



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

## FACULTAD DE QUIMICA

# BREVE ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCION DE POLIETILENO REFORZADO CON FIBRAS CORTAS DE HENEQUEN

Amador del Prado Alejandro  
INGENIERIA QUIMICA

M-19081

1980



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

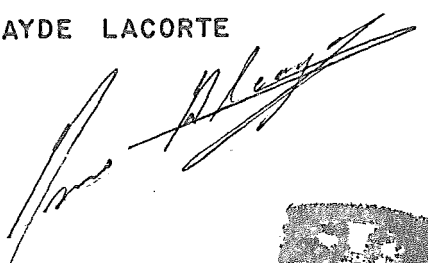
PRESIDENTE PROF. JULIO TERAN ZAVALETA  
VOCAL PROF. GUILLERMO ALCAYDE LACORTE  
SECRETARIO PROF. ROLANDO BARRON RUIZ  
1er. SUPLENTE PROF. EDUARDO VALADEZ CUENCA  
2er SUPLENTE PROF. MARGARITA GONZALEZ TERAN

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA :

CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES DE LA U.N.A.M.

SUSTENTANTE : ALEJANDRO AMADOR DEL PRADO 

ASESOR : GUILLERMO ALCAYDE LACORTE



DEPTO. DE PASANTES Y  
EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

## 1.0. - INTRODUCCION

La existencia de los plásticos reforzados se debe básicamente a la curiosidad humana y a su continua búsqueda de materiales con mejores propiedades físicas y químicas. Debido a la fuerza de competencia económica en nuestra civilización hacen al ingeniero esforzarse en la obtención de materiales más ligeros, más duros o bien más resistentes a la corrosión y que el costo de éstos sea mínimo y su vida media mayor.

El reforzamiento de polímeros se practica ampliamente como una técnica para mejorar una o varias propiedades mecánicas de un material. El agente reforzante puede ser una partícula sólida o una fibra.

El término "reforzamiento" implica un aumento en la magnitud de alguna propiedad mecánica en su último valor.

El método comercial más antiguo de éstos productos fue el proceso Fiberfil el cual consiste del reforzamiento del poliestireno con fibra de vidrio, éste se llevaba a cabo por medio de un moldeo por inyección, éste método se llevó a la práctica en 1952 y a partir de éste proceso se han hecho una infinidad de materiales reforzados que cumplen los requerimientos que exigen los nuevos procesos que se han desarrollado en los últimos años.

## 2.0. - OBJETIVOS.

Los objetivos que persigue éste estudio en función de los parámetros de procesamiento o formulación son los siguientes:

### 2.1. - Obtención del volumen mínimo de fibra.

Se refiere a una fracción de volumen de fibra el cual debe ser excedido para que garantice que la falla en la mezcla ocurrirá inmediatamente después de que ocurra la falla en las fibras.

### 2.2. - Obtención del volumen crítico de fibra.

Es una fracción de volumen de fibra, la cual es un límite que debe ser excedido para que exista un reforzamiento, es decir un incremento en cuanto a su valor de la propiedad mecánica, en éste caso la tensión paralela.

### 2.3. - Obtención de la longitud crítica de fibra.

La obtención de ésta longitud nos asegura que la carga será transferida a la fibra a través del esfuerzo cortante sobre su superficie .

### 2.4. - Obtención de una expresión en la cual se caracterizará el efecto o contribución de las variables de proceso en el plástico reforzado. Comportamiento estudiado desde el punto de vista estadístico.

### 3.0. - GENERALIDADES.

Los materiales utilizados en el presente trabajo tienen la característica de que ambos son polímeros. El término polímero denota a una molécula hecha por la repetición de alguna unidad - simple llamada monómero.

Una clasificación de los polímeros que se puede dar es la de su utilidad en una industria. Estas industrias pueden ser identificadas en un sentido amplio como:

- a). - Industria de los plásticos.
- b). - Industria de las fibras.
- c). - Industria de los recubrimientos.
- d). - Industria de los elastómeros.
- e). - Industria de los adhesivos.
- f). - Industria de películas.
- g). - Industria compuesta por dos o más industrias citadas anteriormente.

Dentro de la industria de los plásticos existe una clasificación de acuerdo al tipo de producción y característica final del producto. Esta clasificación es la de Plásticos Termoplásticos y Plásticos Termofijos.

En cuanto a las fibras se clasifican como Fibras Naturales y Fibras Sintéticas. Las fibras naturales a su vez se clasifi-

can de acuerdo a su origen: Animal, vegetal y mineral. Las fibras sintéticas se clasifican en función de su composición química: Acrílica, poliéster, nylon, etc.

