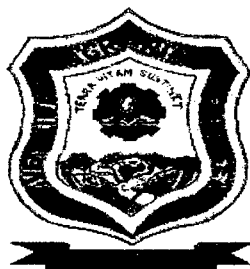


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**Departamento Académico de Ciencia y Tecnología de
Alimentos**



**“DISEÑO CODIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN
PROGRAMA (REOSOFT V 1.0) PARA EL CALCULO Y
MODELAMIENTO DE PARÁMETROS REOLÓGICOS EN
ALIMENTOS”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

HANS JOAN TAFUR PEREDA

PROMOCION I - 2005

Tingo María - Perú

2006

U10

T14

Tafur Pereda, Hans J.

Diseño Codificación y Validación de un Programa (Reosoft V 1.0) para el Cálculo y Modelamiento de Parámetros Reológicos en Alimentos. Tingo María, 2006

62 h.; 16 cuadros; 8 fgns.; 30 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería Industria Alimentarias.

REOSOF V 1.0 / REOLOGÍA / PARÁMETROS REOLÓGICOS /

SOTFWARE / MATERIALES Y MÉTODOS / TINGO MARÍA /

LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 - Fax: (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail: fia@unas.edu.pe

"Año de la Consolidación Democrática"

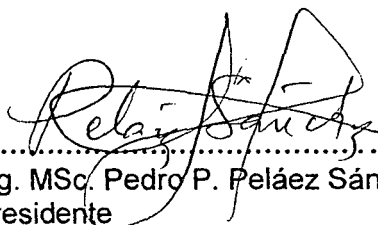
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 12 de setiembre del 2006, a horas 10:00 am. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por el Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: **Hans Joan TAFUR PEREDA**.

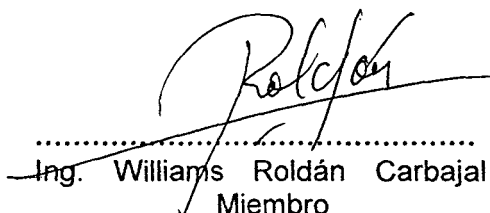
"DISEÑO CODIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN PROGRAMA (REOSOFT V 1.0) PARA EL CALCULO Y MODELAMIENTO DE PARÁMETROS REOLÓGICOS EN ALIMENTOS"

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran aprobado con el calificativo de **MUY BUENO**, en consecuencia el Bachiller: **Hans Joan TAFUR PEREDA**, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art.22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 43° y 45° del Estatuto y los artículos 95° y 96° del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 12 de setiembre del 2006



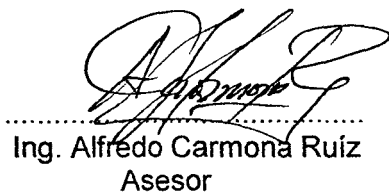
.....
Ing. MSc. Pedro P. Peláez Sánchez
Presidente



.....
Ing. Williams Roldán Carbajal
Miembro



.....
Ing. Víctor Yujra Ccuno
Miembro



.....
Ing. Alfredo Carmona Ruiz
Asesor

DEDICATORIA

**Este trabajo dedico a las personas más valiosas
De mi vida, con todo el amor del mundo
Para mis padres:**

**Epifanio Tafur López y
Catalina Pereda Cadillo**

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	3
	A. ASPECTOS GENERALES SOBRE REOLOGÍA.....	3
	1. Definición.....	3
	2. Clasificación reológica de los fluidos.....	5
	a) Fluidos Newtonianos.....	7
	b) Fluidos no-newtonianos Independientes del tiempo.....	8
	c) Fluidos no – newtonianos dependientes del tiempo.....	15
	3. Las constantes reológicas fundamentales.....	16
III.	MATERIALES Y METODOS.....	22
	A. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	22
	B. MATERIALES.....	22
	1. Equipos y materiales utilizados.....	22
	2. Software de validación.....	23
	C. MÉTODOS.....	24
	1. Velocidad angular.....	24
	2. Esfuerzo de corte.....	25
	3. Velocidad de deformación.....	25
	a) Simple corte.....	25
	b) Aproximación Newtoniana.....	
	c) Ley de potencia.....	26
	d) Krieger.....	27

4. Modelos Reológicos.....	27
5. Descripción de variables.....	29
6. Descripción del Algoritmo.	30
IV. RESULTADOS	33
V. DISCUSIONES	57
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES	61
VIII. BIBLIOGRAFÍA	62

RESUMEN

En la ingeniería de alimentos existen muchos problemas cuando se quiere llevar a cabo cálculos muy extensos y que toman mucho tiempo en resolverlos, para ello actualmente en todo el mundo se escriben programas en lenguajes de programación, específicos para desarrollar ciertas tareas. Es por ello que se ha desarrollado una aplicación para calcular parámetros reológicos utilizando los viscosímetros Brookfield modelos LVT y RVT, aplicando los siguientes modelos reológicos: Ostwald, Casson, Bingham y Herschel Bulkley. Los cuales fueron satisfactoriamente validados con los siguientes software Microsoft Excel, SPSS v. 10.00 y la aplicación SCPR para DOS desarrollada por el Ing Msc. Alberto Condezo Hoyos; en lenguaje Turbo Pascal.

Los resultados fueron comparados mediante análisis de varianza ($\alpha=0.05$) entre si; concluyendo que no existe diferencias entre los valores calculados por los tres software.

I. INTRODUCCIÓN

La reología es la ciencia que estudia el flujo y las deformaciones de sólidos y fluidos bajo la influencia de fuerzas mecánicas. En las industrias alimentarias se trabaja muy frecuentemente con productos que se encuentran en fase líquida, por lo tanto es importante conocer en todo momento las características reológicas de los líquidos que intervienen en los procesos industriales, de cara a optimizar estos procesos evitando así gastos innecesarios, debido principalmente al sobre dimensionamiento de los equipos (bombas, conducciones, evaporadores, etc.) Es por ello imprescindible el definir una serie de modelos reológicos que recojan más fielmente las características de flujo de los alimentos que trata la industria. Estos modelos reológicos se basan en el cálculo experimental de una serie de constantes que caracterizan el flujo para cada alimento en las variables de operación en que se encuentra.

La viscosidad puede definirse de un modo sencillo como el rozamiento interno que actúa dentro de un fluido, esto es, su resistencia a fluir, Un fluido situado en un vaso al que se invierte esta sujeto a fuerzas gravitatorias; algunos fluidos fluirán fácilmente fuera del vaso, otros con dificultad y algunos no lo harán en absoluto. La viscosidad es también una medida de la tasa de flujo.

La medición de la viscosidad es a menudo muy importante para el control de la calidad, sobre todo productos que supone deben tener una cierta consistencia en relación a su paladar, como son las natas, yogurt, salsas de tomate o flanes.

El objetivo general de esta investigación es desarrollar una herramienta para el cálculo (Reosoft V. 1.0) de los parámetros reológicos utilizando viscosímetros rotacionales de cilindros concéntricos Brookfield.

- Elaboración del algoritmo general para el programa de cálculo.
- Diseño del entorno grafico en Visual Basic 6.0 y base de datos en Access 2000.
- Codificación del programa
- Validación del programa

II. REVISION BIBLIOGRÁFICA

A. ASPECTOS GENERALES SOBRE REOLOGÍA

1. Definición

La reología se define como la ciencia que estudia la deformación y flujo de la materia (Muller, 1973). La reología de los alimentos ha sido definida como el estudio de la deformación y flujo de las materias primas sin procesar, los productos intermedios o semielaborados, y los productos finales de la industria Alimentaria.

El conocimiento adecuado de las propiedades reológicas de los alimentos es muy importante por numerosas razones, entre las que destacan las aplicaciones que se detallan a continuación:

Diseño de procesos y equipos en ingeniería: el conocimiento de las propiedades de comportamiento al flujo y deformación de los alimentos son imprescindibles en el diseño y dimensionado de equipos tales como cintas transportadoras, tuberías, tanques de almacenamiento, pulverizadores o bombas para el manejo de alimentos (Odigboh y Mohsenin, 1975a). Además, la viscosidad se utiliza para la estimación y cálculo de los fenómenos de

transporte de cantidad de movimiento, calor y energía (Saravacos y Kostaropoulos, 1995).

Evaluación sensorial: los datos reológicos pueden ser muy interesantes para modificar el proceso de elaboración o la formulación de un producto final de forma que los parámetros de textura del alimento se encuentren dentro del rango considerado deseable por los consumidores (Kokini, 1985).

Obtener información sobre la estructura del alimento: los estudios reológicos pueden aportarnos información que facilite una mejor comprensión de la estructura o de la distribución de los componentes moleculares de los alimentos, especialmente de los componentes macromoleculares, así como para predecir los cambios estructurales durante los procesos de acondicionamiento y elaboración a los que son sometidos (Borwankar et al., 1992).

Control de calidad: las medidas de la viscosidad en continuo son cada vez más importantes en muchas industrias alimentarias con objeto de controlar el buen funcionamiento del proceso productivo, así como la calidad de las materias primas, productos intermedios y acabados. (Bourne, 1982).

2. Clasificación reológica de los fluidos

Se define un fluido como una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar cuán pequeño sea ese esfuerzo (Streeter, 1996).

De todas las propiedades de los fluidos, la viscosidad requiere la mayor Consideración en el estudio de flujo de fluidos. La viscosidad es aquella Propiedad de un fluido por virtud de la cual ofrece resistencia al corte (Streeter, 1996).

La capacidad para conceptualizar diferentes tipos de comportamientos reológicos es muy importante en el desarrollo y mejoramiento de muchos productos alimenticios. Un esquema de clasificación simple del comportamiento reológico de los fluidos se presenta en la Figura 1. La clasificación de fluidos presentada en esta figura no implica necesariamente que cada uno de los comportamientos presentados sea mutuamente excluyente. Si se considera, por ejemplo, el comportamiento elástico que presentan las masas, sobresale el hecho de que este material puede ser pseudoplástico y dependiente del tiempo simultáneamente. Existen múltiples factores que pueden influir en el comportamiento reológico de alimentos, el envejecimiento es uno de ellos. Si se evalúa el ketchup de tomate inmediatamente después de su fabricación, éste se comporta como un fluido independiente del

tiempo y pseudoplástico, pero con el paso del tiempo el material forma una estructura de gel débil lo que implica que al momento de ser usado por el consumidor exhibe comportamiento tixotrópico. Esto explica porqué agitar el ketchup en su envase, hace que el condimento fluya más fácilmente (Steffe, 1996).

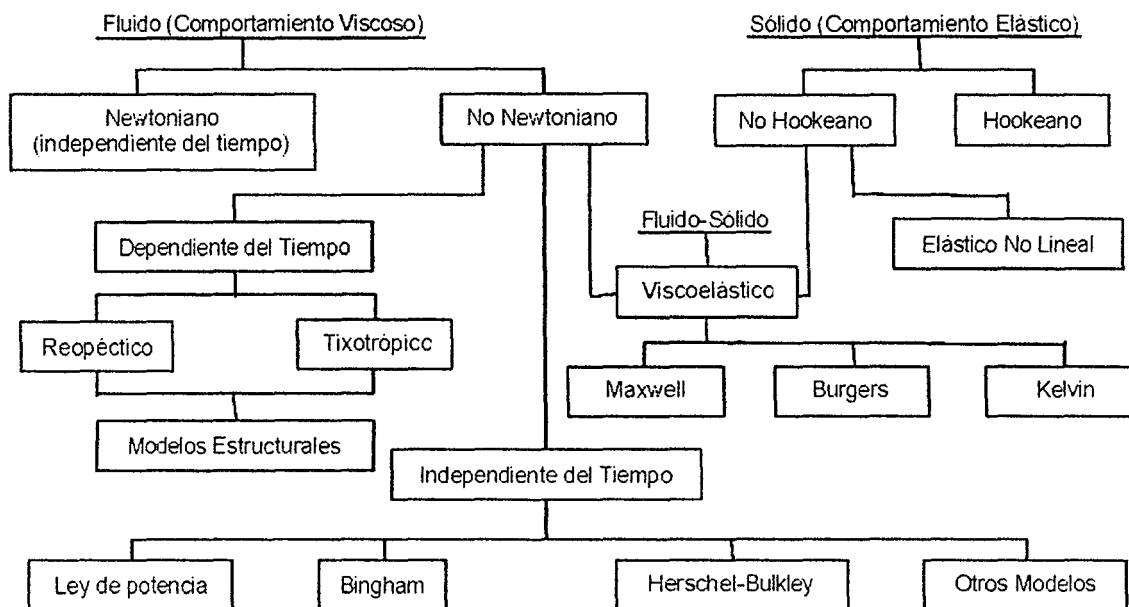


Figura 1. Clasificación simple del comportamiento reológico.

Fuente: Steffe 1996.

A continuación se definen, de manera global, los modelos reológicos usados más frecuentemente para describir las propiedades de flujo de los alimentos.

a) Fluidos Newtonianos

Son líquidos cuyos coeficientes de viscosidad son constantes para una temperatura dada. Es decir, cuando el fluido es sometido a esfuerzos de corte (σ) se desarrollan relaciones de deformación (γ) directamente proporcionales a la velocidad de deformación (Kyereme et al., 1999).

$$\mu = \frac{\sigma}{\gamma} \quad (1)$$

Los fluidos newtonianos, por definición, presentan una línea recta que relaciona $\sigma - \gamma$, con intercepto cero y pendiente igual a μ . Todos los fluidos que no exhiben este comportamiento pueden ser llamados no - newtonianos (Steffe, 1996).

Algunos ejemplos de fluidos newtonianos son el agua, té, café, cerveza, bebidas carbonatadas, jugos filtrados, leche, aceite comestible, almíbar de azúcar y mayoría de mieles (Bourne, 1982).

b) Fluidos no-newtonianos Independientes del tiempo

Los fluidos viscosos no newtonianos no presentan proporcionalidad entre la relación de deformación y el esfuerzo de corte, la viscosidad recibe el nombre de viscosidad aparente y es función de la relación de deformación (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 1999); son fluidos plásticos, que pueden presentar cierta elasticidad por debajo de un determinado umbral de presión de corte. Estos fluidos tienen una estructura compleja, en la cual intervienen, generalmente, dos fases como ocurre en emulsiones y suspensiones (Cheftel et al., 1983).

