 y las figuras del anexo N°01. También se ha demostrado que existen varios modelos reológicos tales como Bellet N°1, Casson generalizado N°1, Casson generalizado N°2, Ostwald de Wale-Nutling, modelo de Ponell Eyring y modelo de Williamson, la cual es evaluada a través de los indicadores estadísticos

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios

En las figuras V.1 al V.23 se pueden observar la viscosidad en relación con el esfuerzo de corte que son resultados satisfactorios para la comprobación de los modelos aplicados al fluido en condiciones de una temperatura de 30°C y 40°C. tienen un comportamiento plástico ideal.

A medida que aumenta la temperatura la viscosidad se disminuye. La que se muestra en el anexo 02 sustentado por datos bibliográficos donde se menciona que la viscosidad es inversamente proporcional a la temperatura. No se disponen de datos reológicos experimentales referidos a los materiales de estudio.

VII CONCLUSIONES

- Las características físicas que influyen en la reología de los shampoos estudiados son la densidad, los componentes del shampoo y principalmente la temperatura tal como se observa en el shampoo Geomen, donde se realizó las diversas experiencias con las siguientes temperaturas 30°C y 40 °C.
- Se ha determinado los parámetros reológicos de diversos modelos de fluidos no newtoniano a través del tratamiento estadístico de los datos experimentales de velocidad de corte y esfuerzo de corte. En cada caso se ha obtenido un índice de correlación cercano a la unidad y una varianza muy cercana a cero. El gráfico de los resultados también conforma la buena correlación de los datos.
- Se ha logrado determinar que el shampoo es de tipo pseudoplástico su comportamiento está asociado a varios modelos de fluidos no newtonianos.
- Con los datos obtenidos del tratamiento estadístico, se ha construido los Reogramas mostrados en la figura del anexo 01.

VIII RECOMENDACIONES

- Con los datos obtenidos se puede construir diagramas como la de viscosidad residual e índice de consistencia, y la energía de activación, lo cual se recomienda su estudio.
- Se requiere hacer mayores experimentos sobre la influencia de la temperatura y la dilución en el comportamiento reológico del shampoo.
- Es importante tener en cuenta que los equipos deben estar calibrados antes de iniciar el procedimiento experimental.
- Evaluar la estabilidad del shampoo y la vida útil, con la finalidad de aprovechar esta propiedad para la formulación y la industrialización de los shampoos.

SECUNDÁRIO.” Revista Brasileira de Ensino de Física. Vol. 11 nº

2 - Octubre 2010

10. CHEFTEL, J. C., CHEFTEL, H. y BESACON, P. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos.** Zaragoza: Acribia. pp. 47-80.1983
11. DATSKO j. **Materiales properties and manufacturing process,** John Wile and Sons, New York, USA. 1996.
12. DUARTE. **Introducción a la mecánica de fluidos.** ED. Universidad Nacional de Colombia 2001.
13. ESCUDERO CADENA , Rafael , **Propiedades Reológicas de productos alimenticios derivados de frutas y hortalizas;** Universidad Veracruz; Facultad de Ingeniería Química; Tesis de Grado para acreditar la experiencia Educativa;Xalapa,Veracruz;2014.
14. EXPRUA, José; LESIZZA, Mateo **Sunsilk-sedal (B) Academia. Revista Latinoamericana de Administración, núm. 41, pp. 129-142.** Consejo Latinoamericano de Escuelas de Administración Bogotá, Organismo Internacional, 2008
15. EYRING et al, **formulation of Katti and Chaudry (1964) based on the classical Eyring liquid viscosity model, 1941.**
16. Fick, ley de (véase también Difusión): formas, 507-8 para estado estacionario, 427-28

17. GARCIA RAMIREZ, Gertrudis; **Estudio y Medición de la reología Tangencial sobre los Polímeros Polietileno y Polipropileno; Ingeniería Industrial;** Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero Industrial; Cartagena; 2012.
18. GEANKOPLIS, C. J. (1986). **Procesos de transporte y operaciones unitarias. 2da. Edición en español. Editorial C.E.C.S.A. México.**
19. GONZALES ROLDAN, Simón; **Diseño de un equipo para la medida de la viscosidad en fluidos no newtonianos;** Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial; Politécnica de Cartagena; Tesis de Grado de del I.T.I: Ingeniería Mecánica; España; 2009.
20. COUETTE M. (1880)/Universit6 de Grenoble (UJF and INPG), Laboratoire de Rhodologie, Grenoble, France /This appendix gives a comprehensive list of Maurice Couette's publications. Boldfaced titles are for referencesthat are most easily available.
21. HOOKE, R., **Lectures de Potentia Restitution, John Martyn: London reprinted by Gunter.** Early Science in Oxford, Vol.8 Oxford. University Press London, 331-388, 1931.
22. HOLDSWORTH, S. D (1971), **APPLICABILITY OF RHEOLOGICAL MODELS TO THE INTERPRETATION OF FLOW AND PROCESSING BEHAVIOUR OF FLUID FOOD PRODUCTS.**
23. IBARZ, A. y BARBOZA-CANOVAS, G.V. **Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Technomic Publishing**

24. IBARZ, A. GONZALES, C. S. Esplugas. (1994). Rheology of clarified fruit juices. III: Orange Juices. Journal of Food Engineerin.
25. LEVENSPIEL, O. **Flujo de fluidos e intercambio de calor.** Editorial Reverte. España.1993.
26. LOPEZ, G.A. **Manual de industrias Lácteas.** Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España (2003).
27. LOPEZ MATEOS, Adolfo, **Asimilación Tecnológica-FESC,** Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, Edo. de México 1994.
28. MACOSKO, C.W. (1994). **Rheology, principles, measurements and applications, VCH Publishers Inc. (ed), New York.**
29. MENDEZ-SANCHEZ, A. F L. PEREZ-TREJO y A. M. PANIAGUA MERCADO. Lat. **Simplificación teórica basada en el viscosímetro de Couette (2010).**
30. METCALFE, C. J., Richardson, F. J., (1984). **Ingeniería Química, Volumen III. Ediciones Reverte. Barcelona, España.**
31. MULLER H.G. **Introducción a la reología de los alimentos.** Editorial Acriba. Zaragoza, España.1973.
32. MUKPRASIRT, A., HERALD, T.J., y FLORES, R.A. 2000. Rheological characterization of rice flour-based batters. Journal of Food Science 65(7): 1194-1199.
33. QUINTANS, L **Reología de productos alimentarios.** Tesis para

Company. Inc Pennsylvania.USA.pp.85-2004.

- grado de Doctora, Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, España (2008).
34. RAMIREZ .**Introducción a la reología de los alimentos**. Revista RECIT el A. Cali, Valle, Colombia.2006.
 35. RAO, M. A., Rizvi, S.S. (1986). Engineering Properties of Foods. Marcel Dekker, U.S.A.
 36. RHA, C., (1980). Food Rheology Principles and Practice. Lecture notes, Food Mater. Sci. Mass. Inst Technol. Cambridge, Massachusetts.
 38. RESNICK, **fundamentales para Ingeniería**, Física Vol. 1 cuarta edición, 2004.
 39. SOSKO, A. (1985).Flow of the lubricating greasas. Industrial Engineering and Chemistry.
 39. SCOTT BLAIR 1969. RHEOLOGY: A BRIEF HISTORICAL SURVEY/ Volume 1, Issue 1November 1969 Pages 14–18.
 40. SOLORZA A. Caracterización reológicas de la goma de mucilago del café; Universidad Autónoma de Chapingo; Ingeniería Industrial; Tesis para obtener el grado de Licenciatura; México; 1997.
 41. STEFFE, J.F. Rheological Methods in Food Process Engineering (second edition).Michigan: Freeman Press, 1996.
 42. YANG, W.H. y RAO, M.A. 1998. Complex viscosity-temperature master curve of cornstarch dispersion during gelatinization. J. Food Process Engineering 21: 191-207

43. YATABE Y, Manual de guías de trabajo para la Elaboración de preparados Magistrales y Oficinales. Elaboración de un Champú de Ketoconazol al 2%. Unidad de Practica Prolongada para optar al grado de Químico Farmacéutico. Santiago de Chile, 2007.