Con la conjunción de éstos dos polímeros podemos obtener un Plástico Reforzado. En el diseño de formulaciones de plásticos reforzados ciertas relaciones fundamentales se aplican y éstas son:

1. - Al aumentar flexibilidad usualmente significa una pérdida de resistencia química, algunas veces al intemperismo y muchas veces a la dureza.

2. - Al aumentar la dureza casi siempre aumenta la fragilidad y tras una pérdida al esfuerzo de impacto y de elasticidad.

Los reforzamientos más comunes son en un 30% aunque en aplicaciones comerciales van de 10% a un 50%.<sup>1</sup>

### 3.1. - POLIETILENO.

Es un material termoplástico disponible en una amplia variedad de formulaciones con propiedades útiles como tenacidad en rangos de temperatura de  $-57^{\circ}\text{C}$  a  $93^{\circ}\text{C}$  y rigidez con un rango desde flexible a rígido y con una resistencia química excelente. El plástico puede ser fabricado por todos los procesos termoplásticos, por tal motivo el polietileno es el de mayor producción y

consumo mundial, por su versatilidad y su bajo costo.<sup>2</sup>

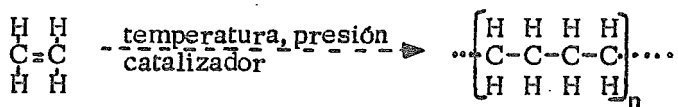
Las formulaciones son clasificadas primariamente por su densidad de la resina.

1). - Tipo I ASTM. Densidad relativa de 0.912-0.925 y designado como polietileno de baja densidad.

2). - Tipo II ASTM. Densidad relativa de 0.925-0.940 y referido como polietileno de densidad media.

3). - Tipo III ASTM. Densidad relativa de 0.940-0.965 comúnmente denominado como polietileno de alta densidad, lineal o polietileno de baja presión; dentro de cada una de las clasificaciones la densidad relativa se obtiene por el tipo de producción que se empleo para su manufactura.<sup>3</sup>

Composición Química. El polietileno es formado a partir de la polimerización del etileno bajo condiciones específicas de temperatura y presión y con la presencia de un catalizador, conforme a la ecuación:



La reacción es exotérmica y puede formar polímeros desde peso molecular de 1,000 hasta de un millón. Los procesos de alta presión, los cuales normalmente producen los tipos I y II, usan oxígeno, peróxidos y otros oxidantes fuertes como cataliza-



dor. Los intervalos de presión varían de 15,000 a 40,000 psi. El polímero formado en el proceso a alta presión se caracteriza por ser altamente ramificado y el nivel de cristalinidad de éste polímero es aproximadamente del 65%.

Los procesos a baja presión producen polímeros del tipo III, pero variaciones de éste proceso son conocidas para producir los tipos I y II. Los catalizadores usados en los procesos a baja presión varían ampliamente, pero lo más frecuentemente usados son los alquilos metálicos en combinación con haluros de metal y óxidos de metal activado. Las presiones de la reacción normalmente caen en el intervalo de 50 a 200 psi.<sup>4</sup>

### 3.2. - HENEQUEN

Es una fibra que pertenece a la variedad de la fibra del Agave Sisal, su nombre científico es el de Agave Fourcroydes y los rangos de color van del blanco al amarillo rojizo con longitudes que van de 60 a 152 cm. Estas fibras presentan diámetros de 1/8 a 1/2 mm.<sup>2</sup>

Son caracterizadas por:

a). - Longitud de fibra. Se obtiene en medir fibra por fibra hasta llegar a la suma de 50 metros, después se divide la suma de los 50 metros entre la cantidad de fibras medidas y se obtiene el promedio de longitud por fibra.

b). - Índice de finura \*

$$I. F = \frac{\text{Yardaje}}{\text{Kilotex x 1000}}$$

c). - Tenacidad

$$T = \frac{\text{Resistencia}}{\text{Denier}}$$

d). - Color de fibra. Se determina ópticamente.<sup>5</sup>

### 3.3. - REFORZAMIENTO

El reforzamiento consiste de un material más resistente a la tensión y de mayor módulo (henequén) envuelto en una matriz de menor módulo (polietileno).

La propiedad mecánica que interesa evaluar es el esfuerzo de tensión paralela que presenta la mezcla. Y se entiende por esfuerzo a la máxima carga soportada por el compuesto dividida por su área de sección transversal inicial del material.

\* Las definiciones de yardaje, kilotex y denier se dan en el apéndice I.