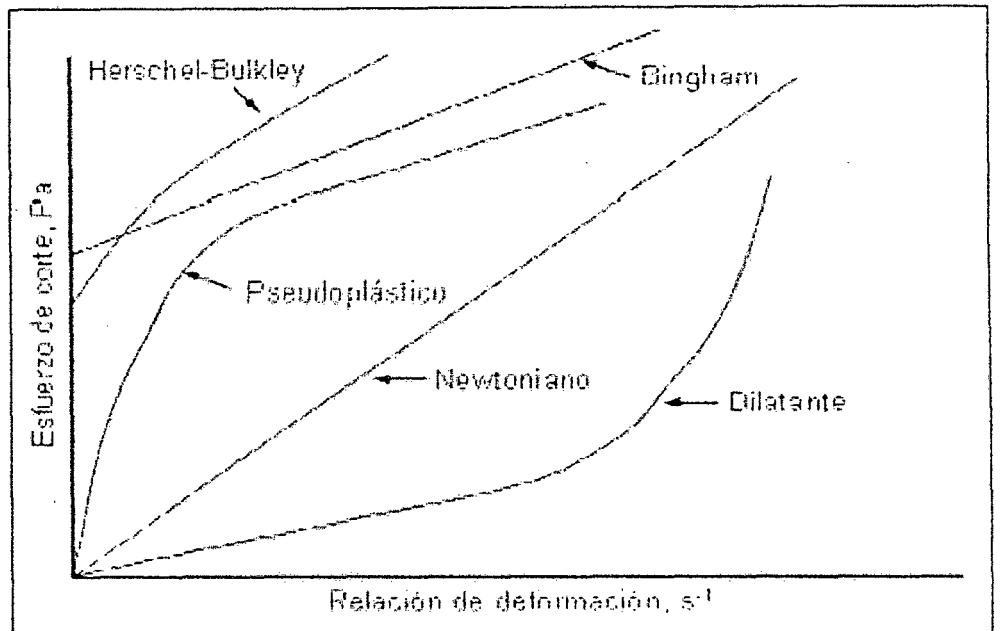


Figura 2. Viscosidad aparente en fluidos independientes del tiempo

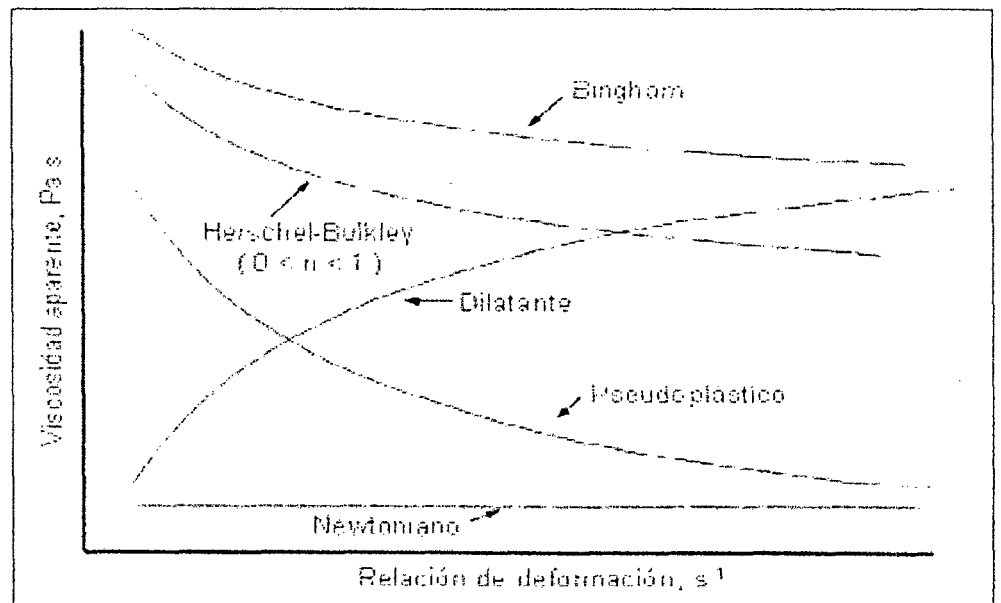


Figura 3. Reograma de fluidos independientes del tiempo.

1) Modelo Ley de potencia

Muchos fluidos alimenticios describen comportamiento pseudoplástico caracterizado utilizando un modelo de ley de potencia.

$$\sigma = K\gamma^n \quad (2)$$

Al dividir la ecuación (2) por la relación de deformación, se obtiene la ecuación que gobierna la viscosidad aparente en fluidos pseudoplásticos:

$$\eta = K\gamma^{n-1} \quad (3)$$

En este caso, la viscosidad aparente del fluido disminuye a medida que aumenta el esfuerzo de corte.

Según Rha, 1978, algunas causas atribuibles al comportamiento

Pseudoplástico son:

- Compuestos de alto peso molecular o partículas de gran tamaño.

- Alta interacción entre las partículas, provocando agregación por enlaces secundarios.
- Relación axial grande y asimetría de partículas, que requieren orientación a lo largo de la línea de flujo.
- Variaciones en el tamaño y forma de las partículas que permiten el apilamiento de ellas
- Partículas en estado no rígido o flexible que pueden sufrir cambios geométricos o conformacionales.

Jugos concentrados de frutas o vegetales, pastas, compota de manzana, pasta de almidón y proteínas (Rha, 1978). En general, los purés de frutas y vegetales son fluidos pseudoplásticos. La consistencia de estos productos es un parámetro importante de calidad (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 1999).

Si en la ecuación (2) el índice de comportamiento reológico n es mayor que la unidad ($1 < n < \infty$) el fluido es dilatante, lo cual corresponde al fenómeno

inverso de la pseudoplasticidad porque el fluido aumenta su viscosidad al aumentar la tasa de corte. Este tipo de flujo sólo se encuentra en líquidos que contienen una alta proporción de partículas rígidas insolubles en suspensión (Bourne, 1982). El comportamiento dilatante también es el resultado de factores similares a los listados anteriormente para un fluido pseudoplástico, sin embargo, la concentración y la variación en las formas del material juegan un papel aún más determinante en la dilatancia. Este fenómeno puede ser el resultado de partículas de variados tamaños y formas, estrechamente ajustadas y firmemente empaquetadas, de manera que el flujo llega a ser relativamente más difícil al incrementar la presión (Rha, 1978). Se citan como ejemplo algunos tipos de miel y soluciones de 40% de almidón de maíz crudo (Steffe, 1996).

2) **Modelo plástico de Bingham**

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 (Cheftel et al., 1983). Esto se expresa por:

$$\sigma = \sigma_0 + K\gamma \quad (4)$$

donde σ_0 es el esfuerzo cortante límite, por encima del cual se produce el derramamiento newtoniano.

Algunos ejemplos de fluidos alimentarios que presentan este comportamiento son: salsa de tomate, mayonesa, crema batida, clara de huevo batida y margarina (Bourne, 1982); condimentos tipo mostaza, mantequilla, salsa de chocolate y puré de patatas (Cheftel et al., 1983).

3) Modelo Herschel-Bulkley

Este modelo es una relación general para describir el comportamiento de fluidos no-newtonianos:

$$\sigma = \sigma_0 + K\gamma^n \quad (5)$$

Pueden ser considerados como casos especiales de esta ecuación, los comportamientos newtoniano, ley

de potencia (pseudoplástico o dilatante), y plástico de Bingham, citados anteriormente.

Ciertos alimentos que se ajustan al modelo de Herschel-Bulkley son pasta de pescado desmenuzado, pasta de pasas (Steffe, 1996); pastas basadas en harina de arroz (Mukprasirt et al., 2000); pasta de maní (Kokini y Dickie citados por Singh et al., 2000); puré de banana, durazno, papaya y mango (Guerrero y Alzamora, citado por Akdogan y Mchugh, 2000).

4) **Modelo de Casson**

Este modelo se utiliza mucho para calcular los valores del umbral de fluencia. σ_0 ha sido tomado como umbral de fluencia en numerosos trabajos (Charm, 1963; Tung et al., 1970; Rao et al., 1981). Este modelo se ha utilizado en el estudio del comportamiento de chocolate fundido (Chevalley, 1975), clara de huevo (Tung et al., 1970), derivados de tomate (Rao y Bourne, 1977). Muchos alimentos semilíquidos que se ajustan a la ecuación de Herschel-Bulkley, se ajustan también a la ecuación de Casson modificada (Barbosa y Peleg, 1983)

$$\sigma^{0.5} = \sigma_0^{0.5} + K\gamma^{0.5} \quad (6)$$

c) Fluidos no – newtonianos dependientes del tiempo

En este caso, la viscosidad aparente varía no sólo con el esfuerzo de corte, sino que también, para un esfuerzo de corte constante, varían con el tiempo de duración de la relación de deformación. Estos fluidos se clasifican en:

1) Fluidos Tixotrópicos.

Son aquellos cuya viscosidad disminuye con el tiempo manteniendo el esfuerzo de corte constante, por lo tanto, la viscosidad aparente depende no sólo de la relación de deformación, sino también de la duración (tiempo) de la deformación.

La estructura de estos fluidos es destruida debido al esfuerzo de corte aplicado, regenerándose dicha estructura cuando deja de actuar el esfuerzo de corte. Cuando se recupera el valor de la viscosidad inicial se habla de tixotropía reversible, y si no se alcanza de nuevo el valor original, de tixotropía irreversible (ej. jugo concentrado de naranjas) llamada también reomalaxia o reodestrucción. Este

fenómeno puede explicarse por la presencia entre las cadenas lineales de coloides hidrófilos, de enlaces hidrógeno que se rompen por la agitación y se reagrupan en el reposo (Müller, 1973; Steffe, 1996; Cheftel et al., 1983). Ejemplos típicos son los alimentos para niños basados en carne, vegetales, pescado, y postre de frutas (Alonso et al., 1995).

2) Fluidos Reopécticos.

En estos fluidos la viscosidad aumenta con el tiempo, cuando el esfuerzo de corte permanece constante. Antitixotropía y tixotropía negativa son sinónimos de reopexia. (Steffe, 1996). Este comportamiento implica la elaboración o reorganización de estructura, que trae consigo un aumento de la resistencia al flujo (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 1999).

3. Las constantes reológicas fundamentales.

Mientras que un líquido newtoniano, para una temperatura y presión dadas, presenta sólo un parámetro de viscosidad, las descripciones más simples de un líquido no-newtoniano consideran, como mínimo, dos parámetros: índice de consistencia ($K, \text{Pa s}^n$) e índice de comportamiento reológico (n). Algunos

fluidos también presentan un esfuerzo cortante límite o umbral de fluencia (σ_0 , Pa) (Barnes, 2001).

El coeficiente de consistencia K , es una constante de proporcionalidad entre la relación de deformación y el esfuerzo de corte aplicado que la produce. Es por lo tanto, un indicador del grado de viscosidad en fluidos no newtonianos. El índice de comportamiento reológico n , es un número adimensional que indica la cercanía al flujo newtoniano. Para un líquido newtoniano n es 1; para un fluido dilatante n es mayor que 1; y para un fluido pseudoplástico n es menor que 1.

El esfuerzo cortante límite puede ser definido como el mínimo esfuerzo de corte requerido para iniciar el flujo (Bourne, 1982; Steffe, 1996). Teóricamente, las propiedades reológicas fundamentales son independientes del instrumento en el cual son medidas, de manera que diferentes instrumentos producirán los mismos resultados; sin embargo, esto es un concepto ideal y diferentes instrumentos rara vez producen resultados idénticos; no obstante, el objetivo es distinguir las propiedades reológicas verdaderas del material de las caracterizaciones subjetivas (Steffe, 1996). Por ejemplo, se realizó un estudio con la colaboración de diversos países sobre medición de propiedades reológicas en función de K , n y σ_0 en fluidos alimenticios de

diferentes propiedades reológicas, determinadas con distintos viscosímetros de cilindros concéntricos, de cono y placa y, en una instancia, de placas paralelas. Se concluyó que todos los viscosímetros individuales fueron lo suficientemente precisos para propósitos de control de rutina dentro de un mismo laboratorio pero se observaron diferencias entre los resultados obtenidos de diferentes laboratorios. Estas diferencias, en general, aumentaron al elevarse la complejidad del material de prueba (Jowitt et al., 1983).

Es importante destacar que la ley de potencia citada en la ecuación (2) sólo es válida para el rango medido, la ecuación no permite la extrapolación de la gráfica. K y n carecen de bases físicas ya que la ecuación no es dimensionalmente homogénea y la constante de proporcionalidad no tiene dimensiones independientes del material cuya propiedad está describiendo. Son una pura descripción matemática de una gráfica experimental. Como se explicó anteriormente, la ecuación de ley de potencia presenta limitaciones en las bases teóricas. A pesar de ello, esta ecuación ha encontrado gran acogida en el mundo científico para expresar el comportamiento de muchos fluidos no newtonianos en términos de sólo dos parámetros. Al graficar el logaritmo de la viscosidad aparente y la relación de deformación,

la ecuación se reduce a una línea recta lo cual permite que el material sea reconocido instantáneamente.

La única justificación para utilizar la ley de potencia es el conocimiento pragmático de que ella ajusta los datos mejor que cualquier alternativa y cuando es así facilita la interpolación, por lo tanto debe mantenerse siempre en mente que esta ecuación es sólo una manera empírica de manipular los números obtenidos cuando se hacen mediciones reológicas (Müller, 1973; Prentice, 1984).

El esfuerzo cortante límite o umbral de fluencia es un concepto útil en reología de alimentos. Está incorporado en diseño de procesos alimentarios, evaluación sensorial y también está directamente relacionado con la esparcibilidad de alimentos fluidos (Rao; Daubert citados por Omura y Steffe, 2001).

El umbral de fluencia puede ser el resultado de enredos físicos de moléculas o partículas causado por grandes tamaños y alto grado de ramificaciones o formas irregulares; formación de redes causada por interacciones iónicas, covalentes, o secundarias intermoleculares o ínter partículas; apiñamiento como un resultado de la eliminación de solvente y del aumento de la interacción no específica entre moléculas o partículas (Rha, 1978).

Muchos investigadores han estudiado la medición del esfuerzo cortante límite, pero existe un desacuerdo general entre los diferentes métodos utilizados. De hecho, en las reuniones de la Sociedad de Reología así como también en conferencias internacionales es común que ocurran acaloradas discusiones acerca de si el esfuerzo cortante límite realmente existe. Algunos afirman que el esfuerzo cortante límite existe como una cantidad bien definida. Otros mantienen que el esfuerzo cortante límite realmente no existe (Cheng, 1986; Hartnett y Hu, citado por Steffe, 1996)

Existen muchas maneras de evaluar el esfuerzo cortante límite y ninguna puede ser identificada como la "mejor" técnica. Diferentes aplicaciones requieren diferentes métodos. Un método común de obtener el valor de σ_0 es extrapolar la curva de esfuerzo de corte versus relación de deformación hacia el intercepto del eje de esfuerzo de corte a cero relación de deformación. Los valores obtenidos por este método estarán fuertemente influenciados por el modelo reológico y el rango de relación de deformación seleccionado para representar los datos. Los valores de esfuerzo cortante límite publicados actualmente están definidos por las técnicas reológicas y las suposiciones utilizadas en la medición. Un esfuerzo cortante límite absoluto es una propiedad difícil de conseguir (Steffe, 1996).

El método de paletas ha sido establecido como un método rápido, simple y confiable de medir el umbral de fluencia de alimentos. La precisión del método de paletas ha sido confirmada por estudios que involucran comparaciones directas con otros métodos tradicionales. La utilidad del método de paletas para alimentos ha sido demostrada para un amplio rango de productos: helado, varias dispersiones alimenticias tales como productos de tomate y alimentos infantiles, así como también en pasta de maní y margarina (Omura y Steffe, 2001). El método de paletas es un método rápido, fácil y confiable para la caracterización de espumas de proteínas (Pernell et al., 2000).

Por otra parte, el viscosímetro centrífugo permite predecir exitosamente umbrales de fluencia de alimentos fluidos que son comparables a aquellos medidos usando el método de paleta para ciertos alimentos untables tales como queso crema, queso Neufchatel, mantequilla de maní y margarina. El descenso repentino en el material inducido por la aceleración centrífuga es una función única del esfuerzo cortante límite. El viscosímetro centrífugo promete ser un indicador confiable y de bajo costo del umbral de fluencia (Omura y Steffe, 2001).

III. MATERIALES Y METODOS

A. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo fue desarrollado en la Universidad Nacional Agraria De La Selva, específicamente en los laboratorios de la facultad de Ingeniería Industrias Alimentarias.

B. MATERIALES

1. Equipos y materiales utilizados.

- baño termostático
- viscosímetro
- pipeta de 10 ml
- vaso de 50 ml
- jeringa de 25 ml
- frasco lavador
- cronómetro
- computadora Pentium IV.
- Software Visual Basic 6.0

2. Software de validación.

Para validar el presente trabajo, se utilizaron los siguientes programas:

- SPSS versión 10.0
- Microsoft Excel
- Sistema Computarizado para el cálculo de parámetros reológicos de alimentos líquidos SCPR.

SCPR. Fue desarrollado en 1997, motivado por la inquietud del Ing. Msc. Luis Alberto Condezo Hoyos por proveer de una herramienta de cálculo a los estudiantes e investigadores involucrados con estudios reológicos de alimentos líquidos.

SCPR, fue puesto a prueba en la segunda mitad del mismo año, en el curso de Ingeniería de alimentos Avanzada dictada para los estudiantes de la especialidad de Tecnología de Alimentos de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Posteriormente, fue introducido en el curso de Reología de Alimentos ofrecido en la Universidad Nacional Agraria De La Selva, donde en virtud a la activa Participación de los estudiantes, se logró verificar su correcto Funcionamiento.