[https://prezi.com/14uucifvqfch/copy-of-viscosimetro/HISTORIA Fluidos Newtonianos "Ecuación de la Viscosidad de Newton" Viscosímetro de Tambor Rotatorio Desarrollados/Couette \(1890\)](https://prezi.com/14uucifvqfch/copy-of-viscosimetro/HISTORIA%20Fluidos%20Newtonianos%20%Ecuaci%C3%B3n%20de%20la%20Viscosidad%20de%20Newton%27%20Viscos%C3%ADmetro%20de%20Tambor%20Rotatorio%20Desarrollados/Couette%20(1890))

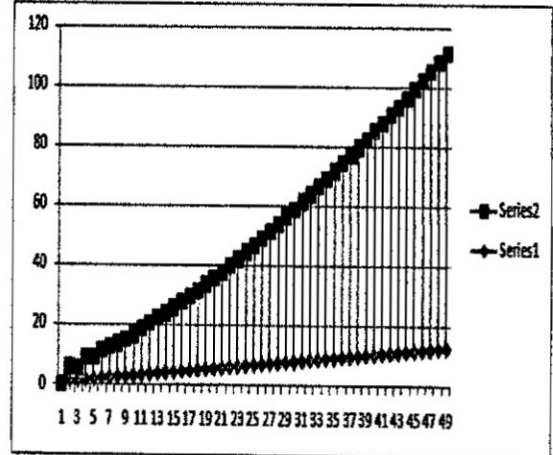
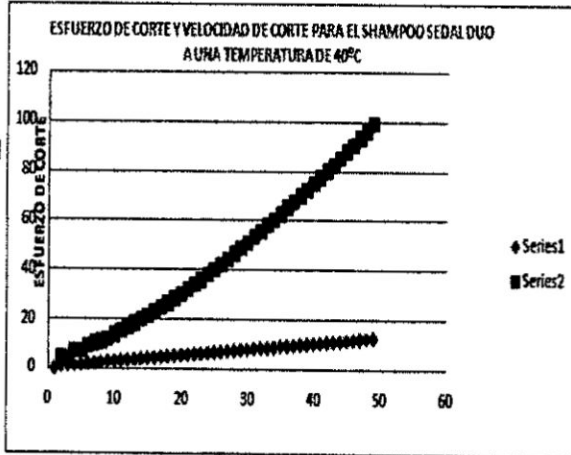
ANEXO

MODELOS MATEMATICOS DE FLUJO NO NEWTONIANO QUE CARACTERIZAN MUESTRAS DE SHAMPOO PARA CABELLO

¿Cuáles son los modelos de flujo no newtoniano que caracterizan las muestras de shampoo para cabello?	Determinar los modelos de flujo no newtoniano que caracterizan las muestras de shampoo para cabello	Los modelos pseudoplástico de fluidos no newtonianos caracterizan las muestras de shampoo para cabello	Y = Los modelos de flujo no newtoniano que caracterizan las muestras de shampoo para cabello.	Modelo de Bingham Modelo de Ostwald Modelo de Carreu Yasuda. Modelo de Ostwald	Ecuaciones.	Estadística de datos experimentales
a. ¿Cuáles son las características fisicoquímicas que influyen en la reología del shampoo?	a. Determinar las características químicas y fisicoquímicas que influyen en la reología de la muestra de shampoo para cabello	Las características que influyen en la reología son la temperatura, la composición química, la densidad y la acidez.	X ₁ = Las características químicas y fisicoquímicas que influyen en la reología del shampoo para cabello	Composición química Acidez Densidad Temperatura	Porcentaje pH g/cc oC	Análisis Químico pH-metro Masa/Volumen Registro directo
b. ¿Cuál es el comportamiento reológico de la muestra experimental de shampoo?	b. Obtener los parámetros reológicos de los modelos asociados a muestras de shampoo mediante el tratamiento estadístico de regresión no lineal.	Las muestras de shampoo tienen un comportamiento no lineal característico de un fluido pseudoplástico.	X ₂ =Modo de obtener los parámetros reológicos de los modelos de fluidos no newtonianos.	Velocidad de corte Esfuerzo de corte Índice de consistencia	N/m ² 1/s Depende	Grafico Varianza

ANEXO: N°1

GRAFICA X1: DE LOS DATOS DE VISCOSIDAD DINAMICA ESFUERZO DE CORTE Y VELOCIDAD DE CORTE PARA EL SHAMPOO SEDAL DUO A UNA TEMPERATURA DE 40°C



GRAFICA X2: DE LOS DATOS DE VISCOSIDAD DINAMICA ESFUERZO DE CORTE Y VELOCIDAD DE CORTE PARA EL SHAMPOO GEOMEN A UNA TEMPERATURA DE 30 y 40°C

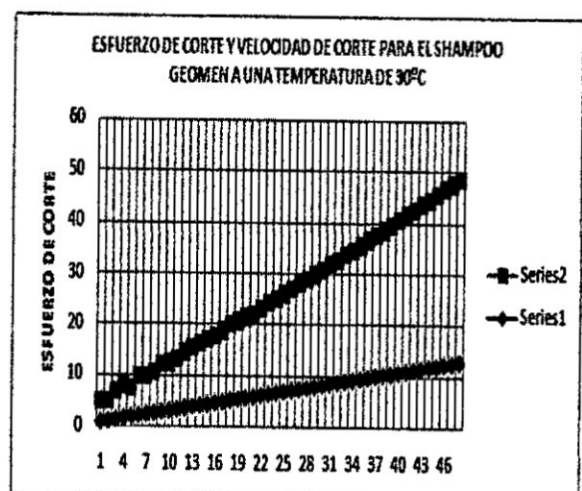
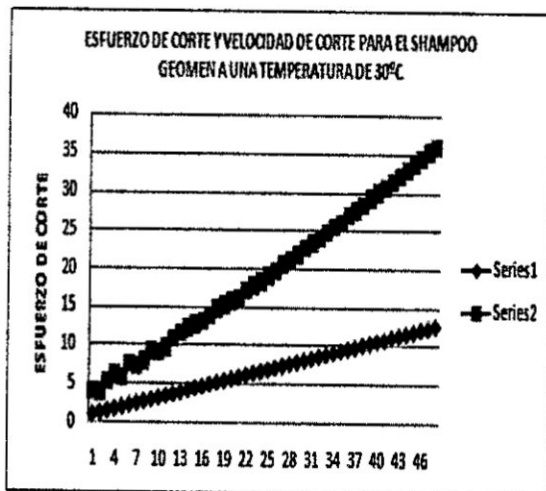
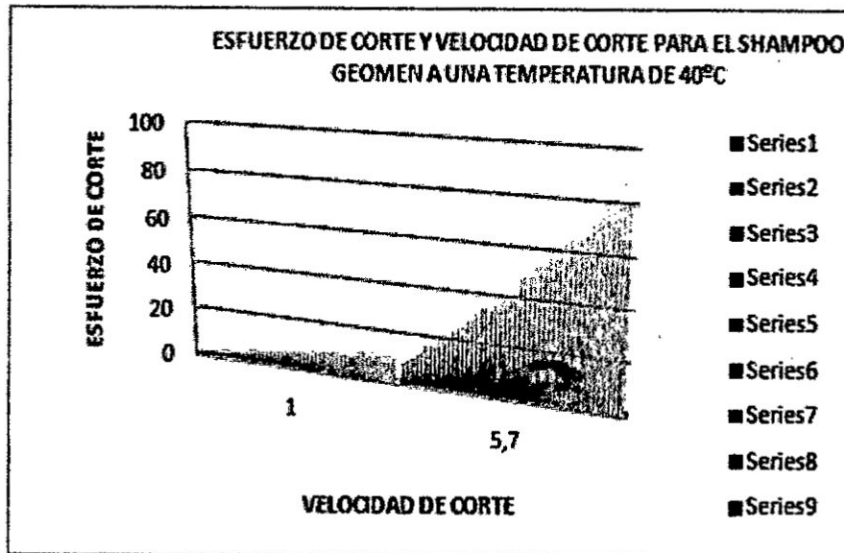
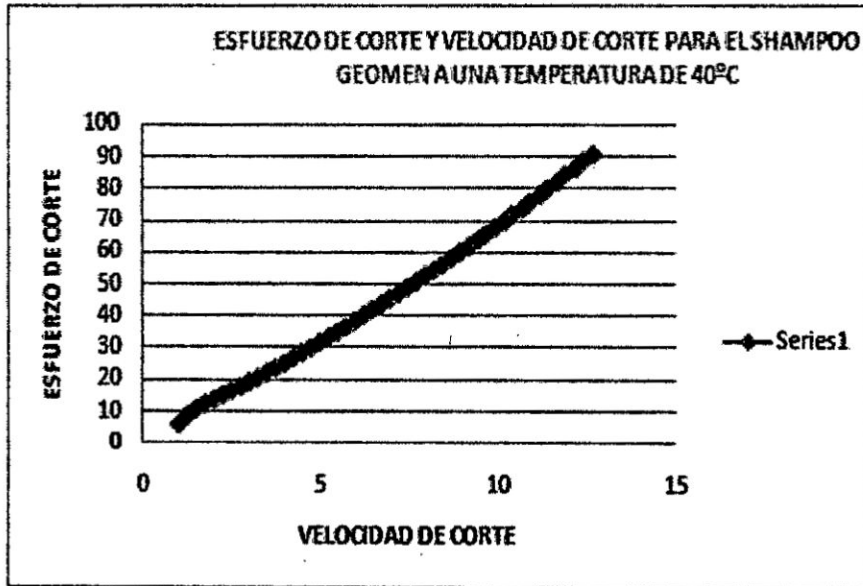