Para un compuesto conteniendo más que una fracción de volumen de fibra (volumen mínimo), el máximo esfuerzo se alcanza en una elongación total igual a la elongación de las fibras en su último esfuerzo a la tensión. Este esfuerzo del material viene dado por:

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma'_m (1 - V_f) \dots\dots (1)$$

Donde:

$\sigma_f$  Es el último esfuerzo a la tensión de la fibra.

$\sigma'_m$  Es el esfuerzo de la matriz cuando la elongación de la mezcla es tal que las fibras son elongadas a su última elongación.

$V_f$  Es la fracción de volumen de fibras.

Esta ecuación es esencial para considerar las ventajas de reforzamiento por fibras. En la forma dada arriba se asume que todas las fibras tienen el mismo esfuerzo último de tensión y la misma elongación para éste esfuerzo.

La variación de  $\sigma_c$  con  $V_f$  dado por la ecuación (1), se encuentra experimentalmente, además indica que el esfuerzo promedio de la matriz es menor que el de las fibras y por tal motivo se utiliza la capacidad de soporte de carga de la fibra.

Si las fibras están para producir un material más resistente que la matriz no reforzada, el esfuerzo del compuesto debe -

ser mayor que el último esfuerzo a la tensión de la matriz, esto es:

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma'_m (1 - V_f) \cdot, \sigma_c > \sigma_u \dots\dots (2)$$

Donde  $\sigma_u$  es el esfuerzo último a la tensión de la matriz.

Esta ecuación ayudará a definir la fracción de volumen crítico ( $V_c$ ) de fibra. Este debe ser excedido para que exista un reforzamiento por fibra, tal que se cumpla la ecuación (1).

$$\sigma_f V_f + \sigma'_m (1 - V_f) > \sigma_u$$

$$\sigma_f V_f + \sigma'_m - \sigma'_m V_f > \sigma_u$$

$$V_f (\sigma_f - \sigma'_m) > \sigma_u - \sigma'_m$$

$$V_f > \frac{\sigma_u - \sigma'_m}{\sigma_f - \sigma'_m}$$

$$V_c = \frac{\sigma_u - \sigma'_m}{\sigma_f - \sigma'_m} \dots\dots (3)$$

Donde  $(\sigma_u - \sigma'_m)$  es un esfuerzo debido al trabajo de endurecimiento de la matriz. Para pequeños valores de  $V_f$  el comportamiento del compuesto puede ser muy diferente del dado

por la ecuación (1), si todas las fibras fallarán en una sección transversal, el compuesto presentaría una falla al menos que la matriz dúctil pueda soportar la carga. En la elongación de ruptura de las fibras, el esfuerzo promedio sobre la matriz es  $\bar{\sigma}_m$ . El máximo esfuerzo que puede soportar la matriz es  $\bar{\sigma}_u$ ; pero  $\bar{\sigma}_u$  es mayor que  $\bar{\sigma}_m$ ; así que la falla de todas las fibras producirá una falla inmediata en el compuesto únicamente si:

$$\bar{\sigma}_c = \bar{\sigma}_f V_f + \bar{\sigma}_m (1 - V_f) > \bar{\sigma}_u (1 - V_f) \dots\dots(4)$$

Esta ecuación de volumen mínimo ( $V_m$ ) el cual debe sobrepasarse, de la ecuación (4).

$$\bar{\sigma}_f V_f + \bar{\sigma}_m - \bar{\sigma}_m V_f > \bar{\sigma}_u (1 - V_f)$$

$$V_f (\bar{\sigma}_f + \bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m) > \bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m$$

$$V_f > \frac{\bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m}{\bar{\sigma}_f + \bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m}$$

$$V_m = \frac{\bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m}{\bar{\sigma}_f + \bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m} \dots (5)$$

El volumen mínimo se determina gráficamente por la construcción de una gráfica  $\bar{\sigma}_c$  contra  $V_f$  y por la intersección de la recta correspondiente dadas por la ecuación (1) y por  $\bar{\sigma}_c = \bar{\sigma}_u -$

(1 - Vf).

El volumen mínimo es siempre menor que el volumen crítico y debe enfatizarse que si la incorporación de fibras son para producir un compuesto con mayor esfuerzo a la tensión que la matriz no reforzada, entonces la fracción de volumen mínimo debe excederse. En las ecuaciones (3) y (5) se asume que ninguna alteración en las características del trabajo de endurecimiento de la matriz es producido por la presencia de las fibras.

Cuando una mezcla contiene fibras discontinuas y éstas son tensionadas en dirección paralela a las fibras, los desplazamientos axiales son diferentes a causa de la diferencia en el módulo elástico, ésta diferencia de desplazamientos produce esfuerzos cortantes en la matriz en todos los planos paralelos a los ejes de las fibras. Estos esfuerzos cortantes son el mecanismo por el cual las cargas de tensión soportadas por la matriz y la fibra son distribuidas entre los dos componentes.