C. MÉTODOS

A continuación se describen los procedimientos y protocolos con el objetivo de obtener los parámetros reológicos objetivo del presente trabajo de investigación.

1. Velocidad angular.

Las lecturas de velocidad angular para los viscosímetros rotacionales Brookfield modelos LVT y RVT según el manual están dados en (rpm), como se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Velocidades en rpm de los viscosímetros rotacionales de cilindros concéntricos.

MODELO	NUMERO DE SPINDLES	NUMERO DE VELOCIDADES	VELOCIDADES (RPM)
LVT	4	8	0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12, 30, 60
RVT	7	8	0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20, 50, 100

FUENTE: BROOCKFIELD

Sin embargo para determinar la velocidad de deformación, se necesita la velocidad angular en (rad/s), por lo tanto se utilizó la siguiente ecuación de conversión.

$$\Omega = \left(\frac{2\pi}{60}\right)N \quad (7)$$

2. Esfuerzo de corte.

El esfuerzo cortante se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{M}{2\pi Rb^2 hb} \quad (8)$$

$$M = \frac{Tm * Ld}{100} \quad (9)$$

3. Velocidad de deformación.

a) Simple corte.

Steffe (1992), menciona que este método es aplicable cuando $R_c - R_b \ll R_b$, de modo que la curvatura de las paredes es despreciable y el sistema se aproxima a un corte simple. La velocidad de deformación se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma = \frac{\Omega}{\alpha - 1} \quad (10)$$

$$\alpha = \frac{Rc}{Rb} \quad (11)$$

b) Aproximación Newtoniana.

Aplicable cuando el fluido es newtoniano, la velocidad de deformación se define como:

$$\gamma = 2 \Omega \left(\frac{\alpha^2}{\alpha^2 - 1} \right) \quad (12)$$

Frecuentemente, los viscosímetros comerciales emplean esta ecuación para aproximar la velocidad de deformación.

c) Ley de potencia.

Adecuado para fluidos que describen un comportamiento ley de potencia.

$$\frac{dv}{dy} = \frac{2 \Omega}{n} \left(\frac{\alpha^{2/n}}{\alpha^{2/n} - 1} \right) \quad (13)$$

$$n = \frac{d(\ln M)}{d(\ln \Omega)} \quad (14)$$

n : pendiente de la velocidad angular(rad/s) y las lecturas del Dial (Nm)

d) Krieger

$$S=1/n$$

$$\gamma = \frac{2 \Omega}{s} \left[\frac{\alpha^{\frac{2}{s}}}{\alpha^{\frac{2}{s}} - 1} \right] \quad (15)$$

4. Modelos Reológicos

Los modelos reológicos que se desarrollaron en esta aplicación son:

Modelo de Ostwald

Modelo de Casson

Modelo de Bingham

Modelo de Herschel Bulkley

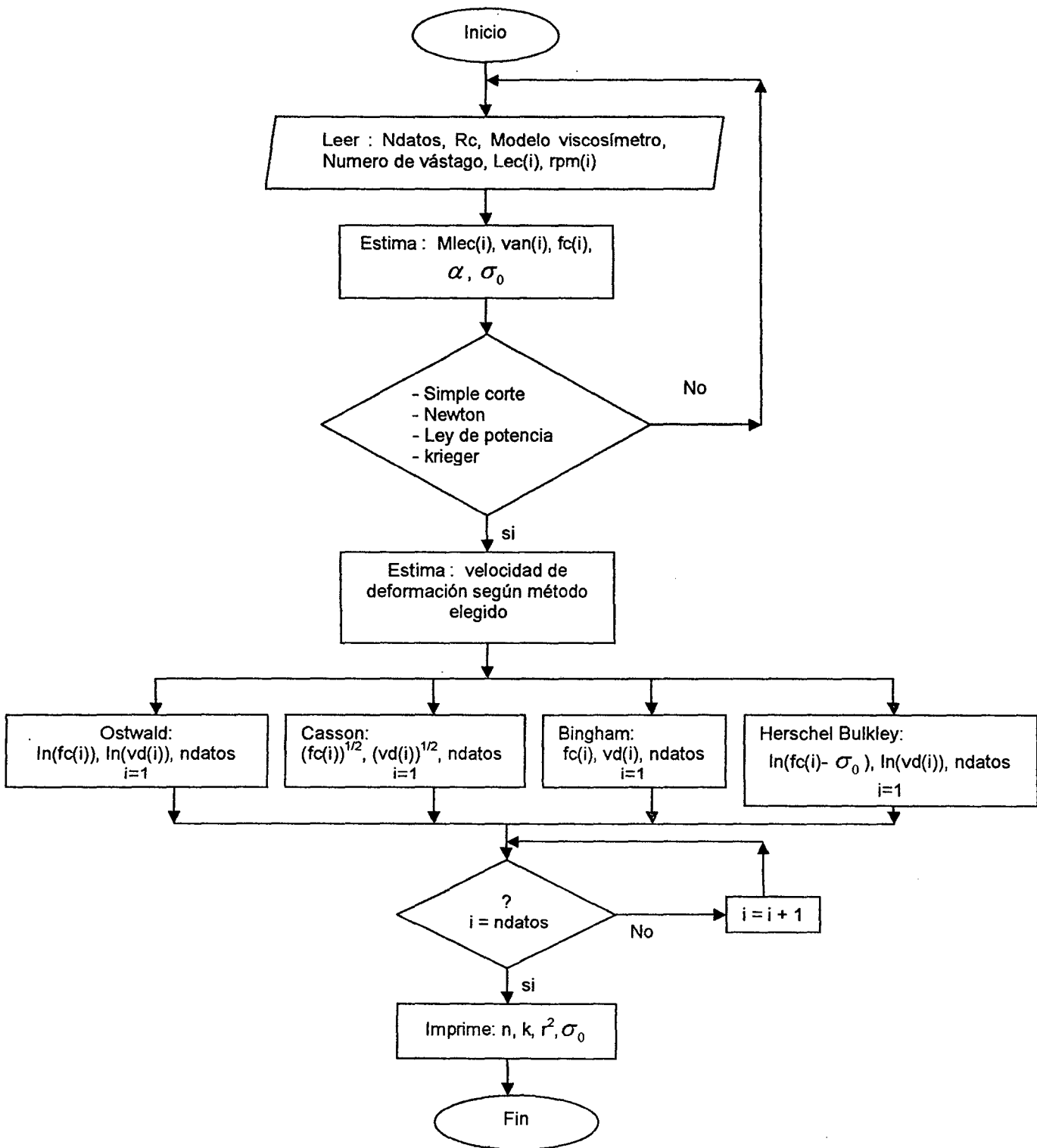


Figura 4. Diagrama Básico de flujo del programa.

5. Descripción de variables.

i : contador que tiene como valor mínimo 1 y valor máximo ndatos.

ndatos : variable que almacena la cantidad de datos que el experimentador ah realizado en el laboratorio.

Rc : radio del contenedor

Modelo : se refiere al viscosímetro rotacional Broockfield usado que puede ser LVT ó RVT.

N° de vástago: este número identifica las dimensiones de los husillos como son diámetro, altura.

Lec(i) : valores numéricos de lecturas (Dinas.cm) a partir de cada velocidad de rotación del husillo.

Rpm(i) : valores en rpm de la velocidad angular que el operador configura en el equipo ver cuadro 1.

Van(i) : velocidad angular en rad/s.

Mlec(i) : lectura convertidas a N.m

α : relación (R_c/R_v) Radio del contenedor entre radio del Vástago.

σ_0 : Umbral de fluencia

Método : los métodos para estimar la velocidad de deformación son: simple corte, Newton, ley de potencia y krieger.

Vd(i) : velocidad de deformación (1/s)

n : Índice de flujo

K : Índice de consistencia
r² : coeficiente de determinación.

6. Descripción del Algoritmo.

Ingreso de datos. Para efectuar los cálculos Reosoft v 1.0 (Nombre del software) solicita el ingreso de los siguientes datos: número de datos, radio del contenedor, lecturas del dial, velocidad rpm del dial y paralelamente se debe ingresar el modelo de viscosímetro Brookfield que puede ser LVT o RVT y el número de vástago que se utilizó; El modelo de viscosímetro y número de vástago se encuentran almacenadas en una base de datos creada en Microsoft Access 2000, este archivo llamado datos.mdb contiene los datos geométricos como son diámetro y altura de cada vástago.

Calculo de esfuerzo cortante, velocidad angular, alfa y umbral de fluencia. el esfuerzo cortante se calcula mediante las ecuaciones (8) y (9), la velocidad angular en rad/s se calcula mediante la ecuación (7), alfa mediante la ecuación (11) y el umbral de fluencia se calcula mediante extrapolación este valor se muestra cuando el usuario elige el modelo Herschel Bulkley.

Calculo de la velocidad de deformación. La velocidad de deformación se calcula mediante las ecuaciones (10), (11), (12), (13) y (14).

Para el caso de que el usuario elija el método ley de potencia y krieger reosoft calcula el valor de n , este valor no debe confundirse con el índice de flujo por que se calcula de la regresión lineal logaritmo natural de la velocidad angular(rad/s) versus logaritmo natural de las lecturas del dial (Nm) por otro lado el valor de s es la inversa del valor de n ecuación (14).

Calculo de parámetros reológicos:

Ostwald. Este modelo utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma = K\gamma^n$$

Linealizando se obtiene,

$$\ln \sigma = \ln k + n \ln \gamma$$

luego n viene hacer la pendiente de la recta y $\ln k$ el intercepto con el eje y .

Bingham. Este modelo no necesita linealización por lo tanto K es la pendiente de recta, el umbral de fluencia es la intersección con el eje de las ordenadas y el índice de flujo es igual a la unidad.

$$\sigma = \sigma_0 + K\gamma$$

Casson.

Este modelo determina los parámetros reológicos previo cálculo de la raíz cuadrada de los valores de σ versus γ , luego se procede a estimar los parámetros reológicos mediante regresión lineal, donde índice de flujo es igual a 0.5, k es la pendiente de la recta y σ_0 es el intercepto con las ordenadas.

$$\sigma^{0.5} = \sigma_0^{0.5} + K\gamma^{0.5}$$

Herschel Bulkley.

$$\sigma = \sigma_0 + K\gamma^n$$

Linealizando se obtiene

$$\ln(\sigma - \sigma_0) = \ln k + n \ln \gamma$$

Para este modelo en primer lugar se calcula el valor del umbral de fluencia mediante extrapolación de datos cuando la velocidad de deformación es igual a cero. Teniendo este valor se procede a calcular los parámetros similar al modelo de Ostwald.

IV. RESULTADOS

Reosoft V 1.0 utiliza el siguiente algoritmo general para efectuar los cálculos que son objetivos de este trabajo de investigación, que se muestra en la figura 5. Según el diagrama de flujo después de haberse cargado el programa, el usuario debe ingresar los siguientes datos; número de datos: equivale a decir el número de lecturas efectuadas en el análisis, cada lectura es obtenida haciendo variar la velocidad de rotación en (rpm); radio del contenedor: es necesario porque las ecuaciones que estiman la velocidad de deformación y esfuerzo cortante están en función de él; el modelo es importante porque de él depende el número de vástago a utilizar, este a su vez identifica la geometría y las dimensiones de cada huso; y por último se ingresan los datos de lectura del dial y la velocidad angular en rpm.

Una vez ingresado los datos anteriores reosoft calcula el esfuerzo cortante (Pa), Velocidad angular en (rad/s), la relación entre radio del contenedor y radio del vástago (R_c/R_v) y umbral de fluencia.

Luego el usuario debe elegir un método para estimar la velocidad de deformación y también el modelo para estimar los parámetros reológicos; reosoft utiliza rutinas de linealización para los cuatro modelos como son: Ostwald, Casson, Bingham y Herschel Bulkley.

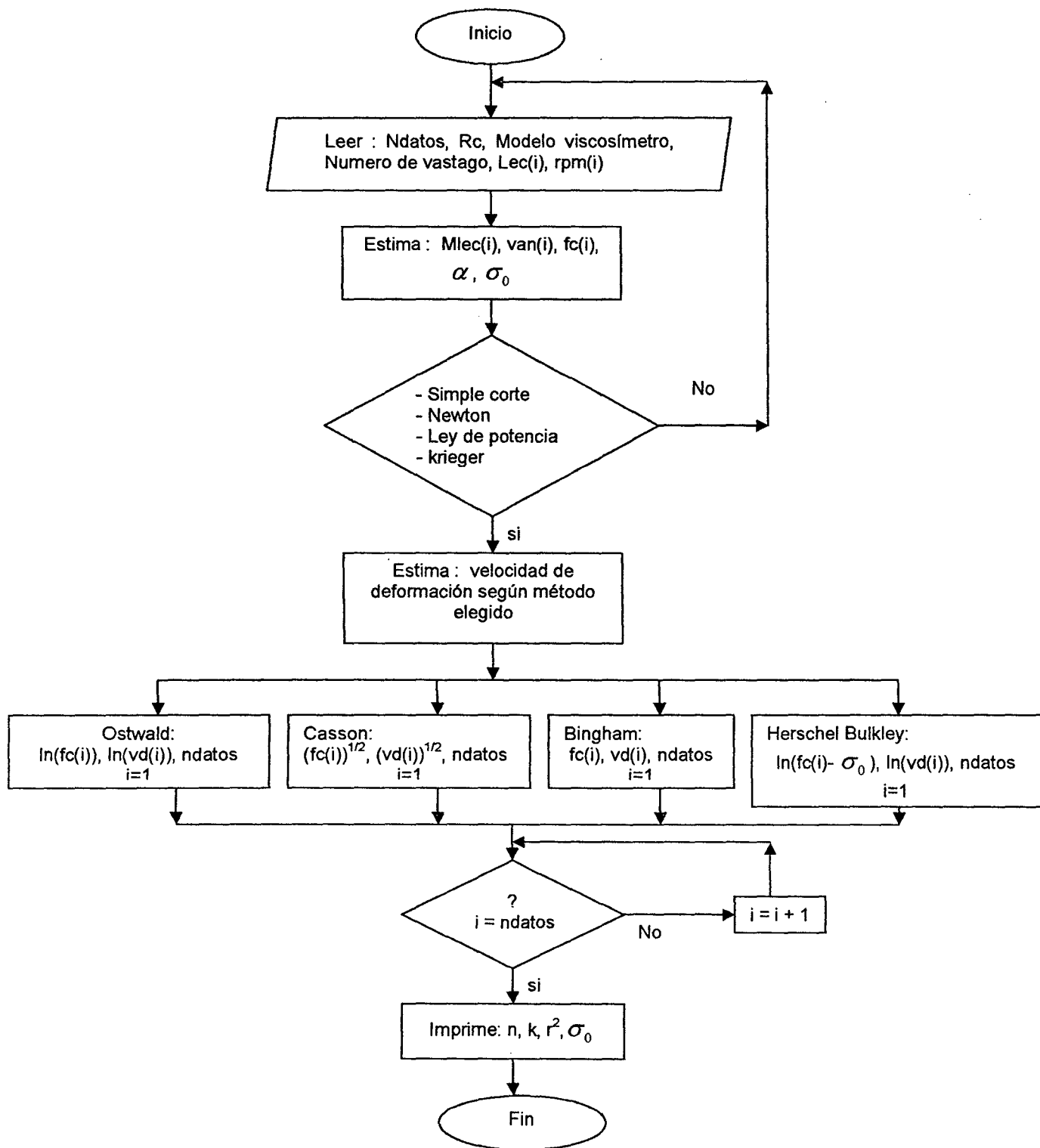


Figura 5. Diagrama general de flujo para reosoft V 1.0.