GRAFICO DE ESFUERZO DE CORTE Y VELOCIDAD DE CORTE PARA EL SHAMPOO GEOMEN A UNA TEMPERATURA DE 40°C



ANEXO: N° 2

GRAFICOS DE DATOS EXPERIMENTALES DEL SHAMPOO GEOMEN A 30°C con el programa de Malath

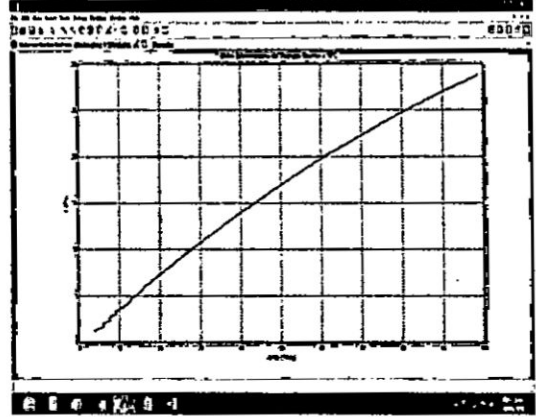
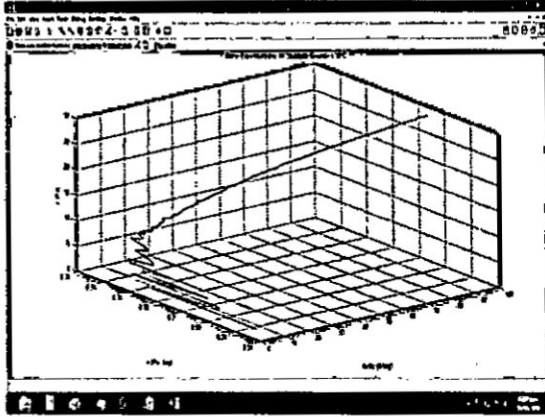


GRAFICO DE DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE $(du/dy$ y $n)$ para obtener "r"
SHAMPOO GEOMEN A 30°C por la ecuación de BINGHAM, con $r_0=0,1$

$$r = r_0 + n^*(dx / dy)$$

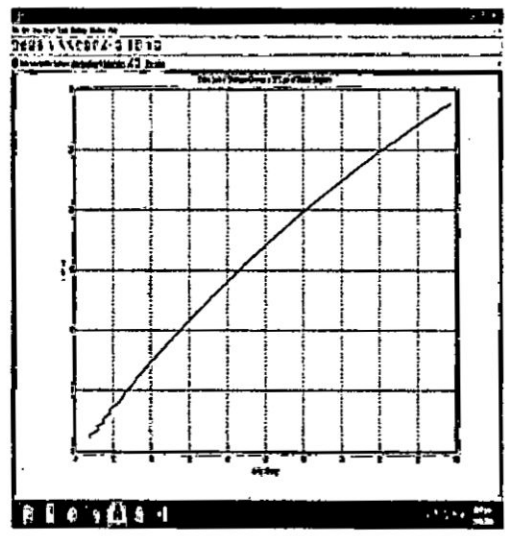
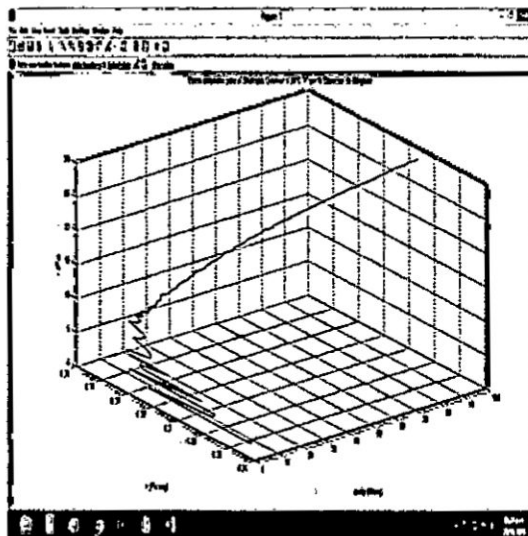
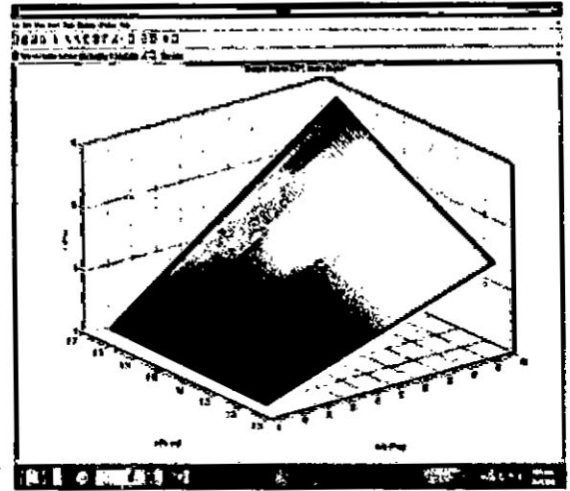
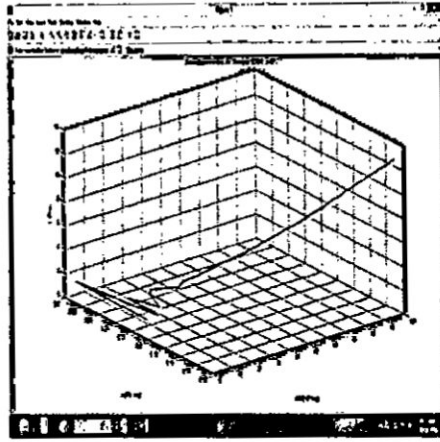