Si las fibras son las que soportan la mayor carga, entonces la curva esfuerzo de tensión contra la elongación de la matriz debe tener menor pendiente que la de las fibras, así que los desplazamientos en la matriz son mayores que en la fibra y los esfuerzos cortantes resultantes producen mayor esfuerzo de tensión en las fibras que en la matriz.

Este esfuerzo es aplicado a la fibra por esfuerzos cortantes en la interfase, así que físicamente uno debe siempre tener:

$$\frac{dP}{dz} = 2 \pi r_0 \tau_{rz} r_0 \dots (6)$$

$\tau$  es función de  $r$  y  $z$

$$\text{Para una fibra delgada } p = \nabla_{zz} \pi r_0^2$$

Cuando la matriz fluye plásticamente, conforme se aplica la carga en el compuesto se llevan diferentes desplazamientos tanto en la matriz como en las fibras y los esfuerzos cortantes se producen en las terminales de las fibras.

Cuando el flujo ocurre, las elongaciones en la matriz nunca serán mayores de  $\nabla_m / E_m$ , donde  $\nabla_m$  es el esfuerzo de la matriz. El flujo de la matriz a lo largo de las fibras significa que  $\tau_{rz} r_0$  nunca será mayor de  $\tau$ , que es el esfuerzo de corte en la matriz. Cuando el compuesto se sujeta a una elongación  $e$ , mayor que la elongación producida en la matriz, la elongación total de la matriz se producirá, entonces el esfuerzo producido será igual a  $\tau$ .

Asumiendo que es independiente de  $z$  e integrando la ecuación (6), se obtiene

$$P = 2 \pi r_0^2 \tau \dots (7)$$

Pero  $P$  es  $\pi r_0^2 \bar{v}_{zz}$  es el esfuerzo en la fibra a una distancia  $z$  de la terminal, igualando (6) y (7), se obtiene:

$$\bar{v}_{zz} = \frac{2 \tau z}{r_0} \quad \dots (8)$$

La elongación en la fibra no puede ser mayor que la elongación de la mezcla  $e$ , así que  $\bar{v}_{zz}$  será construida hasta el valor de  $eE_f$ , puesto que la fibra soporta la carga en ambas terminales, una fibra de longitud  $l$  será lo bastante grande para ser tensionada a la elongación de la mezcla con tal que:

$$l \gg \frac{r_0 E_f e}{\tau}$$

Es posible romper una fibra por flujo plástico de la matriz, siempre que el esfuerzo alcance al esfuerzo de fractura, esto es  $\bar{v}_{zz}$  sea igual a  $v_f$ . Si  $l_c$  se define como la longitud crítica de fibra, se tiene que:

$$\frac{l_c}{d} = \frac{v_f}{2\tau}$$

La longitud  $l_c/2$  se define como la longitud de transferencia. El valor de  $l_c$  depende de  $\tau$ .

Para fibras de longitud  $\gg l_c$  la elongación promedio en la matriz es igual a  $e$ , la elongación de la matriz.

Cuando una mezcla contiene fibras discontinuas, el esfuerzo de tensión en las fibras no es uniforme. El esfuerzo promedio



es entonces menor que el esfuerzo de fractura  $\bar{V}_f$ , cuando una fi  
bra se extiende hasta la falla. El esfuerzo promedio es:

$$\frac{1}{L_0} \int_0^1 \bar{V}_{zz} dz$$

Si  $\bar{V}_{zz}$  en la ecuación (8) es constante, el esfuerzo promedi  
o en una fibra hasta que su elongación de ruptura sobre su por-  
ción central es entonces dada por:

$$\bar{V} = \frac{\bar{V}_f}{L} (L - L_c) + \frac{\bar{V}_f}{L} \frac{L_c}{2} \quad \dots (10)$$

Si no es constante, el esfuerzo promedio puede ser escr  
ito por  $\bar{V} = \bar{V}_f \left[ 1 - (1 - \beta) \frac{L_c}{L} \right] \quad \dots (11)$

Para determinar el esfuerzo último de tensión de una mezcl  
a conteniendo fibras discontinuas, se sustituye el valor del es-  
fuerzo promedio de las fibras en la ecuación (1) obteniendose:

$$\bar{V}_c = \bar{V}_f V_f \left[ 1 - (1 - \beta) \frac{L_c}{L} \right] + \bar{V}_m (1 - V_f) \quad ; \quad V_f > V_m$$