Interfaz Grafica:

A continuación se detalla la interfaz gráfica de Reosoft V1.0

The screenshot shows the Reosoft V1.0 application window. At the top, there is a menu bar with 'Archivo', 'Configuración Regional', and 'Acerca de...'. Below the menu bar is a text field for 'Nombre Archivo' containing 'Leche condensada'. To the right of this field are three buttons: 'Nuevo', 'Guardar', and 'Eliminar'. The main area is divided into two sections: 'Datos del Equipo' and 'Datos experimentales'. The 'Datos del Equipo' section contains four input fields: 'Número de datos' (7), 'Radio del recipiente (mm)' (45.3), 'Modelo' (RVT), and 'Vástago N°' (vástago 1). To the right of these fields is a small image of a laboratory instrument. The 'Datos experimentales' section contains a table with three columns: 'n°', 'velocidad (rpm)', and 'Lectura (Dinas.cm)'. The table has seven rows of data. At the bottom of the window, there are four buttons: 'Configuración Regional', 'Calculadora', 'Continuar', and 'Abandonar'. The status bar at the very bottom shows 'Fecha: 23/07/2006' and 'Hora: 9:53'.

n°	velocidad (rpm)	Lectura (Dinas.cm)
1	1	13.5
2	2.5	17.66
3	5	25
4	10	30.166
5	20	38.83
6	50	51
7	100	

Figura 6. Ventana de ingreso de datos

Esta es la ventana principal de Reosoft porque en ella se hace la introducción de todos los datos necesarios para su correcto funcionamiento, también se puede realizar la configuración numérica en caso de que el sistema utilice como símbolo decimal la coma (,) debe ser cambiado por el punto (.), antes de realizar cualquier cálculo.

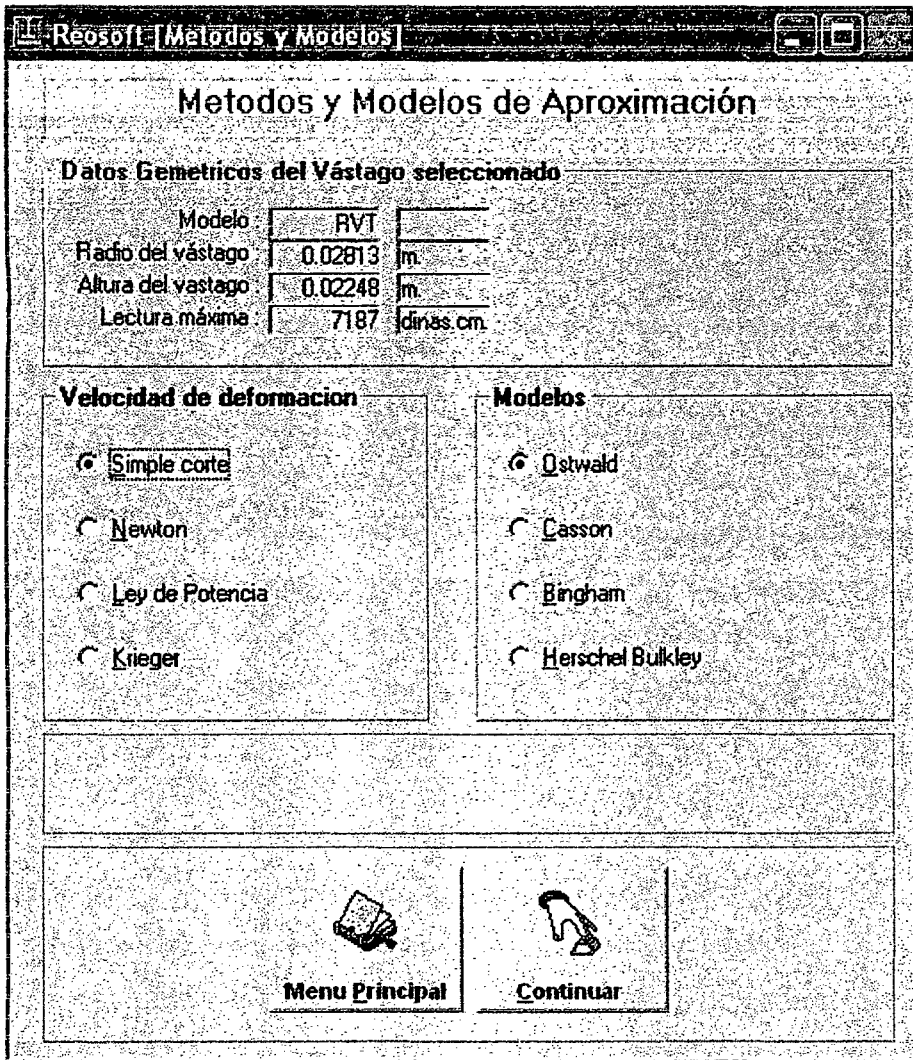


Figura 7. Ventana Métodos y Modelos

Esta ventana en la parte superior nos muestra los datos geométricos del vástago usado, y en la parte intermedia nos muestra los métodos de cálculo para la velocidad de deformación y los modelos para estimar los parámetros reológicos.

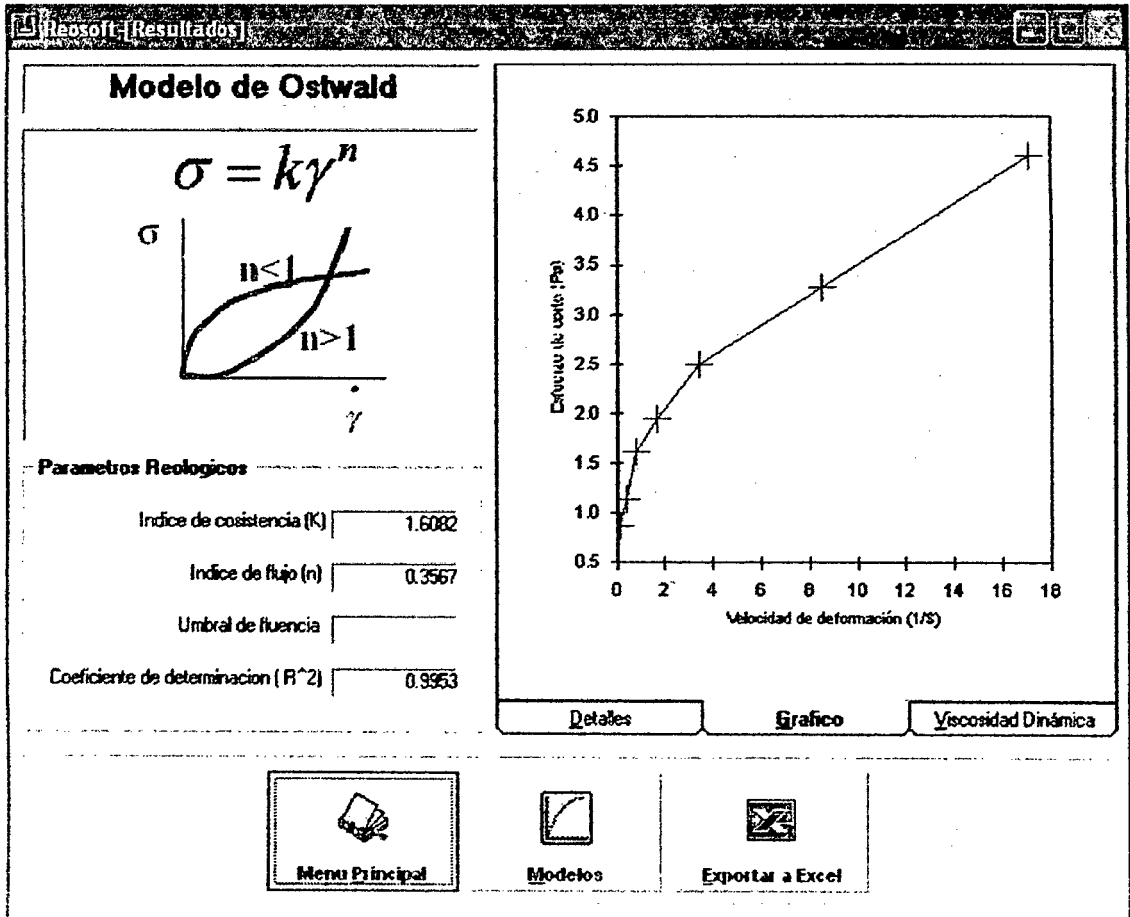


Figura 8. Ventana de Resultados

Muestra los cálculos efectuados, como son parámetros reológicos, Índice de consistencia (k), Índice de flujo, umbral de fluencia y coeficiente de determinación. También en la parte derecha hay una objeto con tres pestañas, por defecto se puede apreciar la pestaña Gráfico, y las fichas detalles y viscosidad aparente están ocultas.

La pestaña detalles muestra una tabla con los datos de velocidad angular en (rad/s), Velocidad de deformación (1/s), esfuerzo de corte (pa).

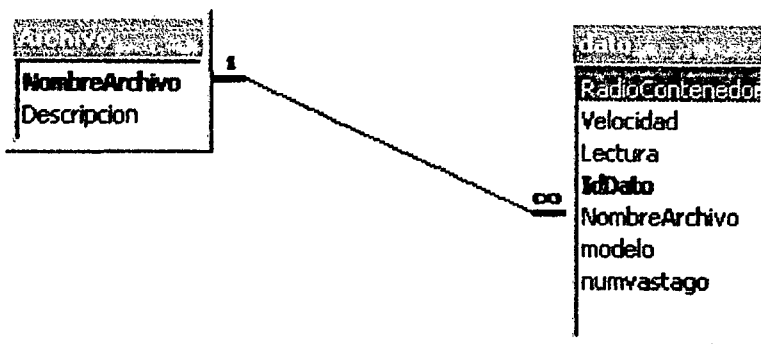
La pestaña Viscosidad aparente es una ficha para calcular la viscosidad aparente con tan solo ingresar un valor de velocidad de deformación.

Base de datos:

La base de datos fue desarrollada en Microsoft Access 2000, fue creada por dos fines: primero para hacer que la aplicación sea flexible, en el sentido de que se pueda agregar datos geométricos de otros modelos de viscosímetros rotacionales de cilindros concéntricos; y segundo con el objetivo de almacenar datos reológicos de los análisis realizados por los investigadores del área de reología; esta base de datos esta formada por las tablas.



Las tablas **Archivo** y **dato** sirven para almacenar los datos reológicos obtenidos en laboratorio, según la siguiente relación.



Las tablas **Maestro**, **ta_lvt** y **ta_rvt** almacenan los datos geométricos de los vástagos para los viscosímetros LVT y RVT

Cuadro 2. Dimensiones del set de vástagos para el viscosímetro modelo RVT.

Nombre	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Máxima (Dinas.cm)
Vástago 1	56.26	22.48	7187
Vástago 2	46.93	1.65	7187
Vástago 3	34.69	1.65	7187
Vástago 4	27.30	1.65	7187
Vástago 5	21.14	1.65	7187
Vástago 6	14.62	1.57	7187
Vástago 7	3.20	50.37	7187

Cuadro 3. Dimensiones del set de vástagos para el viscosímetro modelo LVT.

Nombre	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Máxima (Dinas.cm)
Vástago 1	18.84	65.10	673.70
Vástago 2	18.72	6.86	673.70
Vástago 3	12.60	1.78	673.70
Vástago 4	3.20	31.01	673.70

Código:

El código desarrollado en visual Basic 6.0 se muestra a continuación:

Declaración de variables globales contenidas en el archivo

```
Option Explicit
Global Matriz() As Double :
Global Const pi = 3.1416
Global ndatos, i As Integer
Global Rc, Rv, Hv, Lmv As Double
Global k, k1, n, Tao, Tao1, cd, Taohb As Double
Global umsc, umn, umlp, umk As Double
Global alfa As Double
Global rpm(1 To 100) As Double
Global Lec(1 To 100) As Double
Global Mlec(1 To 100) As Double
Global van(1 To 100) As Double
Global fc(1 To 100) As Double
Global vdsc(1 To 100) As Double
Global vdn(1 To 100) As Double
Global vdlp(1 To 100) As Double
Global vdk(1 To 100) As Double
Global vd(1 To 100) As Double
Global vdc(1 To 100) As Double
modelo de casson
Global cdc(1 To 100) As Double 'variable
Global fchb(1 To 100) As Double
Global fcsc(1 To 100) As Double
Global fcn(1 To 100) As Double
Global fclp(1 To 100) As Double
Global fck(1 To 100) As Double
Global fcc(1 To 100) As Double
Global NombreMetodo As String
Global NombreModelo As String
```

FUNCION P1. esta función calcula de la recta de regresión lineal, velocidad de deformación versus esfuerzo cortante.

```
Function P1(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double
Dim sx, sy, sxy, sx2, d1 As Double
Dim i As Integer
sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0

For i = 1 To m
    sx = sx + X(i)
    sy = sy + Y(i)
    sxy = sxy + X(i) * Y(i)
    sx2 = sx2 + (X(i)) ^ 2
Next i

d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))
P1 = ((m * sxy) - (sx * sy)) / d1
End Function
```

FUNCION A1. Esta función calcula el valor de la intersección de la recta de regresión con el Esfuerzo cortante (eje Y); cuando el valor velocidad de deformación (eje X), equivale a cero.

```
Function A1(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double
Dim sx, sy, sxy, sx2, d1 As Double
Dim i As Integer
sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0

For i = 1 To m
    sx = sx + X(i)
    sy = sy + Y(i)
    sxy = sxy + X(i) * Y(i)
    sx2 = sx2 + (X(i)) ^ 2
Next i

d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))
A1 = ((sy * sx2) - (sx * sxy)) / d1
End Function
```


FUNCION R1. función que calcula el coeficiente de determinación en la recta de regresión.

```
Function R1(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double
Dim sx, sy, sxy, sx2, d1, d2, sy2, R As Double
Dim i As Integer
sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0: sy2 = 0

For i = 1 To m
    sx = sx + X(i)
    sy = sy + Y(i)
    sxy = sxy + X(i) * Y(i)
    sx2 = sx2 + (X(i)) ^ 2
    sy2 = sy2 + (Y(i)) ^ 2
Next i

d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))
d2 = ((m * sy2) - (sy ^ 2))
R = ((m * sxy) - (sx * sy)) / (d1 * d2) ^ 0.5
R1 = R ^ 2
End Function
```

FUNCIÓN P2. La siguiente función calcula la pendiente de la dispersión de datos en los siguientes ejes. $\ln(\gamma)$ versus $\ln(\sigma)$

```
Function P2(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double
Dim sx, sy, sxy, sx2, d1 As Double
Dim i As Integer
sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0

For i = 1 To m
    sx = sx + Log(X(i))
    sy = sy + Log(Y(i))
    sxy = sxy + Log(X(i)) * Log(Y(i))
    sx2 = sx2 + (Log(X(i))) ^ 2
Next i

d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))
P2 = ((m * sxy) - (sx * sy)) / d1
End Function
```

FUNCIÓN A2. Función que calcula el valor de la intersección de la recta de regresión con el eje $\ln(\sigma)$.

```
Function A2(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double
Dim sx, sy, sxy, sx2, d1 As Double
Dim i As Integer
sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0
```

```
For i = 1 To m
  sx = sx + Log(X(i))
  sy = sy + Log(Y(i))
  sxy = sxy + Log(X(i)) * Log(Y(i))
  sx2 = sx2 + (Log(X(i))) ^ 2
Next i
```

```
d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))
A2 = ((sy * sx2) - (sx * sxy)) / d1
End Function
```

FUNCION R2.

```
Function R2(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double
Dim sx, sy, sxy, sx2, sy2, d1, d2, R As Double
Dim i As Integer
sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0: sy2 = 0
```

```
For i = 1 To m
  sx = sx + Log(X(i))
  sy = sy + Log(Y(i))
  sxy = sxy + Log(X(i)) * Log(Y(i))
  sx2 = sx2 + (Log(X(i))) ^ 2
  sy2 = sy2 + (Log(Y(i))) ^ 2
Next i
```

```
d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))
d2 = ((m * sy2) - (sy ^ 2))
R = ((m * sxy) - (sx * sy)) / (d1 * d2) ^ 0.5
R2 = R ^ 2
End Function
```