GRAFICO DE DATOS EXPERIMENTALES DEL SHAMPOO SEDAL A 40°C



**GRAFICO DE DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE (du/dy y n) para obtener "r"
SHAMPOO SEDAL A 40°C por la ecuación de BINGHAM, con r0=0,1**

$$r = r_0 + n \cdot (du/dy)$$

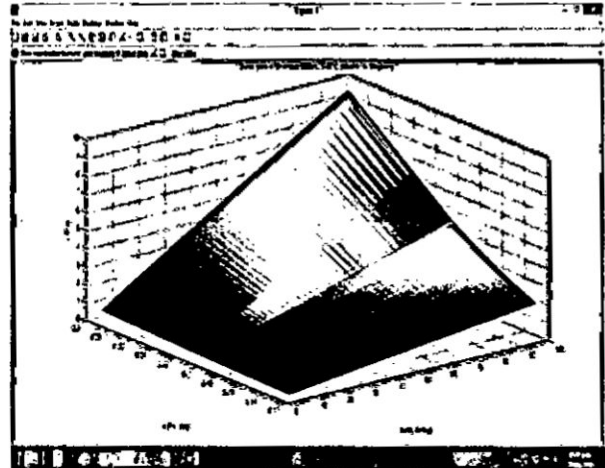
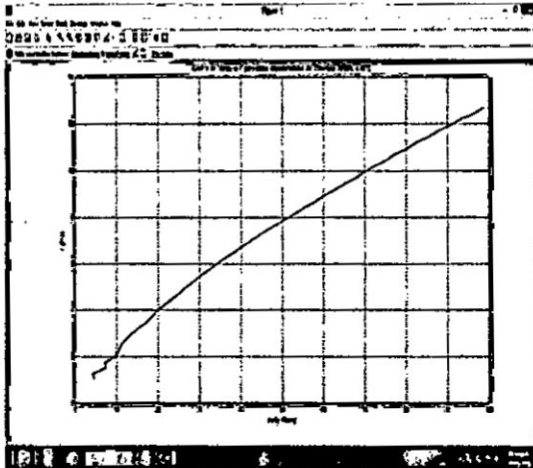
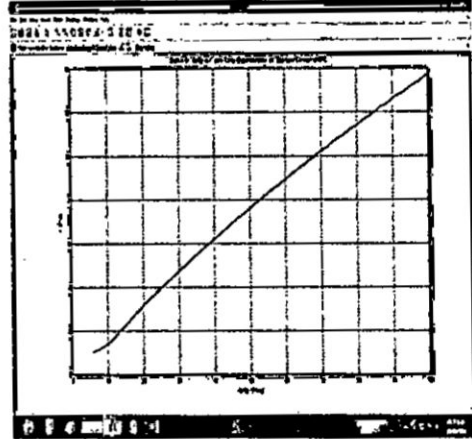
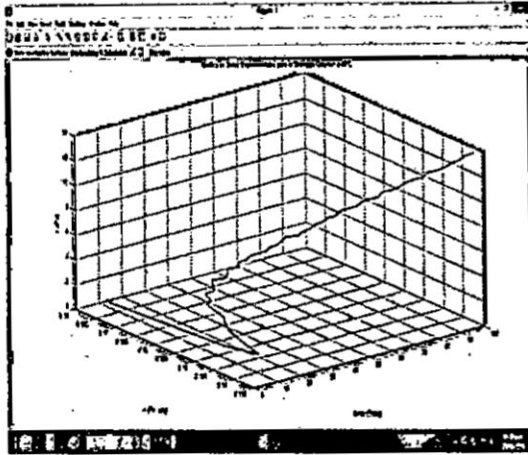
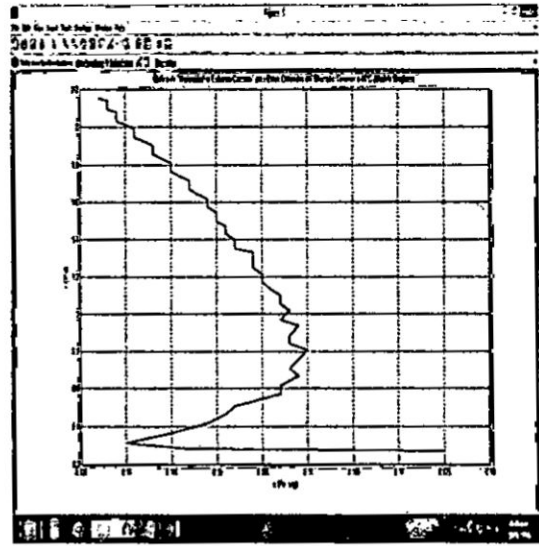
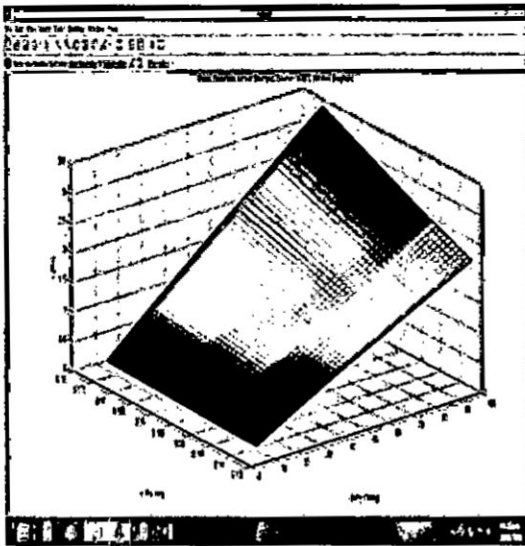


GRAFICO DE DATOS EXPERIMENTALES DEL SHAMPOO GEOMEN A 40°C



**GRAFICO DE DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE (du/dy) y n) para obtener "r"
SHAMPOO GEOMEN A 40°C por la ecuación de BINGHAM, con $r_0=0,1$**

$$r = r_0 + n^*(du/dy)$$



ANEXO: N° 3

ALGUNOS DOCUMENTOS QUE SE REQUERIDO PARA PODER REALIZAR LA TESIS



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

"ELABORACIÓN DE UN EMULSIONANTE COSMÉTICO A
BASE DE LAS SAPONINAS DEL AGUA DE LAVADO DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa*) EN ERPE".

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

PRESENTADO POR:
LILIANA JACQUELINE GUNSHA ALLAUCA

RIOBAMBA – ECUADOR
2013

donde se observa una recta que se va incrementando proporcionalmente al eje de las X, sin embargo la viscosidad es idónea a partir de la concentración de 4.5 g de saponina/15 g de formulación de shampoo.

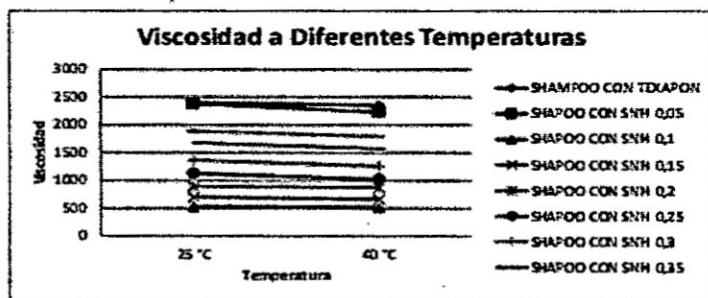


GRÁFICO 4: VISCOSIDAD DEL SHAMPOO A 25 Y 40 °C

A medida que se aumenta la temperatura la viscosidad se disminuye. Lo que se muestra claramente en el GRÁFICO 4, sustentado por datos bibliográficos donde se menciona que la viscosidad es inversamente proporcional a la temperatura. (76) Además analizando el ANEXO 8 podemos visualizar el incremento de la viscosidad en relación a la concentración, (29) resultados favorables dado que según bibliografía la viscosidad es directamente proporcional a la concentración, sin embargo en este caso la viscosidad es idónea a partir de la concentración de 7,5 g de saponina/15 g de formulación de crema.



enviroequip

Compromiso con el Medio Ambiente

CALLE AVILA 1000, SAN CARLOS, GUAYMAS, CABA, P. R. 9000
TEL: 92725478
MAIL: ventas@enviroequip.com
WEB: www.enviroequip.com
RUC: 20385415197

OFERTA ECONÓMICA

EMPRESA: Consultoría Carranza ETRL.
RUC: 20385415197
DIRECCIÓN: Ctd. William King 115-PUEBLO MIERSE
ATENCIÓN: Ing. Teodoro Uscata Carranza
CARGO: Dpto. Ambiental
E-MAIL: ventas@enviroequip.com
REFERENCIA: Reómetro para ensayos en relaves y muestras ambientales.

1. PRECIO UNITARIO <SIN IGV>:

➤ **US\$ 16.500.00**

2. FABRICANTE - LUGAR DE FABRICACIÓN:

➤ Anton Paar GmbH/Austria

3. LUGAR DE ENTREGA:

➤ Almacén del cliente.

4. TIEMPO DE ENTREGA:

➤ 30 días hábiles de recibida la orden de compra.