Es útil escribir ésta ecuación como

$$\bar{V}_c = \bar{V}_f V_f \left[ 1 - \frac{1 - \beta}{\alpha} \right] + \bar{V}_m (1 - V_f) \quad ; \quad V_f > V_m \quad \dots (12)$$

La falla ocurre si

$$\bar{V}_c \geq \bar{V}_u (1 - V_f) + \frac{\beta}{\alpha} \bar{V}_f V_f \quad \dots (13)$$

Combinando las ecuaciones (12) y (13)

$$\bar{V}_m = \frac{\bar{V}_U - \bar{V}_m'}{\bar{V}_f \left(1 - \frac{1-\beta}{\alpha}\right) - \bar{V}_m' + \bar{V}_U \frac{\beta}{\alpha} \bar{V}_f} \quad \dots (14)$$

La fracción de volumen crítico necesario para que el esfuerzo del compuesto sea mayor que el de la matriz no reforzada, es dado por

$$\bar{V}_U (1 - V_f) + \bar{V}_f V_f > \bar{V}_U$$

$$\bar{V} \frac{\beta}{\alpha} > \bar{V}_U \quad \dots (15)$$

Y de las ecuaciones (12) y (15)

$$\bar{V}_c = \frac{-\bar{V}_m' + \bar{V}_U}{\bar{V}_f \left(1 - \frac{1-\beta}{\alpha}\right) - \bar{V}_m'} \quad \dots (16)$$

Asumiendo una construcción llineal de la parte final de la fibra ( $\beta = 1/2$ ), la condición es que el esfuerzo último de las fibras es mayor que el de la matriz, de la ecuación (15)  $\bar{V}_U < \frac{\beta}{\alpha} \bar{V}_f$ ; bajo estas condiciones el esfuerzo de la mezcla es dado por:

$$\bar{V}_c = \bar{V}_f V_f \bar{V}_m' (1 - V_f) > \bar{V}_U < 2\beta \bar{V}_f \quad ; L = l_c$$

$$\bar{V}_c = \bar{V}_f V_f / 2 + \bar{V}_U (1 - V_f) \quad \dots (17)$$

**Determinación de  $l_c$ .** La longitud crítica se obtiene a partir de la ecuación (12).

$$\bar{V}_c = \bar{V}_f V_f \left(1 - \frac{1-\beta}{\alpha}\right) + \bar{V}_m' (1 - V_f) \quad ; L > l_c$$

Derivando ésta ecuación con respecto al volumen de fibra y asumiendo que  $\beta=1/2$ , obtenemos.

$$\frac{d \bar{V}_c}{d V_f} = (\bar{V}_f - \bar{V}_m) - \frac{\bar{V}_f}{2} \frac{L_c}{L} \quad ; \quad L > L_c \quad \dots(18)$$

### 3.4. - PRODUCCION DE LOS COMPUESTOS.

Un moldeo elemental por compresión fué hecho a través de un molde\* en una prensa hidraulica de 300 toneladas y una superficie de 30" x 30" con platos calentados con corriente eléctrica.

El procedimiento en la elaboración de los especímenes de prueba, fué el siguiente:

1). - Se impregna la superficie del molde, así como la de las platinas que lo sellan con un desmoldante.

2). - Se adiciona al molde las fibras de henequén y el polietileno que requiere la formulación\* y se tapa el molde con las platinas.

3). - Se introduce el molde a la prensa, contando ésta ya con la temperatura del moldeo ( 150°C o 170°C).

4). - Se precalienta el compuesto durante tres minutos, después del cual se ejerce una presión constante de 500 psi a través del plato móvil de la prensa, se mantiene estas condiciones

---

\*Ver apéndice IV.

durante 10 minutos.