La siguiente rutina calcula los valores de:

- Lectura del dial en (Nm)
- Velocidad angular (rad/s)
- Esfuerzo cortante (Pa)
- Relación radio del contenedor entre radio del vástago

```
Private Sub cmdContinuar_Click()
Dim j As Integer
Set rs = Adodc1.Recordset
rs.Find "nombre=" & DataCombo2.Text & """, , , 1
Dim comp(3)
Dim conta, f As Integer
Dim exe As Integer
For conta = 1 To 3 Step 1
    comp(conta) = rs(conta)
Next
f = 1
While f < 4
    comp(f) = comp(f)
    f = f + 1
Wend
Rv = (comp(1) / 1000) / 2
Hv = comp(2) / 1000
Lmv = comp(3)
For i = 1 To ndatos
    rpm(i) = Val(msFlexg.TextMatrix(i, 1))
    Lec(i) = Val(msFlexg.TextMatrix(i, 2))
    Mlec(i) = Lec(i) / 10000000
    van(i) = (rpm(i) * 2 * pi / 60)
    fc(i) = (Mlec(i) * Lmv / 100) / (2 * pi * (Rv ^ 2) * Hv)
Next i
alfa = (Rc / 1000) / Rv
Form1.Hide
Form2.Show
End Sub
```

El siguiente código calcula los siguientes valores:

- Velocidad de deformación por los cuatro métodos; simple corte, Newtoniano, Ley de potencia y Krieger.
- Umbral de fluencia para el modelo Herschel Bulkley

```

Private Sub Form_Load()
Move (Screen.Width - Width) / 2, (Screen.Height - Height) / 2
Dim nlp, pot, potk, s As Double
Form2.Caption = "Reosoft-[Métodos y Modelos]"
nlp = P2(van(), Mlec(), ndatos)
pot = 2 / nlp
s = 1 / nlp
potk = 2 / s
For i = 1 To ndatos
    vdsc(i) = (van(i) / (alfa - 1))
    vdn(i) = (2 * van(i) * (alfa ^ 2)) / ((alfa ^ 2) - 1)
    vdlp(i) = (2 * van(i) / nlp) * ((alfa ^ pot) / ((alfa ^ pot) - 1))
    vdk(i) = (2 * van(i) / s) * (alfa ^ potk) / ((alfa ^ potk) - 1)
    fcc(i) = (fc(i)) ^ 0.5
Next i
umsc = (vdsc(2) * fc(1) - vdsc(1) * fc(2)) / (vdsc(2) - vdsc(1))
umn = (vdn(2) * fc(1) - vdn(1) * fc(2)) / (vdn(2) - vdn(1))
umlp = (vdlp(2) * fc(1) - vdlp(1) * fc(2)) / (vdlp(2) - vdlp(1))
umk = (vdk(2) * fc(1) - vdk(1) * fc(2)) / (vdk(2) - vdk(1))
For i = 1 To ndatos
    fcsc(i) = fc(i) - umsc
    fcn(i) = fc(i) - umn
    fclp(i) = fc(i) - umlp
    fck(i) = fc(i) - umk
Next i
lblModelo.Caption = Form1.DataCombo1.Text
lblRv.Caption = Format(Rv)
lblHv.Caption = Format(Hv)
lblLmv.Caption = Format(Lmv)
End Sub

```

El procedimiento Metodos realiza el almacenamiento temporal de variables para realizar los cálculos de parámetros reológicos.

```

Public Sub Metodos()
If OptSc.Value = True Then
  NombreMetodo = "Simple corte"
  Taohb = umsc
  For i = 1 To ndatos
    vd(i) = vdsc(i)
    vdc(i) = (vdsc(i)) ^ 0.5
    fchb(i) = fcsc(i)
  Next i
End If
If OptN.Value = True Then
  NombreMetodo = "Newton"
  Taohb = umn
  For i = 1 To ndatos
    vd(i) = vdn(i)
    vdc(i) = (vdn(i)) ^ 0.5
    fchb(i) = fcn(i)
  Next i
End If
If OptLp.Value = True Then
  NombreMetodo = "Ley de Potencia"
  Taohb = umlp
  For i = 1 To ndatos
    vd(i) = vdlp(i)
    vdc(i) = (vdlp(i)) ^ 0.5
    fchb(i) = fclp(i)
  Next i
End If
If OptK.Value = True Then
  NombreMetodo = "Krieger"
  Taohb = umk
  For i = 1 To ndatos
    vd(i) = vdk(i)
    vdc(i) = (vdk(i)) ^ 0.5
    fchb(i) = fck(i)
  Next i
End If
End Sub

```

Cálculo de Parámetros reológicos haciendo llamadas a las funciones citadas anteriormente.

```

Private Sub cmdContinuar_Click()
If optOstwald.Value = True Then
  Metodos
  NombreModelo = "Ostwald"
  k1 = A2(vd(), fc(), ndatos)
  k = Exp(k1)
  n = P2(vd(), fc(), ndatos)
  cd = R2(vd(), fc(), ndatos)
End If
If optCasson.Value = True Then
  NombreModelo = "Casson"
  Metodos
  k = P1(vdc(), fcc(), ndatos)
  n = 0.5
  Tao1 = A1(vdc(), fcc(), ndatos)
  Tao = Tao1 ^ 2
  cd = R1(vdc(), fcc(), ndatos)
End If
If optBingham.Value = True Then
  Metodos
  NombreModelo = "Bingham"
  k = P1(vd(), fc(), ndatos)
  n = 1
  Tao = A1(vd(), fc(), ndatos)
  cd = R1(vd(), fc(), ndatos)
End If
If optHerschelB.Value = True Then
  Metodos
  NombreModelo = "Herschel Bulkley"
  k1 = A2(vd(), fchb(), ndatos)
  k = Exp(k1)
  n = P2(vd(), fchb(), ndatos)
  cd = R2(vd(), fchb(), ndatos)
  Tao = Taohb
End If
Form3.Show
Form2.Hide
End Sub

```

Validación.

Para validar esta aplicación se utilizó hojas de calculo en Microsoft Excel, programa S.C.P.R. desarrollado por el Ing. Msc Luis Alberto Condezo Hoyos. Y SPSS versión 10.0.

La validación se realizó bajo 2 niveles

Nivel 1. Se verificó el correcto funcionamiento de las siguientes estimaciones: velocidad angular (rad/s), velocidad de deformación (1/s), en los cuatro métodos y esfuerzo cortante (Pa). Comparando con los cálculos realizados con el programa S.C.P.R. que se muestra a continuación en los siguientes Cuadros.

Cuadro 4. Resultados calculados por las aplicaciones Reosoft y SCPR, para el esfuerzo cortante en (Pa).

N°	ESFUEZO CORTANTE (Pa)	
	REOSOFT	SCPR
1	0.8681	0.8680
2	1.1356	0.1360
3	1.6076	0.6080
4	1.9398	1.9400
5	2.4969	2.4970
6	3.2795	3.2790
7	4.6080	4.6080

Cuadro 5. ANVA para los cálculos de esfuerzo de corte.

FUENTE DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	F Calc.	F Tabla $\alpha=0.05$
Entre grupos	0.2856	1	0.2856	0.1332	4.7472
Dentro de los grupos	25.7176	12	2.1431		
TOTAL	26.0032	13			

Cuadro 6. Resultados calculados por las aplicaciones Reosoft y SCPR de la velocidad de deformación mediante el método simple corte (1/s).

N°	VELOCIDAD DEFORMACIÓN (1/S)	
	REOSOFT	SCPR
1	0.1716	0.1720
2	0.4289	0.4290
3	0.8578	0.8580
4	1.7157	1.1760
5	3.4313	3.4310
6	8.5783	8.5780
7	17.1565	17.1570

Cuadro 7. ANVA para los cálculos de velocidad de deformación por el método simple corte.

FUENTE DE VARIACION	SC	GL	CM	F Calc.	F Tabla $\alpha=0.05$
Entre grupos	0.0208	1	0.0208	0.0005	4.7472
Dentro de los grupos	471.7650	12	39.3137		
TOTAL	471.7857	13			

Cuadro 8. Resultados calculados por las aplicaciones Reosoft y SCPR de la velocidad de deformación mediante el método Newtoniano (1/s).

N°	VELOCIDAD DEFORMACIÓN (1/S)	
	REOSOFT	SCPR
1	0.3409	0.3410
2	0.8522	0.8520
3	1.7044	1.7040
4	3.4089	3.4090
5	6.8178	6.8180
6	17.0444	17.0440
7	34.0888	34.0890

Cuadro 9. ANVA para los cálculos de velocidad de deformación por el método Newtoniano.

FUENTE DE VARIACION	SC	GL	CM	F Calc.	F Tabla $\alpha=0.05$
Entre grupos	1.14E-08	1	1.14E-08	7.42E-11	4.7472
Dentro de los grupos	1.85E+03	12	154.0923		
TOTAL	1.849E+03	13			

Cuadro 10. Resultados calculados por las aplicaciones Reosoft y SCPR de la velocidad de deformación mediante el método Ley de potencia (1/s).

N°	VELOCIDAD DEFORMACIÓN (1/S)	
	REOSOFT	SCPR
1	0.6307	0.6310
2	1.5768	1.5770
3	3.1537	3.1540
4	6.3074	6.3070
5	12.6148	12.6150
6	31.5369	31.5370
7	63.0739	63.0740

Cuadro 11. ANVA para los cálculos de velocidad de deformación por el método ley de potencia.

FUENTE DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	F Calc.	F Tabla $\alpha=0.05$
Entre grupos	4.57E-08	1	4.57E-08	8.67E-11	4.74722
Dentro de los grupos	6330.4645	12	527.5387		
TOTAL	6330.4645	13			

Cuadro 12. Resultados calculados por las aplicaciones Reosoft y SCPR de la velocidad angular (rad/s).

N°	VELOCIDAD ANGULAR (rad/s)	
	REOSOFT	SCPR
1	0.1047	0.1050
2	0.2618	0.2620
3	0.5236	0.5240
4	1.0472	1.0470
5	2.0944	2.0940
6	5.2360	5.2360
7	10.4720	10.4720

Cuadro 13. ANVA para los cálculos de velocidad angular.

FUENTE DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	F Calc.	F Tabla $\alpha=0.05$
Entre grupos	6.43E-09	1	6.43E-09	4.42E-10	4.7472
Dentro de los grupos	174.4971	12	14.5414		
TOTAL	174.4971	13			

Nivel 2. Después de haber comparado los resultados de ambos programas, se procedió a validar los parámetros reológicos calculados por reosoft. Utilizando Microsoft Excel y el programa estadístico SPSS V. 10.00

Cuadro 14. valores de velocidad de deformación y esfuerzo de corte para estimar los parámetros reológicos mediante los modelos detallados.

n	BINGHAM		OSTWALD		CASSON		HERSCHEL B.	
	γ	σ	$\ln(\gamma)$	$\ln(\sigma)$	$\gamma^{1/2}$	$\sigma^{1/2}$	$\ln(\gamma)$	$\ln(\sigma - \sigma_0)$
1	0.1716	0.8681	-1.7626	-0.1414	0.4142	0.9317	-1.7626	-1.7243
2	0.4289	1.1356	-0.8465	0.1272	0.6549	1.0656	-0.8465	-0.8079
3	0.8578	1.6076	-0.1534	0.4747	0.9262	1.2679	-0.1534	-0.0858
4	1.7157	1.9398	0.5398	0.6626	1.3098	1.3928	0.5398	0.2231
5	3.4313	2.4969	1.2329	0.9150	1.8524	1.5802	1.2329	0.5917
6	8.5783	3.2795	2.1492	1.1877	2.9289	1.8109	2.1492	0.9515
7	17.1565	4.608	2.8424	1.5278	4.1420	2.1466	2.8424	1.3656

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 15. Parámetros reológicos calculados en base al cuadro 12 con tres software Reosoft, M. Excel y SPSS.

MODELOS	PARAMETROS	REOSOFT	M. EXCEL	SPSS
OSTWALD	N	0.3567	0.3567	0.3567
	K	1.6082	1.6082	1.6080
	σ_0			
	R ²	0.9953	0.9953	0.9950
CASSON	N	0.5000	0.5000	0.5000
	K	0.3091	0.3091	0.3090
	σ_0	0.8400	0.8399	0.8390
	R ²	0.9670	0.9670	0.9670
BINGHAM	N	1.0000	1.0000	1.0000
	K	0.2027	0.2027	0.2030
	σ_0	1.3398	1.3399	1.3400
	R ²	0.9312	0.9312	0.9310
H. BULKLEY	N	0.6359	0.6360	0.6360
	K	0.7482	0.7482	0.7482
	σ_0	0.6898	0.6898	0.6898
	R ²	0.9610	0.9606	0.9610

Cuadro 16. ANVA de los parámetros calculados por tres software diferentes.

FUENTE DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	F Calc.	F Tabla $\alpha=0.05$
PARAMETROS	6.0619	14	0.4330	13967598.7508	2.0635
SOFTWARE	5.2E-08	2	2.6E-08	0.8387	3.3404
ERROR	8.68E-07	28	3.1E-08		
TOTAL	6.0619	44			

V. DISCUSIONES

Los viscosímetros rotacionales permiten medidas a una velocidad de rotación o esfuerzo cortante dados para periodos de tiempos prolongados, permitiendo determinaciones tanto si existe o no dependencia del tiempo. Estos atributos son típicos de los viscosímetros capilares, o para la mayoría de otros viscosímetros para esta cuestión. Por esta razón los viscosímetros rotacionales han llegado a ser el tipo de instrumentos mas ampliamente utilizados en las determinaciones reológicas (Wazer et al citado por Barbosa-Canovas, Alberto Ibarz y Micha Peleg).

Según Van Wazer et al citado por Barbosa-Canovas, Alberto Ibarz y Micha Peleg, para poder obtener las ecuaciones fundamentales deben hacerse las siguientes suposiciones:

- El liquido es incompresible
- El movimiento del liquido es un régimen laminar
- La velocidad es solo función del radio: se supone que los flujos radiales y axiales son igual a cero (despreciando las fuerzas centrífugas).
- El movimiento es estacionario. Todas las derivadas con respecto al tiempo de las ecuaciones de continuidad y movimiento son cero.
- No existe movimiento relativo entre la superficie de los cilindros y el fluido en contacto con los cilindros, es decir no hay deslizamiento.

- El movimiento es bidimensional (despreciando los efectos finales y de borde).
- El sistema es isotérmico.

Es importante hacer notar que la ley de potencia sólo es válida para el rango medido. La ecuación no permite la extrapolación de la gráfica. k y n no tienen bases físicas; son una pura descripción matemática de una gráfica experimental. Sin embargo tienen considerable valor práctico. La ley debe usarse si σ y $\dot{\gamma}$ no están unívocamente relacionadas, porque en este caso a cada valor de σ le puede corresponder varios valores de $\dot{\gamma}$ (en un ciclo instrumental rígidamente controlado, dos valores) es evidente que no existe justificación alguna para una ley de potencia si el material escrito representa un material intermediario desconocido de un proceso tixotrópico, o reopéxico. La ley de potencia solo debe usarse si se ha demostrado antes experimentalmente que el comportamiento del producto no depende del tiempo (H. G. Muller, 1972).

El comportamiento Casson se puede explicar admitiendo que el fluido en reposo mantiene una estructura tridimensional, con suficiente rigidez como para soportar tensiones de valores de σ_0 ; cuando la tensión aplicada es superior al umbral, la estructura se reconstituye. Este comportamiento es propio de las margarinas y mantequillas, las grasas, los purés de manzana y tomate y algunos tipos de chocolate fundido (Hermida Bon J. R., 2000).

Según el cuadro 5. dado que el F calculado es menor que el F de la tabla con $\alpha = 0.05$ significa que no hay diferencia entre las medias de los valores de esfuerzo cortante calculados por ambas aplicaciones.