5. VALIDEZ DEL PRECIO:

➤ Desde el 18-03-2016 hasta el 31-03-2016

6. ESPECIFICACIONES:

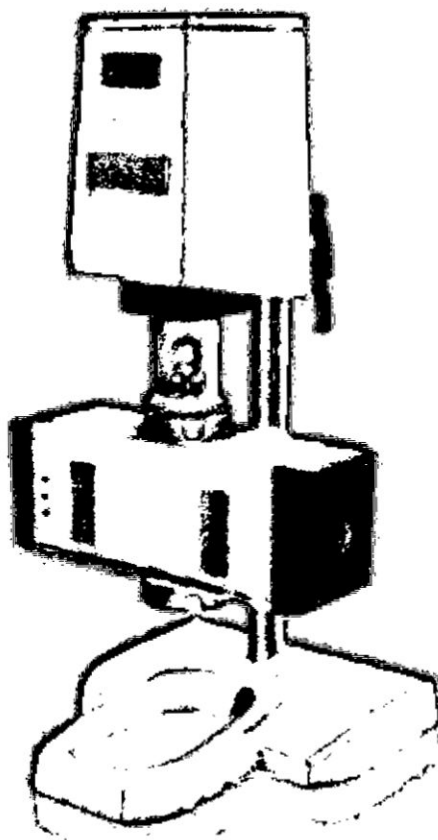
Descripción General:

Rheolab QC® reómetro rotacional para control de calidad

Medidores de viscosidad y pruebas reológicas rutinarias y sencillas para control de calidad. El Rheolab QC® está basado en la más innovadora y reciente tecnología usada en los reómetros de HD el cual proporciona un excelente desempeño combinado con su tamaño sencillo y diseño robusto. Este eficaz reómetro de control de calidad es un excelente ejemplo de un moderno instrumento de medición el cual usa todas las posibilidades técnicas disponibles para garantizar precisión, seguridad y fácil manejo.

Método de medición

El Rheolab QC® es un reómetro rotacional el cual trabaja de acuerdo al principio de "torque" el cual consiste en una alta precisión y modelo dinámico EC el cual también se usa en la serie de reómetros MCR. La configuración de las pruebas se puede seleccionar entre controlar la velocidad de corte CR y el control de esfuerzo de corte CS. Esta opción, junto con la amplia velocidad e intervalos de torque y tiempos cortos de respuesta del motor, crean innumerables beneficios en aplicación, así como pruebas convencionales de Curvas de Flujos y Tixotropía; el Rheolab QC® es también ideal para la investigación del comportamiento de emulsiones y dispersiones en metales y aleaciones para pruebas de Coherencia y estabilidad de reconstitución y para la determinación del Tíndex Potol en geles y pastas.



mejor relación costo a mayor calidad. El precio de este reómetro es el precio de compra incluido.



Especificaciones Técnicas del rotámetro rotacional Rheolab QCE:

Rheolab QCE:

- Fijero: Rotámetro rotacional
- Medida: Rheolab QCE
- Datos Velocidad: 0.01 a 1,200 *** (1/min)
- Datos Torque: 0.25 a 75 mNm
- Datos Esfuerzo de Corte: 0.5 a 30,000 Pa
- Datos Velocidad Corte: 10⁻² a 4,000 1/s
- Intervalos de Medición de Viscosidad: 1 a 10⁶ mPa.s
- Intervalos de Temperatura: ** -20 a 180 °C
- Resolución de Acoplamiento Interno: 2 µrad
- Interface LAN-Ethernet: PC
- Interface Serial RS232: PC, Impresora
- Interface PS/2: Teclado, Lector de Código de Barras
- Dimensiones (AxAlAx): 300x720x350 mm
- Peso: 14 kg

* Dependiendo del tamaño de muestra.
 ** Dependiendo del dispositivo de control de temperatura usado.
 *** Velocidad máxima antes de la caída del torque.

Propiedades que pueden ser medidas o simuladas:

- Viscosidad Dinámica: η
- Velocidad de Corte: $\dot{\gamma}$
- Esfuerzo de Corte: τ
- Viscosidad: η
- Torque: M
- Temperatura: T
- Tiempo: t
- Viscosidad Comaración: η_{sp}/c
- Yield Point: τ_0
- Deformación: γ
- Oscilación: J

Aplicaciones Típicas y Pruebas Recomendadas:

- **Bebidas:** Curvas de flujo, yield point, pruebas en 3 intervalos (descomposición estructural y regeneración).
- **Muestras de Construcción:** Yield point, pruebas en 3 intervalos (descomposición estructural y regeneración).
- **Adhesivos:** Curvas de flujo, pruebas en 3 intervalos (descomposición estructural y regeneración).
- **Alimentos:** Curvas de flujo, pruebas de temperatura, pruebas en 3 intervalos (descomposición estructural y regeneración).
- **Farmas/Químicos:** Yield point, temperatura, pruebas de humedad de temperatura.
- **Gelatinas:** Yield point, ósmosis, pruebas en 3 intervalos (descomposición estructural y regeneración).
- **Acidos Líquidos:** Curvas de flujo, pruebas de temperatura.
- **Acidos:** Curvas de flujo, pruebas de temperatura.

7. LA PROPUESTA INCLUYE:

- 1 Manual de Instrucción

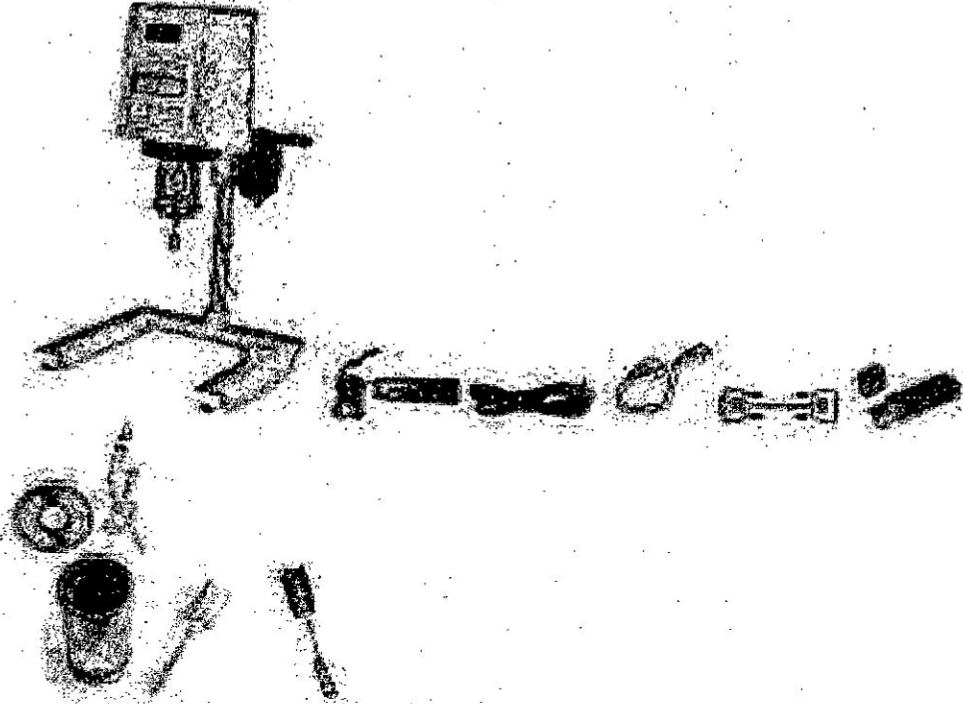


enviroequip

Controles local y remoto

► Incluye QCD:

Incluye:
1x Fuente de Poder 220 Vac a Vac @ 60 Hz, 1x Cable de Poder USA, 1x Cable Ethernet LAN, 1x Cable Ethernet PoE Flat, 1x Cable RS232, 1x Medidor USB Externa Anton Paar GmbH, 1x Software PhosControl 2 "Light Version", 1x Sensor de Temperatura Pt100, 1x Ceps Medición Cilindro Concentricos CC, 27 mm, 1x Agitador Magnético 4 Patas CC, 22 mm, 1x Agitador Magnético Cilindro Concentricos CC, 27 mm *****



***** El fabricante no es responsable por cualquier velocidad de la respuesta entre 10 y 20 Pa.s y para materiales que contienen partículas de más 10 um

► Además incluye:

- Instalación
- Pre-Entrenamiento
- Capacitación y pruebas de desempeño según tipo de material
- Mantenimiento preventivo durante el primer año del periodo de la garantía

8. GARANTIA:

► 12 Meses o 1 año

9. FORMA DE PAGO:

► 70% Adelantado, resto a crédito en 3 cuotas

10. CONTACTO:

► **DANNY SOLIA ORREGON**
Coordinador Comercial / Laboratorio
C. # 980 177 116
E: danny.solia@enviroequip.com

"DÉCIMA.- Competencia de los productos dietéticos y edulcorantes

Los productos dietéticos y edulcorantes son de competencia de la Autoridad Nacional de Salud (ANS) a través de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria - DIGESA.