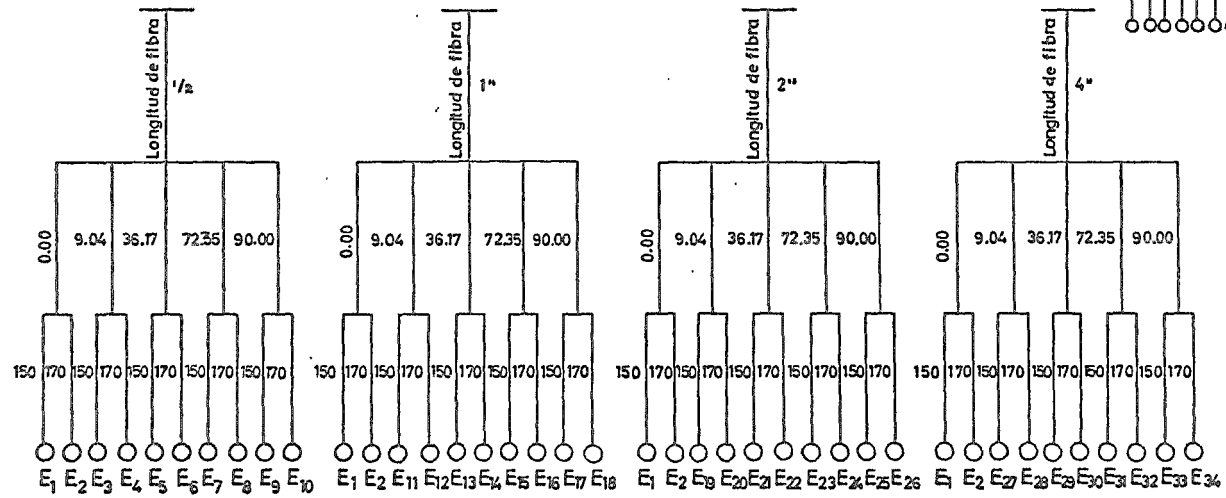
5). - Después de éste tiempo, se deja enfriar el molde - hasta una temperatura de 50°C.

6). - Se extrae el compuesto del molde.

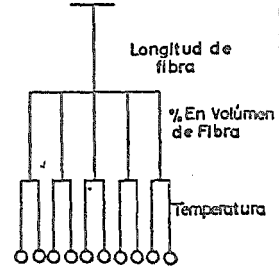
7). - Se preparan los especímenes de prueba de tensión paralela de acuerdo a las normas de ASTM.<sup>7</sup>

8). - Se prueban éstos especímenes de acuerdo a las nor-  
mas recomendadas por la ASTM.<sup>8</sup>

DIAGRAMA DE PRODUCCION



E = ESPECIMEN



#### 4.0. - RESULTADOS

4.1. - Obtención del esfuerzo de tensión paralela del espécimen de prueba. Para obtener éste esfuerzo, es necesario adoptar una norma para el acondicionamiento, el desarrollo de la prueba y la obtención del resultado deseado mediante la aplicación de la norma elegida. En el presente trabajo se siguió las normas recomendadas por la ASTM. Estas normas recomiendan una geometría y un espesor específico para el espécimen de prueba, con el fin de que éste contenga un número suficiente de fibras en cualquier sección transversal, para que los valores obtenidos sean estadísticamente representativos del volumen del compuesto.

De acuerdo a tales normas se obtienen valores de la máxima carga soportada por el espécimen, mediante la siguiente ecuación, y con el valor de la carga, se obtiene el esfuerzo de tensión paralela del espécimen.

$$\sigma_c \text{ (esfuerzo de tensión //, Kg/cm}^2\text{)} = \frac{p \text{ (carga, en Kg)}}{b \text{ (espesor)} d \text{ (ancho)}}$$

Tanto el ancho como el espesor se miden en cm.

Los valores de los esfuerzos obtenidos son mostrados en la tabla 4.1.

4.1. - Obtención del volumen crítico y del volumen mínimo.

Estos se obtienen gráficamente por la construcción de una

gráfica de  $\bar{V}_c$  contra  $V_f$ , tal como se muestra en las gráficas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4. Los valores obtenidos de éstas gráficas se reportan en la tabla 4.2.

En éstas gráficas las rectas que se muestran se obtienen, mediante la ec. (1) y  $\bar{V}_c = \bar{V}_U(1 - V_f)$ .

4.2. - La obtención de la longitud crítica. Esta se obtiene mediante la construcción de una gráfica de acuerdo a la ecuación (18) y esto es; graficar  $d\bar{V}_c/dV_f$  contra  $l/\text{longitud de fibra}$ . Tal como se muestra en la gráfica 4.5.

#### RESULTADOS DE LAS LONGITUDES CRITICAS.

| LONGITUD DE FIBRA | T=150°C   |
|-------------------|-----------|
|                   | T=170°C   |
| 1/2 plg           | lc=1.788  |
|                   | lc=2.123  |
| 1 plg             | lc=3.351  |
|                   | lc=3.394  |
| 2 plg             | lc=6.403  |
|                   | lc=0.7025 |
| 4 plg             | lc=16.128 |
|                   | lc=11.106 |

Y con los promedios de  $\bar{V}_m$  y  $\bar{V}_f$ , además con la pendiente obtenida de la gráfica 4.5, se obtiene la longitud crítica para cada una de las temperaturas.

$$t=150^{\circ}\text{C}, l_c=5.01$$

$$t=170^{\circ}\text{C}, l_c=5.25$$

Los valores de las longitudes críticas son en centímetros.



VALORES DEL ESFUERZO DE TENSION  
PARALELA (kg/cm<sup>2</sup>).