Según el cuadro 7. se puede observar que el valor de F calculado es menor que el F de la tabla con $\alpha = 0.05$ ($0.0005 < 4.7472$) significa que no hay diferencia entre las medias de los valores de velocidad de deformación por el método simple corte calculadas por ambas aplicaciones.

Cuadro 9. Se observar que el valor de F calculado es menor que el F de la tabla con $\alpha = 0.05$ ($7.42 \times 10^{-11} < 4.7472$) significa que no hay diferencia entre las medias de los valores de velocidad de deformación por el método Newtoniano calculadas por ambas aplicaciones.

Según el cuadro 11. Se observa el valor de F calculado menor que el F de la tabla, $\alpha = 0.05$ ($4.57 \times 10^{-8} < 4.7472$) significa que no hay diferencia entre las medias de los valores de velocidad de deformación por el método ley de potencia calculadas por ambas aplicaciones.

Del cuadro 15. se observar que los parámetros calculados por los tres software Reosoft, Microsoft Excel y SPSS difieren algunos valores debido a la cantidad de decimales que se considera para realizar los cálculos correspondientes, para ello se procedió a realizar el análisis de varianza obteniéndose el cuadro 16. Valor de f calculado es 0.8367 y F de tabla ($\alpha=0.05$) es 3.3404, por lo tanto no existe diferencia entre los valores obtenidos por los tres software.

VI. CONCLUSIONES

Al culminar el presente trabajo de acuerdo a los objetivos planteados se llegó a establecer las siguientes conclusiones.

- Se elaboró el algoritmo general para el programa y se implementó en el programa Reosoft V 1.0.
- Se diseñó la interfaz gráfica considerando la ventana de Ingreso de Datos, Métodos modelos y la ventana que muestra los Resultados. la base de datos fue desarrollado en Microsoft Access 2000, cuyo nombre es **Datos.mdb** y esta formada por las tablas: tabla archivo, dato, maestro, ta_lvt y ta_rvt.
- El código se desarrolló en base al algoritmo general que se elaboró utilizando como lenguaje de programación Microsoft Visual 6.0.
- Reosoft fue validada utilizando como patrón de comparación los programas Microsoft Excel, software SCPR V. 1.0 y SPSS V. 10.00. demostrando que los cálculos son estadísticamente iguales.

VII. RECOMENDACIONES

Al concluir con este trabajo se recomienda lo siguiente:

- Implementar cursos de métodos numéricos en la curricula académica de la facultad de Ingeniería Industrias Alimentarias.
- Orientar los cursos de Ingeniería de alimentos y afines, desarrollarse en base a algoritmos de cálculos y diagramas de flujo para su mejor comprensión.
- Desarrollar trabajos similares en visual Basic utilizando librerías de Matlab y labview, porque ellos están más orientados al área de ingeniería.

ABSTRACT

In the food engineering many problems exist when we went to carry out very extensive calculus and it takes long time in solving them. For that purpose, nowadays in all the World we write programs into programming languages to specific. Develop certain tasks. That is why it's been developed an application to calculate reological parameters using the viscosimeters brookfield models LVT and RVT, applying the following reological models: Ostwald, Casson, Bingham and herschel Bulkley.

Which were satisfactorily valid with the following software Microsoft Excel SPSS V. 10.00 and the application SCPR for DOS developed by the Ing. Msc Alberto Condezo Hoyos; in the language turbo pascal. The results were compared by means analysis of variation ($\alpha = 0.05$) into itself. Concluding that does not exist differences among the values calculated by the three softwares.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, M. L. LARRODÉ; O. y ZAPICO, J. 1995. Rheological behaviour of infant foods. *Journal of Texture Studies* 26: 193-202.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. y PELEG, M. 1983. Flow parameters of selected commercial semi-liquid food products. *J. Texture Stud.* 14, 213-234.

BARNES, A.H. 2001. An examination of the use if rotational viscometers for the quality control of non-Newtonian liquid products in factories. *Appl. Rheol.* 11(2): 89-101.

BOURNE, M.C. 1982. Food texture and viscosity: concept and measurement. New York : Academic Press. 325 p.

BORWANKAR, R. P.; FRYE, L. A.; BLAYROCK, A. E. y SASEVICH, F. J. 1992. Rheological characterization of melting of margerines and tablesreads. *J. Food. Eng.,* 16, 55-74.

CHARM, S. E. 1960. Viscosimetry of non-newtonian food materials. *Food Research.* 25, 351-362.

- CHARM, S. E. 1963.** The direct determination of shear stress-shear rate behaviour of foods in the presence of a yield stress. *J. Food.*, 28, 107-113.
- CHEFTEL, J. C., CHEFTEL, H. y BESACON, P. 1983.** Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Zaragoza: Acribia. pp. 47-80.
- CHENG, D.C-H. 1986.** Yield stress: a time-dependent property and how to measure it. *Rheol. Acta* 25: 542-554.
- HERMIDA BON J. K. 2000.** Fundamentos de Ingeniería de procesos agroalimentarios, ediciones Mundi – Prensa, A. Madrid Vicente, ediciones; España.
- HOLDSWORTH, S. D. 1971.** Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid foods products. *J. Texture Stud.* 2, 393-418.
- HOLDSWORTH, S. D. 1987.** Conservación de frutas y hortalizas. Editorial Acribia. Zaragoza.
- IBARZ, A. y BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. 1999.** Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Technomic Publishing Company, Inc.

JOWITT, R., ESCHER, F., HALLSTRÖM, B., MEFFERT, H., SPIESS, W. y VOS, G. 1983. Physical properties of foods. Applied science publishers. London and New York. 425 p.

KOKINI, J. L. 1985. Fluid and semi-solid texture y texture-taste interactions. Food Technol., 39, 86-94.

KYEREME, M., HALE, S.A., y FARKAS, B.E. 1999. Modeling the temperatureeffect on the flow behavior of sweet patato puree. J. Food Process Engineering 22, 235-247.

MULLER, H. G. 1973. An introduction to food rheology. William Heinemann Ltd. (Ed.).Londres.

MUKPRASIRT, A., HERALD, T.J., y FLORES, R.A. 2000. Rheological characterization of rice flour-based batters. Journal of Food Science65(7): 1194-1199.

ODIGBOH, E. V. y MOHSENIN, N. N. 1975a. Effects of concentration on the flow rheology of butter and margarine. J. Texture Stud., 6, 533-539.

OMURA, A.P. y STEFFE, J.E. 2001. Centrifugal slump test to measure yield stress. Journal of Food Science 66(1): 137-140.

PRENTICE, J.H. 1984. Measurements in the rheology of foodstuffs. London: Elsevier Applied Science. pp. 42-139.

PERNELL, C.W., FOEDEDING, E.A. y DAUBERT, C.R. 2000. Measurement of the yield stress of protein foams by vane rheometry. *Journal of Food Science* 65(1): 110-114.

RAO, M. A., BOURNE, M. C. y COOLEY, H. J. 1981. Flow properties of tomato concentrates. *J. Texture Stud.* 12, 521-528.

RHA C. K. 1978. Rheology of fluid foods. *Food Technol.* July, 77-82.

STREETER, V. L. 1996. Mecánica de fluidos. Mexico : McGraw Hill. 594 p.

STEFFE, J.F. 1996. Rheological Methods in Food Process Engineering, 2nd Ed. Freeman Press, East Lansing, Michigan State, USA. 418 p. Pennsylvania-USA. pp. 85-204.

SINGH, S.K., CASTELL-PEREZ, M.E., y MOREIRA, R.G. 2000. Viscosity and textural attributes of reduced-fat peanut pastes. *Journal of Food Science* 65(5): 849-853.

SARAVACOS, G. D. 1995. Transport properties in processing of fruit and vegetables. *Food Technol.* 49, 99-105.

TUNG, M.A.; RICHARDS, J.F.; MORRISON, B.S. y WATSON, E.L. 1970.
Rheology of fresh, aged and gamma-irradiated egg white. *J. Food Sci.* 35,
872-874.

ANEXO

ANEXO 01.

Nomenclatura.

μ	Viscosidad newtoniana (Pa s)
σ	Esfuerzo de corte (Pa)
γ	Relación de deformación (S^{-1})
K	coeficiente de consistencia (Pa s ⁿ)
n	Índice de comportamiento reológico, con $0 < n < 1$
τ	Esfuerzo de corte (Pa)
R _b	Radio del vástago (m)
h _b	Altura del vástago (m)
T _m	Torque máximo (dinas.cm)
L _d	Lectura del dial (dinas.cm)
$\dot{\gamma}$	Velocidad de deformación (1/s)
α	Relación entre el radio del contenedor y el radio del huso.
M	Lecturas del dial en Nm
Ω	velocidad angular en rad/s

ANEXO 02.

Regresión lineal mediante software SPSS v. 10.0

Modelo Ostwald

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.998 ^a	.995	.994	4.39584E-02

a. Predictors: (Constant), LNVD

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.475	.018		26.757	.000
	LNVD	.357	.011	.998	32.530	.000

a. Dependent Variable: LNEC

Casson

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.983 ^a	.967	.960	8.4687E-02

a. Predictors: (Constant), RAIZVD

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.916	.055		16.682	.000
	RAIZVD	.309	.026	.983	12.095	.000

a. Dependent Variable: RAIZEC

Bingham

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.965 ^a	.931	.917	.377091

a. Predictors: (Constant), VD

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.340	.182		7.345	.001
	VD	.203	.025	.965	8.227	.000

a. Dependent Variable: EC

Herschel Bulkley

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.980 ^a	.961	.953	.231021

a. Predictors: (Constant), LNVDH

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.290	.093		-3.109	.027
	LNVDH	.636	.058	.980	11.035	.000

a. Dependent Variable: LNECH

ANEXO 03.

Código Fuente

Modulo (VaryProced.bas)

```
Option Explicit
Global Matriz() As Double
Global Const pi = 3.1416
Global ndatos, i As Integer
Global Rc, Rv, Hv, Lmv As Double
Global k, k1, n, Tao, Tao1, cd, Taohb As Double
Global umsc, umn, umlp, umk As Double
Global alfa As Double
Global rpm(1 To 100) As Double
Global Lec(1 To 100) As Double
Global Mlec(1 To 100) As Double
Global van(1 To 100) As Double
Global fc(1 To 100) As Double
Global vdsc(1 To 100) As Double
Global vdn(1 To 100) As Double
Global vdlp(1 To 100) As Double
Global vdk(1 To 100) As Double
Global vd(1 To 100) As Double
Global vdc(1 To 100) As Double
Global cdc(1 To 100) As Double
Global fchb(1 To 100) As Double
Global fcsc(1 To 100) As Double
Global fcn(1 To 100) As Double
Global fclp(1 To 100) As Double
Global fck(1 To 100) As Double
Global fcc(1 To 100) As Double
Global NombreMetodo As String
Global NombreModelo As String
Public Const MF_BYPOSITION = &H400
Public Const MF_REMOVE = &H1000
Public Declare Function DrawMenuBar Lib "user32" _
    (ByVal hwnd As Long) As Long
Public Declare Function GetMenuItemCount Lib "user32" _
    (ByVal hMenu As Long) As Long
Public Declare Function GetSystemMenu Lib "user32" _
    (ByVal hwnd As Long, _
    ByVal bRevert As Long) As Long
Public Declare Function RemoveMenu Lib "user32" _
    (ByVal hMenu As Long, _
    ByVal nPosition As Long, _
    ByVal wFlags As Long) As Long
'La siguiente funcion calcula la pendiente de la recta de regresion
```

'y=a+bx

Function P1(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double

Dim sx, sy, sxy, sx2, d1 As Double

Dim i As Integer

sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0

For i = 1 To m

 sx = sx + X(i)

 sy = sy + Y(i)

 sxy = sxy + X(i) * Y(i)

 sx2 = sx2 + (X(i)) ^ 2

Next i

d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))

P1 = ((m * sxy) - (sx * sy)) / d1

End Function

Function A1(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double

Dim sx, sy, sxy, sx2, d1 As Double

Dim i As Integer

sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0

For i = 1 To m

 sx = sx + X(i)

 sy = sy + Y(i)

 sxy = sxy + X(i) * Y(i)

 sx2 = sx2 + (X(i)) ^ 2

Next i

d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))

A1 = ((sy * sx2) - (sx * sxy)) / d1

End Function

Function R1(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double

Dim sx, sy, sxy, sx2, d1, d2, sy2, R As Double

Dim i As Integer

sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0: sy2 = 0

For i = 1 To m

 sx = sx + X(i)

 sy = sy + Y(i)

 sxy = sxy + X(i) * Y(i)

 sx2 = sx2 + (X(i)) ^ 2

 sy2 = sy2 + (Y(i)) ^ 2

Next i

d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))

d2 = ((m * sy2) - (sy ^ 2))

R = ((m * sxy) - (sx * sy)) / (d1 * d2) ^ 0.5

R1 = R ^ 2

End Function

Function P2(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double

Dim sx, sy, sxy, sx2, d1 As Double

Dim i As Integer

sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0

For i = 1 To m


```

    sx = sx + Log(X(i))
    sy = sy + Log(Y(i))
    sxy = sxy + Log(X(i)) * Log(Y(i))
    sx2 = sx2 + (Log(X(i))) ^ 2
Next i
d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))
P2 = ((m * sxy) - (sx * sy)) / d1
End Function
Function A2(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double
Dim sx, sy, sxy, sx2, d1 As Double
Dim i As Integer
sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0
For i = 1 To m
    sx = sx + Log(X(i))
    sy = sy + Log(Y(i))
    sxy = sxy + Log(X(i)) * Log(Y(i))
    sx2 = sx2 + (Log(X(i))) ^ 2
Next i
d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))
A2 = ((sy * sx2) - (sx * sxy)) / d1
End Function
Function R2(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double
Dim sx, sy, sxy, sx2, sy2, d1, d2, R As Double
Dim i As Integer
sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0: sy2 = 0
For i = 1 To m
    sx = sx + Log(X(i))
    sy = sy + Log(Y(i))
    sxy = sxy + Log(X(i)) * Log(Y(i))
    sx2 = sx2 + (Log(X(i))) ^ 2
    sy2 = sy2 + (Log(Y(i))) ^ 2
Next i
d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))
d2 = ((m * sy2) - (sy ^ 2))
R = ((m * sxy) - (sx * sy)) / (d1 * d2) ^ 0.5
R2 = R ^ 2
End Function
Function P3(X() As Double, Y() As Double, ByVal m As Integer) As Double
Dim sx, sy, sxy, sx2, d1 As Double
Dim i As Integer
sx = 0: sy = 0: sxy = 0: sx2 = 0
For i = 1 To m
    sx = sx + Log(X(i))
    sy = sy + Y(i)
    sxy = sxy + Log(X(i)) * Y(i)
    sx2 = sx2 + (Log(X(i))) ^ 2
Next i
    d1 = ((m * sx2) - (sx ^ 2))