Los productos dietéticos y edulcorantes se rigen bajo la regulación aplicable a los alimentos en el marco de las competencias de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria - DIGESA.

Artículo 8.- Incorporación de la Décima Primera Disposición Transitoria, Complementaria y Final a la Ley N° 29459, Ley de los Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios

Incorpórese a la Ley N° 29459, Ley de los Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios, la Décima Primera Disposición Transitoria, Complementaria y Final.

"DÉCIMA PRIMERA.- Excepciones a la presentación del Certificado de Buenas Prácticas de Manufactura

Se exceptúa de la presentación del certificado de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), establecido en el numeral 2 del artículo 11 y en el numeral 5 del artículo 15 de la presente Ley, a los productos farmacéuticos manufacturados por la Organización Mundial de la Salud (OMS)."

Artículo 9.- Incorporación de la Décima Segunda Disposición Transitoria, Complementaria y Final a la Ley N° 29459, Ley de los Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios

Incorpórese a la Ley N° 29459, Ley de los Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios, la décima Segunda Disposición Transitoria, Complementaria y Final.

"DÉCIMA SEGUNDA.- Competencia de los productos cosméticos

Los productos cosméticos son de competencia de la Autoridad Nacional de Salud (ANS) a través de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria - DIGESA.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Del plazo para la emisión de la norma reglamentaria

El Ministerio de Salud dentro del plazo de sesenta (60) días calendario, contados a partir del día siguiente de la publicación del presente Decreto Legislativo, actualiza y/o emite las normas reglamentarias, que según corresponda para la adecuada implementación de lo establecido en el artículo 2, 3, 7 y 8 del presente Decreto Legislativo.

Segunda.- Vigencia

El presente Decreto Legislativo entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano", con excepción de lo dispuesto en los artículos 2, 3, 7 y 8 que entrarán en vigencia a partir del día siguiente de la publicación de las normas reglamentarias a las que se hace referencia en la Primera Disposición Complementaria Final del presente Decreto Legislativo.

POR TANTO:

Quando se publique y cumpla, dando cuenta al Congreso de la República.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de enero del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

FERNANDO ZAVALA LONBARDI
Presidente del Consejo de Ministros

PATRICIA J. GARCÍA FUNEORA
Ministra de Salud

1471568-6

**DECRETO LEGISLATIVO
N° 1218**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

POR CUANTO:

Que, mediante Ley N° 30536 - Ley que otorga en el Poder Ejecutivo la facultad de legislar en materia de restricción económica y formalización, seguridad ciudadana, lucha contra la corrupción, agua y saneamiento y reorganización de PETROPERU S.A., el Congreso de la República ha delegado en el Poder Ejecutivo la facultad de legislar en materia administrativa, económica y financiera, por el término de (90) días calendario;

Que, en este sentido, el literal h) del numeral 1 del artículo 2 del citado dispositivo legal, establece la facultad de legislar en materia de restricción económica y formalización a fin de emitir normas que registren o faciliten el desarrollo de actividades económicas, comerciales y prestación de servicios sociales en los tres niveles de gobierno, incluyendo implementación administrativa de los procedimientos relativos al patrimonio cultural;

Que, en relación a las actividades económicas vinculadas con los productos cosméticos, productos de higiene doméstica y productos químicos especializados, es necesario complementar y optimizar las regulaciones aplicables a fin de promover el comercio nacional e internacional de los referidos productos, fortaleciendo el control y la vigilancia sanitaria para prevenir los riesgos a la salud humana;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal h) del numeral 1 del artículo 2 de la Ley N° 30536 y el artículo 104 de la Constitución Política del Perú;

Con el voto aprobatorio del Congreso de Ministros; y
Con cargo a dar cuenta al Congreso de la República;
Ha dado el Decreto Legislativo siguiente:

**DECRETO LEGISLATIVO QUE COMPLEMENTA
Y OPTIMIZA EL MARCO NORMATIVO PARA LOS
PRODUCTOS COSMÉTICOS, PRODUCTOS DE
HIGIENE DOMÉSTICA Y PRODUCTOS QUÍMICOS
ESPECIALIZADOS**

Artículo 1.- Objeto

El presente Decreto Legislativo tiene por objeto complementar y optimizar el marco normativo y los procedimientos administrativos vinculados con los productos cosméticos, productos de higiene doméstica y productos químicos especializados, y sus insumos, fortaleciendo el control y la vigilancia sanitaria a fin de prevenir los riesgos a la salud humana.

Artículo 2.- Ámbito de aplicación

El presente Decreto Legislativo es de aplicación a toda persona natural o jurídica, pública o privada, que desarrolle procesos vinculados con productos cosméticos, productos de higiene doméstica y productos químicos especializados, y sus insumos; con excepción de los productos de destrucción de dispositivos médicos, los plaguicidas de uso agrícola y los insumos o productos fabricados en el marco del Decreto Legislativo N° 1126 - Decreto Legislativo que Establece Medidas de Control en los Insumos Químicos y Productos Farmacéuticos, Magisteriales y Equipos Usados para la Elaboración de Drogas Nuevas.

Artículo 3.- Autoridad Competente

El Ministerio de Salud, a través del órgano competente en materia de salud ambiental, es la Autoridad de Salud de nivel nacional con competencia exclusiva en la reglamentación técnico-normativa, control y vigilancia de los productos que se encuentran regulados por el presente Decreto Legislativo.

Artículo 4.- Clasificación de productos e insumos

Los productos e insumos registrados en el marco del presente Decreto Legislativo se clasifican de la siguiente manera:

4.1 Productos cosméticos en el marco de la Decisión Andina N° 516 y sus modificaciones;

4.2 Productos de higiene doméstica en el marco de la Decisión Andina N° 705 y sus modificaciones;

4.3 Productos químicos especializados, de uso doméstico, industrial o en salud pública; y,

4.4 Insumos químicos, tales como ingredientes activos, aditivos o excipientes.

Artículo 6.- Fabricación y exportación

5.1 La fabricación de los productos regulados por el presente Decreto Legislativo sólo puede realizarse en establecimientos que cuenten con autorización sanitaria vigente otorgada por la Autoridad Sanitaria de nivel nacional.

5.2 La autorización sanitaria es de aprobación automática y se otorga a plazo determinado por cada establecimiento, debiendo producir el producto o los productos fabricados en el mismo. Asimismo, para su otorgación y vigencia debe implementarse el Programa de Buenas Prácticas de Manufactura, el cual debe consistir de declaración jurada, y los demás requisitos que establezca el reglamento.

5.3 Según sea el caso, los listados de establecimientos con autorización sanitaria vigente podrán solicitar a la Autoridad Sanitaria de nivel nacional un certificado de libre venta o una notificación sanitaria obligatoria para la exportación de sus productos.

Artículo 6.- Importación

6.1 Para la importación de productos químicos especializados e insumos, la Autoridad Sanitaria de nivel nacional otorgará una autorización sanitaria al importador.

6.2 La redada sanitaria es de aprobación automática, se otorga por producto y a plazo determinado, previa presentación del certificado de libre venta, o del que haga sus veces, emitido al fabricante del mismo por la autoridad competente del país de origen, y los demás requisitos que establezca el reglamento.