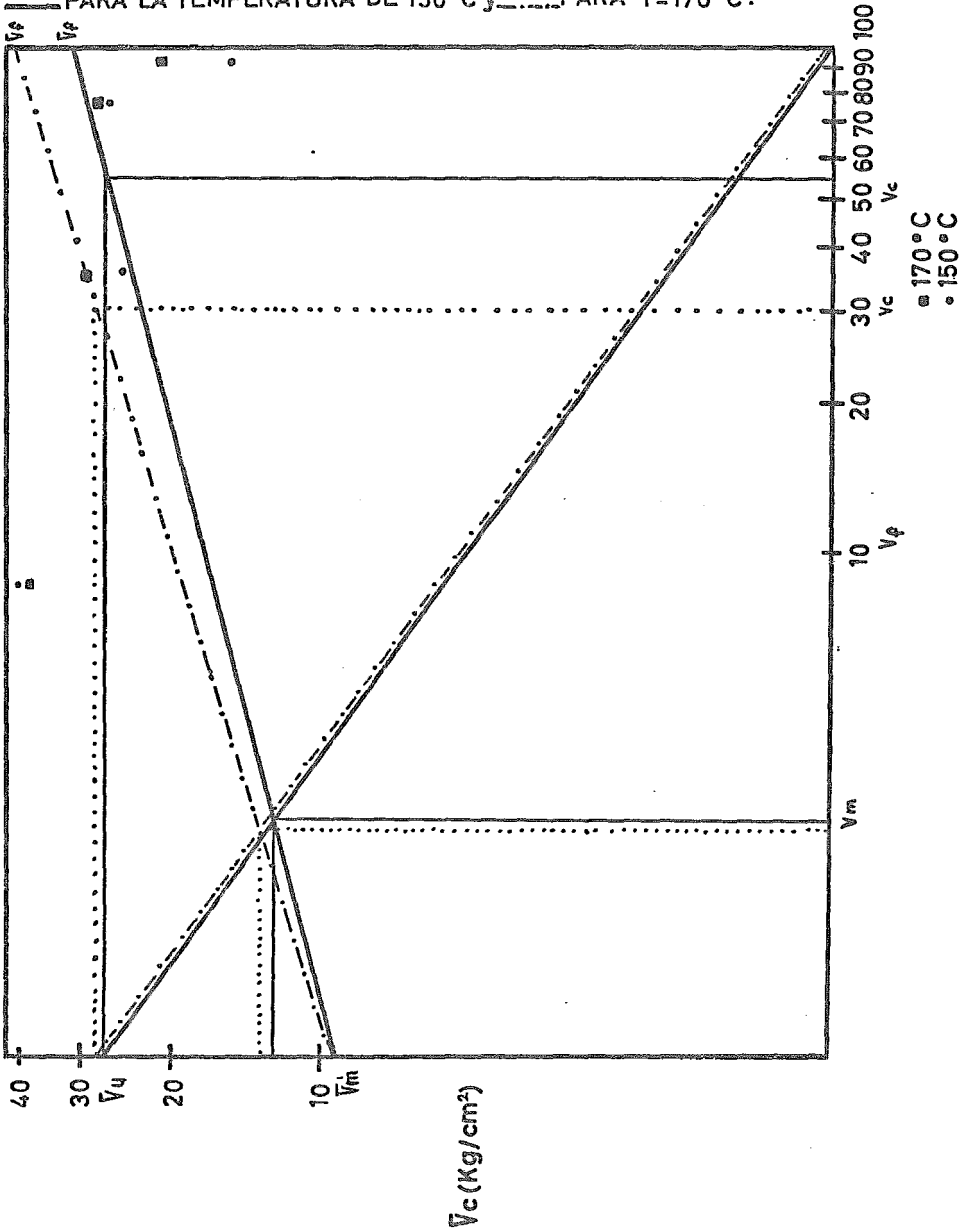
| LONGITUD<br>DE<br>FIBRA | PORCIENTO EN VOLUMEN DE FIBRA |        |        |        |        |
|-------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                         | 0,00                          | 9,04   | 36,17  | 72,35  | 90,00  |
| 1/2"                    | 26.864                        | 40.528 | 25.470 | 27.790 | 23.000 |
|                         | 27.790                        | 40.528 | 33.580 | 28.340 | 24.600 |
| 1"                      | 26.864                        | 33.580 | 35.894 | 35.846 | 20.840 |
|                         | 27.790                        | 38.210 | 40.528 | 39.370 | 22.464 |
| 2"                      | 26.864                        | 42.840 | 25.470 | 28.940 | 18.527 |
|                         | 27.790                        | 28.940 | 28.940 | 28.940 | 23.158 |
| 4"                      | 26.864                        | 42.840 | 34.738 | 24.316 | 20.379 |
|                         | 27.790                        | 46.170 | 52.107 | 25.474 | 24.316 |