```

```
P3 = ((m * sxy) - (sx * sy)) / d1  
End Function
```

Form1 (Ingresardatos.frm)

```
Option Explicit  
Dim i As Integer  
Dim sw As Integer  
Dim rs As ADODB.Recordset  
Dim NombreArchivo As String  
Dim Dato_Vacio As Boolean  
Private Sub cboAlimento_Click()  
    If cboAlimento.Text <> Empty Then  
        If Adodc3.Recordset.BOF Then Exit Sub  
        Adodc3.Recordset.MoveFirst  
        If Adodc3.Recordset.EOF Then Exit Sub  
        Adodc3.Recordset.Find "NombreArchivo =" & Trim(cboAlimento.Text) &  
        """, 0, adSearchForward, 0  
        Dim total As Long  
        total = 0  
        Do While Not Adodc3.Recordset.EOF  
            If cboAlimento.Text = Adodc3.Recordset.Fields("NombreArchivo")  
Then  
                total = total + 1  
                txtNdatos.Text = CStr(total)  
                msFlexg.TextMatrix(total, 1) = Text2.Text  
                msFlexg.TextMatrix(total, 2) = Text3.Text  
                txtRc.Text = Text1.Text  
                DataCombo1.Text = Text5.Text  
                Set rs = Adodc2.Recordset  
                rs.Find "nombre=" & DataCombo1.Text & """, , , 1  
                Adodc1.RecordSource = rs.Fields(1)  
                Adodc1.Refresh  
                DataCombo2.Text = Text6.Text  
            End If  
            Adodc3.Recordset.MoveNext  
        Loop  
        cmdGuardar.Caption = "&Guardar"  
        txtNdatos.Enabled = True  
        txtRc.Enabled = True  
        cmdContinuar.Enabled = True  
    End If  
    cmdGuardar.Enabled = False  
End Sub  
Private Sub cboAlimento_GotFocus()  
    If cboAlimento.Text <> Empty Then  
        Call Guardar_Archivo
```

```

End If
End Sub
Private Sub cmdAbandonar_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Eliminar_Registro()
    Adodc3.Refresh
    Dim archivo As String
    If Not Adodc3.Recordset.BOF Then
        Adodc3.Recordset.MoveFirst
    End If
    If Not Adodc3.Recordset.EOF Then
        Adodc3.Recordset.Find "NombreArchivo = " & cboAlimento.Text & "", 0,
adSearchForward, 0
        If Not Adodc3.Recordset.EOF Then
            archivo = Adodc3.Recordset.Fields("NombreArchivo").Value
        End If
    Else
        archivo = ""
    End If
    Do While archivo = cboAlimento.Text
        If Not Adodc3.Recordset.BOF Then
            If Not Adodc3.Recordset.EOF Then
                Adodc3.Recordset.Delete (1)
                Adodc3.Recordset.MoveFirst
            End If
        End If
        If Not Adodc3.Recordset.EOF Then
            Adodc3.Recordset.Find "NombreArchivo = " & cboAlimento.Text & "",
0, adSearchForward, 0
            If Not Adodc3.Recordset.EOF Then
                archivo = Adodc3.Recordset.Fields("NombreArchivo").Value
            End If
        Else
            archivo = ""
        End If
    Loop
    Adodc4.Recordset.MoveFirst
    Adodc4.Recordset.Find "NombreArchivo = " & cboAlimento.Text & "", 0,
adSearchForward, 0
    If Not Adodc4.Recordset.EOF Then
        Adodc3.Refresh
        Adodc4.Recordset.Delete (1)
    End If
    Adodc4.Refresh
End Sub
Private Sub cmdCalculadora_Click()
    Shell ("C:\Reosoft\calc.exe"), 1

```

```

End Sub
Private Sub cmdConfigurar_Click()
    Dim dblReturn As Double
    dblReturn = Shell("rundll32.exe shell32.dll,Control_RunDLL intl.cpl,,0", 5)
End Sub
Private Sub cmdEliminar_Click()
    Dim mensaje As Integer
    mensaje = MsgBox("Desea eliminar el archivo", vbYesNo, "Reosoft")
    If mensaje = 6 Then
        Call Eliminar_Registro
    End If
    If cboAlimento.ListIndex <> -1 Then
        cboAlimento.RemoveItem cboAlimento.ListIndex
    End If
    Call Limpiar_Celdas
    Call Borrar_Texto
End Sub
Private Sub Guardar_Registro()
    Dim i As Long
    Dim indice As Long
    Adodc4.Recordset.AddNew
    Adodc4.Recordset!NombreArchivo = cboAlimento.Text
    Adodc4.Recordset!Descripcion = "Datos del producto"
    Adodc4.Recordset.UpdateBatch

    For i = 1 To ndatos
        If Adodc3.Recordset.BOF Then
            indice = 0
        Else
            Adodc3.Recordset.MoveLast
            indice = Adodc3.Recordset.Fields("IdDato").Value
        End If
        Adodc3.Recordset.AddNew
        Adodc3.Recordset!NombreArchivo =
Adodc4.Recordset.Fields("NombreArchivo")
        Text4.Text = indice + 1
        Text3.Text = msFlexg.TextMatrix(i, 2)
        Text2.Text = msFlexg.TextMatrix(i, 1)
        Text1.Text = txtRc.Text
        Text5.Text = DataCombo1.Text
        Text6.Text = DataCombo2.Text
        Adodc3.Recordset.Update
    Next i
End Sub
Private Sub Guardar_Archivo()
    Dim mensaje As Integer
    Call Dato_Lleno
    If Not Dato_Vacio Then

```

```

Call Busca_Registro
If cboAlimento.Text <> Empty Then
    mensaje = MsgBox("Desea guardar el archivo", vbYesNo, "Reosoft")
    If mensaje = 6 Then
        If NombreArchivo = cboAlimento.Text Then
            Call Eliminar_Registro
            Call Guardar_Registro
        Else
            Call Guardar_Registro
            cmdGuardar.Enabled = False
        End If
        cmdContinuar.Enabled = True
    Else
        If cboAlimento.ListIndex <> -1 Then
            cboAlimento.RemoveItem cboAlimento.ListIndex
        End If
        Call Limpiar_Celdas
        Call Borrar_Texto
        txtNdatos.Enabled = False
        txtRc.Enabled = False
    End If
End If
End If
End Sub
Private Sub cmdGuardar_Click()
    Call Guardar_Archivo
End Sub
Private Sub Borrar_Texto()
    txtRc.Text = ""
    txtNdatos.Text = ""
End Sub
Private Sub Limpiar_Celdas()
    For i = 1 To ndatos
        msFlexg.TextMatrix(i, 1) = ""
        msFlexg.TextMatrix(i, 2) = ""
    Next i
    txtNdatos.Text = 0
End Sub
Private Sub nuevo_archivo()
    Dim nuevo As String
    Dim nombre As String
    Dim mensaje As Integer
    Set rs = Adodc4.Recordset
    nuevo = InputBox("Nombre de Archivo", "Reosoft")
    If nuevo <> "" Then
        If Not rs.BOF Then
            rs.MoveFirst
            If Not rs.EOF Then

```

```

        rs.Find "NombreArchivo = " & nuevo & """, 0, adSearchForward, 0
    If Not rs.EOF Then
        nombre = rs.Fields("NombreArchivo").Value
    End If
End If
Else
    nombre = ""
End If
If nombre = nuevo Then
    mensaje = MsgBox("El nombre de archivo ya existe", vbInformation,
"Reosoft")
Else
    cboAlimento.AddItem nuevo
    cmdGuardar.Enabled = True
    cboAlimento.Text = nuevo
    Call Limpiar_Celdas
    Call Borrar_Texto
    txtNdatos.Enabled = True
    txtRc.Enabled = True
End If
cmdContinuar.Enabled = False
Else
    cmdGuardar.Caption = "&Guardar"
    cmdGuardar.Enabled = False
End If
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    Call nuevo_archivo
End Sub
Private Sub DataCombo1_Click(Area As Integer)
    Set rs = Adodc2.Recordset
    rs.Find "nombre=" & DataCombo1.Text & """, , , 1
    Adodc1.RecordSource = rs.Fields(1)
    Adodc1.Refresh
    Adodc1.Recordset.MoveFirst
    DataCombo2.Text = Adodc1.Recordset.Fields(0)
End Sub
Private Sub cmdContinuar_Click()
Dim j As Integer
    Set rs = Adodc1.Recordset
    rs.Find "nombre=" & DataCombo2.Text & """, , , 1
    Dim comp(3)
    Dim conta, f As Integer
    Dim exe As Integer
    For conta = 1 To 3 Step 1
        comp(conta) = rs(conta)
    Next
    f = 1

```

```

While f < 4
    comp(f) = comp(f)
    f = f + 1
Wend
Rv = (comp(1) / 1000) / 2
Hv = comp(2) / 1000
Lmv = comp(3)
For i = 1 To ndatos
    rpm(i) = Val(msFlexg.TextMatrix(i, 1))
    Lec(i) = Val(msFlexg.TextMatrix(i, 2))
    Mlec(i) = Lec(i) / 10000000
    van(i) = (rpm(i) * 2 * pi / 60)
    fc(i) = (Mlec(i) * Lmv / 100) / (2 * pi * (Rv ^ 2) * Hv)
Next i
    alfa = (Rc / 1000) / Rv
'TotalDatos
Form1.Hide
Form2.Show
End Sub
Private Sub DataCombo1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 13 Then DataCombo2.SetFocus
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Move (Screen.Width - Width) / 2, (Screen.Height - Height) / 2
    Set rs = Adodc2.Recordset
    rs.MoveFirst
    DataCombo1.Text = rs.Fields(0)
    Adodc1.RecordSource = rs.Fields(1)
    Adodc1.Refresh
    Adodc1.Recordset.MoveFirst
    DataCombo2.Text = Adodc1.Recordset.Fields(0)
    cmdGuardar.Enabled = False
    Call CargarArchivos
    txtNdatos.Enabled = False
    txtRc.Enabled = False
End Sub
Private Sub CargarArchivos()
    If Adodc4.Recordset.BOF Then Exit Sub
    Adodc4.Recordset.MoveFirst
    Do While Not Adodc4.Recordset.EOF
        cboAlimento.AddItem Adodc4.Recordset.Fields("NombreArchivo").Value
        Adodc4.Recordset.MoveNext
    Loop
End Sub
Private Sub mnuAcercade_Click()
    frmAbout.Show vbModal
End Sub
Private Sub mnuConReg_Click()

```

```

Dim dblReturn As Double
    dblReturn = Shell("rundll32.exe shell32.dll,Control_RunDLL intl.cpl,,0", 5)
End Sub
Private Sub mnuEliminar_Click()
Dim mensaje As Integer
    mensaje = MsgBox("Desea eliminar el archivo", vbYesNo, "Reosoft")
    If mensaje = 6 Then
        Call Eliminar_Registro
    End If
    If cboAlimento.ListIndex <> -1 Then
        cboAlimento.RemoveItem cboAlimento.ListIndex
    End If
    Call Limpiar_Celdas
    Call Borrar_Texto
End Sub
Private Sub mnuGuardar_Click()
    Call Guardar_Archivo
End Sub
Private Sub mnuNuevo_Click()
    Call nuevo_archivo
End Sub
Private Sub mnuSalir_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub msFlexg_Click()
    Call Busca_Registro
    If NombreArchivo = cboAlimento.Text Then
        cmdGuardar.Enabled = True
    End If
End Sub
Private Sub msFlexg_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
If KeyCode = 46 Then
    msFlexg.Text = ""
End If
End Sub
Private Sub msFlexg_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Dim lennum As Integer
If IsNumeric(Chr(KeyAscii)) Then
    msFlexg.Text = msFlexg.Text & Chr(KeyAscii)
Elseif KeyAscii = vbKeyBack Then
    lennum = Len(msFlexg.Text)
    If lennum >= 1 Then
        msFlexg.Text = Left(msFlexg.Text, lennum - 1)
    End If
Elseif KeyAscii = 46 Then
    If (msFlexg.Text) <> "" Then
        If IsNumeric(msFlexg.Text & "." & "0") Then msFlexg.Text = msFlexg.Text
        & "."
    End If

```



```

Else
    msFlexg.Text = "."
End If
Elseif KeyAscii = 45 Then
    If Left(msFlexg.Text, 1) = "-" Then
        lennum = Len(msFlexg.Text)
        msFlexg.Text = Right(msFlexg.Text, lennum - 1)
    Else
        msFlexg.Text = "-" & msFlexg.Text
    End If
Elseif KeyAscii = 13 Then
    If Not msFlexg.Col = (msFlexg.Cols - 1) Then
        msFlexg.Col = msFlexg.Col + 1
    Elseif Not msFlexg.Row = (msFlexg.Rows - 1) Then
        msFlexg.Col = 1
        msFlexg.Row = msFlexg.Row + 1
    Else
        msFlexg.Col = 1
        msFlexg.Row = 1
    End If
End If
End Sub
Private Sub msFlexg_LeaveCell()
    If msFlexg.Text = "-" Or msFlexg.Text = "." Or msFlexg.Text = "" Then
        msFlexg.Text = "": Exit Sub
    End Sub
Private Sub Busca_Registro()
    If Not Adodc4.Recordset.BOF Then
        Adodc4.Recordset.MoveFirst
    End If
    If Not Adodc4.Recordset.EOF Then
        Adodc4.Recordset.Find "NombreArchivo = " & cboAlimento.Text & "", 0,
adSearchForward, 0
        If Not Adodc4.Recordset.EOF Then
            NombreArchivo = Adodc4.Recordset.Fields("NombreArchivo").Value
        End If
    Else
        NombreArchivo = ""
    End If
End Sub
Private Sub msFlexg_LostFocus()
    Call Verifica_Celda
End Sub
Private Sub txtNdatos_Change()
    Ingresar
    cmdGuardar.Enabled = True
End Sub
Public Sub Ingresar()

```

```

Dim i As Byte
If Not txtNdatos.Text = "" Then
    If IsNumeric(txtNdatos.Text) Then
        ndatos = Val(txtNdatos.Text)
        msFlexg.Rows = ndatos + 1
        For i = 1 To ndatos
            msFlexg.Col = 0
            msFlexg.Row = i
            msFlexg.Text = "" & i
        Next i
    Else
        MsgBox ("No está permitido el ingreso de letras"), vbExclamation,
        "Atención"
        txtNdatos.Text = ""
    End If
End If
End Sub
Public Sub TotalDatos()
    If txtNdatos.Text = "" Then
        MsgBox ("Debe ingresar el número de datos"), vbExclamation, "Reosoft"
        txtNdatos.SetFocus
    Else
        Verifica_Celda
    End If
    If txtRc.Text = "" Then
        MsgBox ("Debe ingresar el radio del contenedor"), vbExclamation,
        "Reosoft"
        txtRc.SetFocus
    Else
        Verifica_Celda
    End If
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Dim Rpta As Integer
    Call Guardar_Archivo
    Rpta = MsgBox("Está seguro que desea salir", vbYesNo + vbQuestion,
    "Reosof")
    If Rpta = vbNo Then
        Cancel = True
    Else
        End
    End If
End Sub
Private Sub txtNdatos_GotFocus()
    txtNdatos.SelStart = 0
    txtNdatos.SelLength = Len(txtNdatos.Text)
End Sub
Private Sub txtNdatos_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```

```

    If KeyAscii = 13 Then txtRc.SetFocus
End Sub
Private Sub txtRc_Change()
    Call Busca_Registro
    cmdGuardar.Enabled = True
    If Not txtRc.Text = "" Then
        If IsNumeric(txtRc.Text) Then
            Rc = Val(txtRc.Text)
        Else
            MsgBox ("No esta permitido el ingreso de letras"), vbExclamation,
            "Atención"
            txtRc.Text = ""
        End If
    End If
End Sub

End Sub
Private Sub Verifica_Celda()
    Dim fila, columna As Integer
    For fila = 1 To ndatos
        For columna = 0 To 1
            If msFlexg.TextMatrix(fila, columna + 1) = "" Then
                MsgBox "Hay uno o mas campos vacios", vbInformation, "Reosoft"
                msFlexg.SetFocus
                msFlexg.Col = columna + 1
                msFlexg.Row = fila
                Exit Sub
            End If
        Next columna
    Next fila
End Sub
Private Sub Dato_Lleno()
    If (txtNdatos.Text = "") Or (txtRc.Text = "") Then
        Dato_Vacio = True
    End If
End Sub
Private Sub txtRc_GotFocus()
    txtRc.SelStart = 0
    txtRc.SelLength = Len(txtRc.Text)
End Sub
Private Sub txtRc_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 13 Then DataCombo1.SetFocus
End Sub

```

Form2 (Metymod.frm)

Option Explicit

Public Sub Metodos()

If OptSc.Value = True Then

 NombreMetodo = "Simple corte"

 Taohb = umsc

 For i = 1 To ndatos

 vd(i) = vdsc(i)

 vdc(i) = (vdsc(i)) ^ 0.5

 fchb(i) = fcsc(i)

 Next i

End If

If OptN.Value = True Then

 NombreMetodo = "Newton"

 Taohb = umn

 For i = 1 To ndatos

 vd(i) = vdn(i)

 vdc(i) = (vdc(i)) ^ 0.5

 fchb(i) = fcn(i)

 Next i

End If

If OptLp.Value = True Then

 NombreMetodo = "Ley de Potencia"

 Taohb = umlp

 For i = 1 To ndatos

 vd(i) = vdlp(i)

 vdc(i) = (vdlp(i)) ^ 0.5

 fchb(i) = fclp(i)

 Next i

End If

If OptK.Value = True Then

 NombreMetodo = "Krieger"

 Taohb = umk

 For i = 1 To ndatos

 vd(i) = vdk(i)

 vdc(i) = (vdk(i)) ^ 0.5

 fchb(i) = fck(i)

 Next i

End If

End Sub

Private Sub cmdContinuar_Click()

If optOstwald.Value = True Then

 Metodos

 NombreModelo = "Ostwald"

 k1 = A2(vd(), fc(), ndatos)

 k = Exp(k1)