6.3 La importación de productos cosméticos o de productos de higiene doméstica se regirá por lo dispuesto en la Decisión Andina N° 516 o en la Decisión Andina N° 705, según corresponda.

6.4 Para el despacho de las mercancías deberá que las Aduanas de la República verifiquen la vigencia de la autorización sanitaria de importación.

Artículo 7.- Prohibiciones o restricciones

7.1 En el marco del ámbito de aplicación del presente Decreto Legislativo queda estrictamente prohibido lo siguiente:

a) Importar, fabricar, fraccionar, comercializar, transportar a título gratuito, distribuir y almacenar productos similares, cosméticos, aditivos, notificados o que no cuenten con autorización sanitaria de fabricación o importación o Notificación Sanitaria Obligatoria; e,

b) Importar, fabricar o comercializar productos cuya formulación contenga mercurio o compuestos de mercurio en concordancia a lo establecido en el Convenio de Minamata; o productos químicos que se encuentren enumerados en el Anexo A del Convenio de Esococino.

7.2 Sin perjuicio de ello, mediante Decreto Supremo se puede adoptar medidas de prohibición y/o restricción respecto a insumos químicos o productos químicos especializados que contengan ingredientes activos y/o aditivos que puedan causar daño a la salud humana, según referencie la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) o la Unión Europea (UE).

Artículo 8.- Vigilancia sanitaria

8.1 El riesgo para la salud es el patrón de referencia para el control y la vigilancia sanitaria en los procesos vinculados con los productos cosméticos, productos de higiene doméstica, productos químicos especializados y sus insumos.

8.2 En caso la Autoridad de Salud de nivel nacional advierta que algún producto cosmético, producto de higiene

doméstico, producto químico especializado o insumo, puede ocasionar daño a la salud humana, deberá emitir alertas sanitarias, disponer medidas sanitarias de seguridad o cancelar la autorización sanitaria de fabricación o importación o la Notificación Sanitaria Obligatoria, según corresponda.

8.3 La Autoridad de Salud de nivel nacional o quien esta delegue, o las autoridades regionales o municipales en el marco de sus competencias, verificarán y vigilarán periódicamente el cumplimiento de lo establecido en el presente Decreto Legislativo y su Reglamento, pudiendo aplicar las medidas sanitarias de seguridad que corresponda.

Artículo 9.- Potestad sancionadora

El Ministerio de Salud, a través del órgano competente en materia de salud ambiental, cuenta con potestad sancionadora en el ámbito de su competencia para el ejercicio de las funciones establecidas en el presente Decreto Legislativo.

Conduces infracciones pasibles de sanción, las conductas que infrinjan los preceptos del presente Decreto Legislativo y de las demás normas que emanan del Sector.

Las infracciones administrativas a que hace referencia el párrafo anterior, así como su graduación, se establecen vía reglamentaria, mediante Decreto Supremo referendado por el Ministerio de Salud y serán clasificadas en leves, graves y muy graves.

El Ministerio de Salud es la autoridad encargada de ejercer la potestad sancionadora respecto a las conductas tipificadas como infracciones administrativas. Al calificar la infracción, la autoridad competente debe tener en cuenta la gravedad de la misma o la reincidencia, así como a criterio de proporcionalidad.

Artículo 10.- Sanciones

Sin perjuicio de las sanciones civiles o penales a que hubiere lugar, las infracciones son pasibles de las siguientes sanciones administrativas:

- 10.1 Amonestación;
- 10.2 Multa;
- 10.3 Decomiso o destrucción de los productos;
- 10.4 Suspensión o cierre temporal, total o parcial, del funcionamiento del establecimiento;
- 10.5 Cierre definitivo, total o parcial, del establecimiento;
- 10.6 Suspensión o cancelación de la autorización sanitaria de fabricación o importación, o Notificación Sanitaria Obligatoria;
- 10.7 Otras contempladas en la Decisión Andina N° 705 y sus modificaciones.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Reglamentación

El presente Decreto Legislativo es reglamentado por el Poder Ejecutivo en un plazo no mayor de sesenta (60) días calendario, contados a partir del día siguiente de su publicación.

Segunda.- Importación de donaciones, de carácter sin valor comercial o para uso personal. Mediante Decreto Supremo, según corresponda, se aprueban los procedimientos específicos para la importación de donaciones, muebles sin valor comercial o para uso propio de productos de higiene doméstica, productos químicos especializados o sus insumos.

Tercera.- Aplicación supletoria de la Ley N° 28842.- Ley General de Salud

Para todo lo no previsto en el presente Decreto Legislativo, resulta de aplicación supletoria lo dispuesto en los artículos 96, 97, 98 y 99 de la Ley N° 28842.- Ley General de Salud.

Cuarta.- Vigencia

El presente Decreto Legislativo entrará en vigencia conjuntamente con su Reglamento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Vigencia de los registros, autorizaciones y notificaciones sanitarias

Los registros o autorizaciones sanitarias y las notificaciones sanitarias obligatorias de los productos

EXCEPARL®

LM

LC

CAPACIDAD ESPESANTE
MODIFICADOR REQUERIDO
ESTABILIZADOR DE VISOSIDAD
LIBRE DE OXÍGENO

UN ESPESANTE LÍQUIDO,
DE ORIGEN NATURAL,
LIBRE DE ÓXIDO DE ETILENO

LA TECNOLOGÍA DE LOS TENSIOACTIVOS DE KAO APLICADA AL CUIDADO PERSONAL.

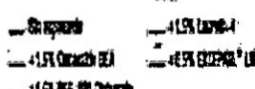
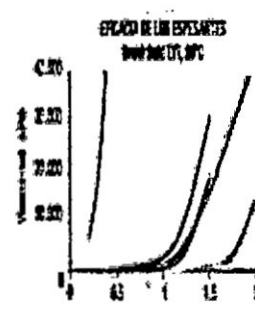
EXGEPARL® LM-LC

100% natural

100% eficaz



CAPACIDAD ESPESANTE



CHALCOPFO FORTIFIKANTE	%
EXGEPARL® LM-LC	14.3
EXGEPARL® LM-LC	6.7
EXGEPARL® LM-LC	5.0
EXGEPARL® LM-LC	3.0
EXGEPARL® LM-LC	1.5
Preservante natural	1.0
Proteína hidrolizada de gelatina	2.0
Conservante	0.5
H ₂ O	75.0
Agua	75.0
PH (20°C)	~5.5
Viscosidad a 20°C (cP)	~1.0

El mercado del cuidado personal muestra una tendencia creciente hacia conceptos y formulaciones de origen natural y verda.

Estos productos cosméticos presentan una interesante tendencia "free of", principalmente libre de conservantes, sulfatos, derivados de PEG y siliconas, entre otros aditivos o ingredientes. Los consumidores buscan asociar cada vez más conceptos como compatibilidad con la piel, seguridad y respeto al medio ambiente con estas características.

Según esta tendencia, KAO Chemicals Europe ha desarrollado EXGEPARL® LM-LC (INCI: Lauryl Lactate), un espesante líquido natural derivado de Lactos reconvertidos, que además muestra buena estabilidad en relación a la viscosidad en formulaciones basadas en tensioactivos. Este éster natural, obtenido mediante una reacción de un alcohol graso y ácido láctico, forma la variedad de ester lípido de hidrógeno, sales y PEG.

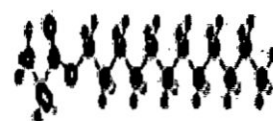
CARACTERÍSTICAS

EXGEPARL® LM-LC es un líquido 100% activo, biodegradable, transparente, inodoro e incoloro. Fácil de manipular y procesable a temperatura ambiente. Adicionalmente es un producto suave con propiedades emolientes y acondicionadoras para la piel y el cabello debido a sus características hidrofílicas, sin afectar negativamente a la capacidad espesante de la formulación final. Por su estructura química, EXGEPARL® LM-LC es una buena elección para muchas de las formulaciones de empuje libre de PEG y sulfatos.

La incorporación de EXGEPARL® LM-LC en la fórmula final permite una reducción del porcentaje de cloruro sódico (NaCl) necesario para alcanzar la viscosidad deseada. El balance entre EXGEPARL® LM-LC y NaCl puede ser fácilmente ajustado dependiendo de la composición. EXGEPARL® LM-LC muestra excelentes propiedades de espesamiento, requiriendo una menor cantidad de este fuerte a espesantes comúnmente utilizados como Carboxilato DEA (el espesante más utilizado) o Laureth-4.

- Líquido
- Biodegradable
- Origin vegetal
- Preservante natural y seguro
- Carboxilación elevada
- Libre de PEG, S- y Col
- Libre de siliconas
- Inodoro e incoloro

Web: www.kaochemicals.com



GEL DE BAÑO	%
EXGEPARL® LM-LC	16.5
EXGEPARL® LM-LC	11.0
EXGEPARL® LM-LC	7.0
EXGEPARL® LM-LC	3.0
Preservante natural	0.5
Conservante	0.5
Agua	75.0
PH (20°C)	~7.0



*ESPESANTE: Viscosidad a 20°C (cP)				
NaCl	EXGEPARL® LM-LC	Carboxilato DEA	PEG-150 Dodecilo	Laureth-4
0.0	251	2500	510	250
1	545	2500	125	250
1.0	811	2500	125	250
2	2130	2500	264	250
3	723	2500	265	250

Formulaciones

EXCEPT® LMLC es un agente alcali y fofo apto como materia prima para productos de higiene personal. A continuación se presentan una serie de formulaciones guía para maximizar los beneficios del uso de EXCEPT® LMLC en diferentes niveles de toxicidad. Estas formulaciones han sido diseñadas para

diferentes aplicaciones y niveles finales. En todos los casos, EXCEPT® LMLC actúa como agente espesante y estabilizante de la viscosidad. El porcentaje de uso puede variar desde 0.2 % hasta 2.0 % aproximadamente, dependiendo de la composición y el nivel de toxicidad deseado por el consumidor final del producto.

FORMULACIONES SIN SLES

Nº 100	
GEL DE BAÑO	%
SECRET® 100	77.8
SECRET® S-95	0.5
SECRET® 10	2.1
EXCEPT® LMLC	0.3
Conservante	0.25
Agua	Hasta 100
Apopta	Temperatura
pH (20°C)	+ 8.0
Viscosidad a 20°C (mPa)	+ 8000

Nº 100	
CHAMPO BABY	%
SECRET® 1-200	85.6
SECRET® 100-400	7.9
SECRET® 10	3.0
EXCEPT® LMLC	0.6
Aroma de Naranja	0.2
Conservante	0.05
Agua	Hasta 100
Apopta	Temperatura
pH (20°C)	+ 8.0
Viscosidad a 20°C (mPa)	+ 2000

Nº 100	
HIGIENE INTIMA	%
SECRET® 100	83.3
SECRET® 10	5.3
EXCEPT® LMLC	7.0
EXCEPT® LMLC	0.5
Extracto de Camu Camu	0.25
Conservante	0.05
Agua	Hasta 100
Apopta	Temperatura
pH (20°C)	+ 8.0
Viscosidad a 20°C (mPa)	+ 8000

Nº 100	
CHAMPO FORTIFICANTE	%
SECRET® 100	83.3
SECRET® FORT 10-40	12.0
SECRET® 100-40	0.7
EXCEPT® LMLC	0.8
SECRET® 100-40	7.5
EtOH	0.5
Paraben 0.5%	0.1
Conservante	0.2
Conservante	0.1
Agua	Hasta 100
Apopta	Cinco minutos
pH (20°C)	+ 7
Viscosidad a 20°C (mPa)	+ 2000

FORMULACIONES LIBRES DE OE

Nº 100	
LIMPIADOR FACIAL ULTRA SUAVE	%
SECRET® 100	16.1
SECRET® 100-3	0.7
EXCEPT® LMLC	0.2
SECRET® 100	0.2
SECRET® 100-40	7.5
EtOH	0.5
Exfoliante	0.2
Conservante	0.1
Agua	Hasta 100
Apopta	Temperatura ambiente
pH (20°C)	+ 8.0
Viscosidad a 20°C (mPa)	+ 7000

Nº 100	
LIMPIADOR FACIAL REFRESCANTE	%
SECRET® 100	12.5
SECRET® 100	0.2
EXCEPT® LMLC	1.5
SECRET® 100	2.8
Aloe Vera	0.5
EtOH	0.25
Conservante	0.1
Agua	Hasta 100
Apopta	Temperatura ambiente
pH (20°C)	+ 8.0
Viscosidad a 20°C (mPa)	+ 3000

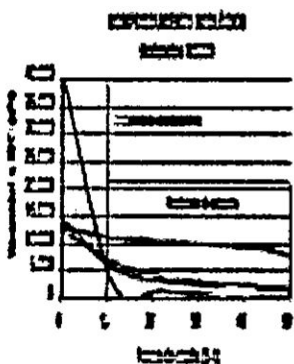
Nº 100	
GEL DE BAÑO	%
SECRET® 100	14
SECRET® 100	10
SECRET® 100	1
EXCEPT® LMLC	1
Paraben 0.5%	16.0
SECRET® 100	0.1
Conservante	0.1
Agua	Hasta 100
Apopta	50 segundos
pH (20°C)	+ 8.0
Viscosidad a 20°C (mPa)	+ 8000



PRINCIPALES PROPIEDADES

REOLOGÍA

EXCEPT® LM-LC, siendo un espesante hidrófilo, proporciona un comportamiento de 'shear thinning', lo que significa que la viscosidad disminuye a medida que aumenta la fuerza de cizalla. Partículas dispersas, como agrotos polvorientos o algas, actúan anti-cizpa como el Zinc Diftioro, tienden a precipitar en mezclas laminadas. El uso de EXCEPT® LM-LC mejora la estabilidad minimizando la sedimentación en condiciones de almacenamiento, y tiene un efecto positivo en la vehiculización por bombas y en la aplicación, propiedad bien valorada por los consumidores.



— 1.5% EXCEPT LM-LC
— 1.5% EXCEPT LM-LC + Zn-Di
— 1.5% EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga

Formulación	%
EXCEPT LM-LC	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga	1.5

NO. 100 CAMPO ANTICIPA

Formulación	%
EXCEPT LM-LC	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga	1.5
EXCEPT LM-LC	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga	1.5
EXCEPT LM-LC	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga	1.5
EXCEPT LM-LC	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga	1.5

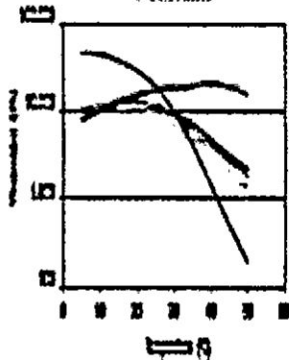
ESTABILIZADOR DE LA VISCOSIDAD

Además del comportamiento reológico, las formulaciones espesadas con EXCEPT® LM-LC muestran mejor estabilización de la viscosidad que cuando se utilizan otros espesantes. La viscosidad permanece prácticamente invariable en un amplio rango de pH y temperatura, lo que asegura una ventaja cuando estas partículas dispersas en la forma.

NO. 100 CAMPO ACONDICIONADOR

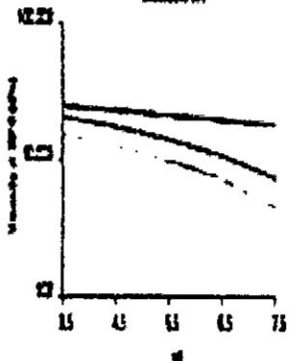
Formulación	%
EXCEPT LM-LC	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga	1.5
EXCEPT LM-LC	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga	1.5
EXCEPT LM-LC	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga	1.5
EXCEPT LM-LC	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di	1.5
EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga	1.5

UNA ESTERILIDAD DE LA ESPESANTE



— 1.5% EXCEPT LM-LC
— 1.5% EXCEPT LM-LC + Zn-Di
— 1.5% EXCEPT LM-LC + Zn-Di + Alga

UNA ESTERILIDAD DE LA ESPESANTE



— 1.5% EXCEPT LM-LC
— 1.5% EXCEPT LM-LC + Zn-Di