```

    n = P2(vd(), fc(), ndatos)
    cd = R2(vd(), fc(), ndatos)
End If
If optCasson.Value = True Then
    NombreModelo = "Casson"
    Metodos
    k = P1(vdc(), fcc(), ndatos)
    n = 0.5
    Tao1 = A1(vdc(), fcc(), ndatos)
    Tao = Tao1 ^ 2
    cd = R1(vdc(), fcc(), ndatos)
End If
If optBingham.Value = True Then
    Metodos
    NombreModelo = "Bingham"
    k = P1(vd(), fc(), ndatos)
    n = 1
    Tao = A1(vd(), fc(), ndatos)
    cd = R1(vd(), fc(), ndatos)
End If
If optHerschelB.Value = True Then
    Metodos
    NombreModelo = "Herschel Bulkley"
    k1 = A2(vd(), fchb(), ndatos)
    k = Exp(k1)
    n = P2(vd(), fchb(), ndatos)
    cd = R2(vd(), fchb(), ndatos)
    Tao = Taohb
End If
Form3.Show
Form2.Hide
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    Form1.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Dim hMenu As Long
    Dim menuItemCount As Long
    hMenu = GetSystemMenu(Me.hwnd, 0)
    If hMenu Then
        menuItemCount = GetMenuItemCount(hMenu)
        Call RemoveMenu(hMenu, menuItemCount - 1, _
            MF_REMOVE Or MF_BYPOSITION)
        Call RemoveMenu(hMenu, menuItemCount - 2, _
            MF_REMOVE Or MF_BYPOSITION)
        Call DrawMenuBar(Me.hwnd)
    End If

```

```

Move (Screen.Width - Width) / 2, (Screen.Height - Height) / 2
Dim nlp, pot, potk, s As Double
Form2.Caption = "Reosoft-[Metodos y Modelos]"
nlp = P2(van(), Mlec(), ndatos)
pot = 2 / nlp
s = 1 / nlp
potk = 2 / s
For i = 1 To ndatos
    vdsc(i) = (van(i) / (alfa - 1))
    vdn(i) = (2 * van(i) * (alfa ^ 2)) / ((alfa ^ 2) - 1)
    vdlp(i) = (2 * van(i) / nlp) * ((alfa ^ pot) / ((alfa ^ pot) - 1))
    vdk(i) = (2 * van(i) / s) * (alfa ^ potk) / ((alfa ^ potk) - 1)
    fcc(i) = (fc(i)) ^ 0.5
Next i
umsc = (vdsc(2) * fc(1) - vdsc(1) * fc(2)) / (vdsc(2) - vdsc(1))
umn = (vdn(2) * fc(1) - vdn(1) * fc(2)) / (vdn(2) - vdn(1))
umlp = (vdlp(2) * fc(1) - vdlp(1) * fc(2)) / (vdlp(2) - vdlp(1))
umk = (vdk(2) * fc(1) - vdk(1) * fc(2)) / (vdk(2) - vdk(1))
For i = 1 To ndatos
    fcsc(i) = fc(i) - umsc
    fcn(i) = fc(i) - umn
    fclp(i) = fc(i) - umlp
    fck(i) = fc(i) - umk
Next i
lblModelo.Caption = Form1.DataCombo1.Text
lblRv.Caption = Format(Rv)
lblHv.Caption = Format(Hv)
lblLmv.Caption = Format(Lmv)
End Sub
Private Sub Frame1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As
Single, Y As Single)
    Label2.Caption = ""
End Sub
Private Sub OptSc_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As
Single, Y As Single)
    Label2.Caption = "Método aplicable cuando Rc-Rb<<<Rb, de modo qu la
curvatura de las paredes es despreciable"
End Sub
Private Sub OptN_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As
Single, Y As Single)
    Label2.Caption = "Aplicable cuando el fluido es Newtoniano"
End Sub
Private Sub OptLp_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As
Single, Y As Single)
    Label2.Caption = "Adecuado para fluidos que describen un comportamiento
Ley de Potencia"
End Sub

```

```
Private Sub OptK_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    Label2.Caption = "Utilize este método cuando el valor de alfa esta en el rango de 1.01 a 1.40"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub OptM_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    Label2.Caption = "Este método solo funciona con viscosímetros modelo RVT"
```

```
End Sub
```

Form3 (resultados.frm)

```
Option Explicit
```

```
Dim vdin, Y As Double
```

```
Dim ExcelApp As Excel.Application
```

```
Dim ExcelCht As Excel.chart
```

```
Dim ExcelSht As Excel.Worksheet
```

```
Dim ExcelWkb As Excel.Workbook
```

```
Dim MyExcel As Boolean
```

```
Private Sub cmdBorrar_Click()
```

```
    txtVdeformacion.Text = ""
```

```
    lblVaparente.Caption = ""
```

```
    txtVdeformacion.SetFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdCalcular_Click()
```

```
    CalcVisc
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdExportar_Click()
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim j As Integer
```

```
On Error Resume Next
```

```
Err.Clear
```

```
Set ExcelApp = GetObject(, "Excel.Application")
```

```
If Err.Number <> 0 Then
```

```
    Err.Clear
```

```
    Set ExcelApp = CreateObject("Excel.Application")
```

```
    If Err.Number <> 0 Then
```

```
        MsgBox "Error: " & Err.Description
```

```
    Else
```

```
        MyExcel = True
```

```
    End If
```

```
Else
```

```
    MyExcel = False
```

```
End If
```

```
ExcelApp.Visible = True
```

```
Set ExcelWkb = ExcelApp.Workbooks.Add
```

```
Set ExcelSht = ExcelWkb.Worksheets(1)
```

```

ExcelApp.ActiveSheet.Cells
With ExcelApp.ActiveSheet
    .Range("A1:A12").Font.Bold = True
    .Range("c5").Font.Bold = True
    .Range("C6:C7").Font.Bold = True
    .Range("E6").Font.Bold = True
    .Range("C1").Font.Bold = True
    .Range("C1").Font.Size = 12
    .Range("C14").Font.Bold = True
    .Range("C14").Font.Size = 12
    .Range("A16:F16").Font.Bold = True
    .Range("A16:A45").HorizontalAlignment = xlHAlignRight
    .Range("B16:E45").HorizontalAlignment = xlHAlignCenterAcrossSelection
    .Range("A1:E1").HorizontalAlignment = xlHAlignCenterAcrossSelection
        .Columns("A").ColumnWidth = 13.5
        .Columns("B").ColumnWidth = 13.5
        .Columns("C").ColumnWidth = 13.5
        .Columns("D").ColumnWidth = 13.5
        .Columns("E").ColumnWidth = 13.5
        .Columns("F").ColumnWidth = 13.5
End With
With ExcelSht
    .Cells(1, 1) = "RESULTADOS REOLÓGICOS"
    .Cells(4, 1) = "Producto :".Cells(4, 2) = Form1.cboAlimento.Text
    .Cells(6, 1) = "Viscosímetro :".Cells(6, 2) = Form1.DataCombo1.Text:
    .Cells(6, 3) = "Nº Vástago :".Cells(6, 4) = Form1.DataCombo2.Text
    .Cells(7, 1) = "Método :".Cells(7, 2) = NombreMetodo: .Cells(7, 3) =
"Modelo :".Cells(7, 4) = NombreModelo
    .Cells(9, 1) = "Coeficiente de consistencia (K, Pa-s) :".Cells(9, 4) =
Label6.Caption
    .Cells(10, 1) = "Índice de comportamiento de flujo (n) :".Cells(10, 4) =
Label7.Caption
    .Cells(11, 1) = "Umbral de Fluencia(To) :".Cells(11, 4) = Label8.Caption
    .Cells(12, 1) = "Coeficiente de determinación (r^2) :".Cells(12, 4) =
Label9.Caption
    .Cells(14, 3) = "REOSOFT"
    .Cells(16, 1) = "Nº": .Cells(16, 2) = "Velocidad deformación (1/s)": .Cells(16,
4) = "Esfuerzo de Corte (Pa)"
    For i = 1 To ndatos
        .Cells(i + 16, 1) = Format(i)
        .Cells(i + 16, 2) = Format(vd(i), "###0.0000")
        .Cells(i + 16, 4) = Format(fc(i), "###0.0000")
    Next i
End With
Range("b17:e45").Select
Charts.Add
ActiveChart.ChartType = xlXYScatterLines

```



```

ActiveChart.SetSourceData Source:=Sheets("Hoja1").Range("b17:e45"),
PlotBy:=xlColumns
ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsObject, Name:="Hoja1"
ActiveChart.ChartType = xlXYScatterLines
ActiveChart.Legend.Delete
ActiveChart.HasTitle = True
ActiveChart.ChartTitle.Characters.Text = "REOGRAMA"
ActiveChart.Axes(xlCategory, xlPrimary).HasTitle = True
ActiveChart.Axes(xlCategory, xlPrimary).AxisTitle.Characters.Text =
"Velosidad deformación (1/s)"
ActiveChart.Axes(xlValue, xlPrimary).HasTitle = True
ActiveChart.Axes(xlValue, xlPrimary).AxisTitle.Characters.Text = "Esfuerzo de
Corte (Pa)"
ActiveChart.Parent.Left = 5
ActiveChart.Parent.Top = 350
ActiveChart.Axes(xlCategory).HasMajorGridlines = False
ActiveChart.PlotArea.Interior.ColorIndex = xlColorIndexNone
'graba el archivo
If Len(Dir(App.Path & "\Reologia.xls")) <> 0 Then
    Kill App.Path & "\Reologia.xls"
End If
ExcelWkb.SaveAs App.Path & "\Reologia.xls"
End Sub
Private Sub cmdModelos_Click()
    Unload Me
    Form2.Show
End Sub
Private Sub cmdMenu_Click()
    Form1.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
Dim hMenu As Long
Dim menuItemCount As Long
hMenu = GetSystemMenu(Me.hwnd, 0)
If hMenu Then
    menuItemCount = GetMenuItemCount(hMenu)
    Call RemoveMenu(hMenu, menuItemCount - 1, _
        MF_REMOVE Or MF_BYPOSITION)
    Call RemoveMenu(hMenu, menuItemCount - 2, _
        MF_REMOVE Or MF_BYPOSITION)
    Call DrawMenuBar(Me.hwnd)
End If
msDetalles.Rows = ndatos + 1
Move (Screen.Width - Width) / 2, (Screen.Height - Height) / 2
Dim chart() As Double
ReDim chart(1 To ndatos, 1 To 2)
Form3.Caption = "Reosoft-[Resultados]"

```

```

Dim i As Integer
For i = 1 To ndatos
    chart(i, 1) = vd(i)
    chart(i, 2) = fc(i)
Next i
msGraf.ChartData = chart
msGraf.Plot.UniformAxis = False
msGraf.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = "Velocidad de deformación
(1/S)"
msGraf.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = "Esfuerzo de corte (Pa)"
msGraf.Plot.Axis(VtChAxisIdY2).AxisScale.Hide = True
'carga la grilla con los datos calculados
For i = 1 To ndatos
    msDetalles.TextMatrix(i, 0) = i
    msDetalles.TextMatrix(i, 1) = Format(van(i), "###0.0000")
    msDetalles.TextMatrix(i, 2) = Format(vd(i), "###0.0000")
    msDetalles.TextMatrix(i, 3) = Format(fc(i), "###0.0000")
Next i
Label6.Caption = Format(k, "###0.0000")
Label7.Caption = Format(n, "###0.0000")
Label8.Caption = Format(Tao, "###0.0000")
Label9.Caption = Format(cd, "###0.0000")
If Form2.optOstwald.Value = True Then
    imgModelo.Picture = imgOs.Picture
    imgEcuacion.Picture = imgPower.Picture
    Label1.Caption = "Modelo de Ostwald"
    msDetalles.TextMatrix(0, 4) = "ln(g)"
    msDetalles.TextMatrix(0, 5) = "ln(s)"
    For i = 1 To ndatos
        msDetalles.TextMatrix(i, 4) = Format(Log(vd(i)), "###0.0000")
        msDetalles.TextMatrix(i, 5) = Format(Log(fc(i)), "###0.0000")
    Next i
End If
If Form2.optCasson.Value = True Then
    imgModelo.Picture = imgCas.Picture
    imgEcuacion.Picture = imgCass.Picture
    Label1.Caption = "Modelo de Casson"
    msDetalles.TextMatrix(0, 4) = "g^0.5"
    msDetalles.TextMatrix(0, 5) = "s^0.5"
    For i = 1 To ndatos
        msDetalles.TextMatrix(i, 4) = Format(vdc(i), "###0.0000")
        msDetalles.TextMatrix(i, 5) = Format(fcc(i), "###0.0000")
    Next i
End If
If Form2.optBingham.Value = True Then
    imgModelo.Picture = imgBin.Picture
    imgEcuacion.Picture = imgBing
    Label1.Caption = "Modelo de Bingham"

```

```

msDetalles.TextMatrix(0, 4) = ""
msDetalles.TextMatrix(0, 5) = ""
End If
If Form2.optHerschelB.Value = True Then
imgModelo.Picture = imgHer.Picture
imgEcuacion.Picture = imgHB.Picture
Label1.Caption = "Modelo de Herschel Bulkley"
For i = 1 To ndatos
msDetalles.TextMatrix(i, 4) = Format(vd(i), "###0.0000")
msDetalles.TextMatrix(i, 5) = Format(fchb(i), "###0.0000")
Next i
End If
End Sub
Private Sub SSTab1_Click(PreviousTab As Integer)
txtVdeformacion.SetFocus
End Sub
Private Sub txtVdeformacion_Change()
If Not txtVdeformacion.Text = "" Then
If IsNumeric(txtVdeformacion.Text) Then
Y = Val(txtVdeformacion.Text)
Else
MsgBox ("No se permite el ingreso de letras"), vbExclamation,
"Atención"
txtVdeformacion.Text = ""
End If
End If
End Sub
Private Sub txtVdeformacion_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
CalcVisc
Beep
End If
End Sub
Public Sub CalcVisc()
If txtVdeformacion.Text = "" Then
MsgBox ("Debe Ingresar Velocidad de deformación"), vbInformation,
"Atención"
txtVdeformacion.SetFocus
Else
If Form2.optOstwald.Value = True Then
vdin = k * Y ^ (n - 1)
lblVaparente.Caption = Format(vdin, "###0.0000")
End If
If Form2.optCasson.Value = True Then
vdin = (Tao ^ 0.5 + k * Y ^ 0.5) / Y
lblVaparente.Caption = Format(vdin, "###0.0000")
End If
If Form2.optBingham.Value = True Then

```

```
    vdin = (Tao + k * Y) / Y
    lblVaparente.Caption = Format(vdin, "###0.0000")
End If
If Form2.optHerschelB.Value = True Then
    vdin = (Tao / Y) + k * Y ^ (n - 1)
    lblVaparente.Caption = Format(vdin, "###0.0000")
End If
End If
End Sub
```