22

tabla 4.1

GRAFICA 4.1

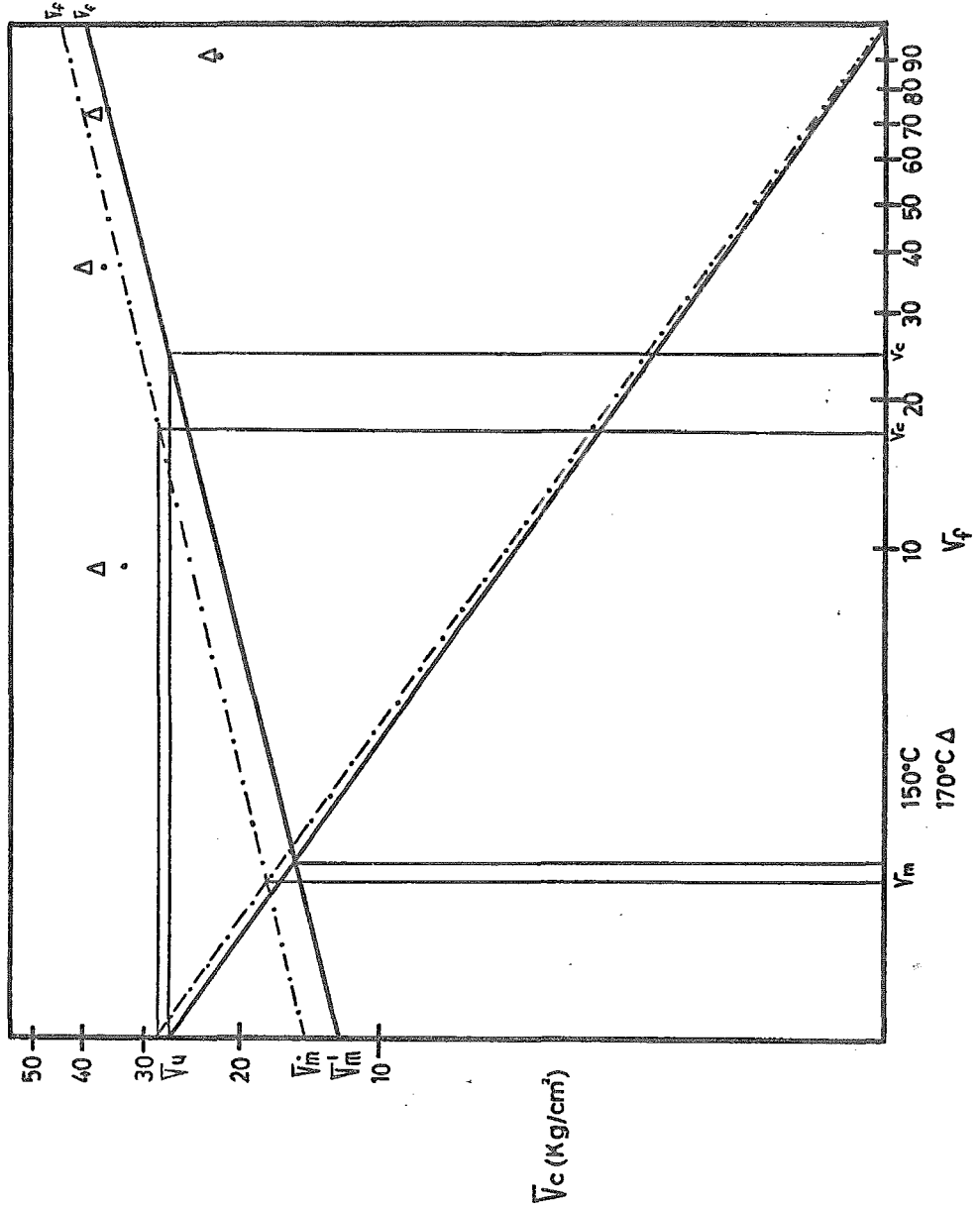
OBTENCION DEL VOLUMEN MINIMO Y DEL VOLUMEN CRITICO PARA EL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE HENEQUEN DE 1/2 PULGADA PARA LA TEMPERATURA DE 150°C y..... PARA T=170°C.



GRAFICA 4.2

OBTENCION DEL VOLUMEN MINIMO Y CRITICO PARA EL REFORZAMIENTO  
CON FIBRA DE HENEQUEN CON LONGITUD DE 1 PULGADA.

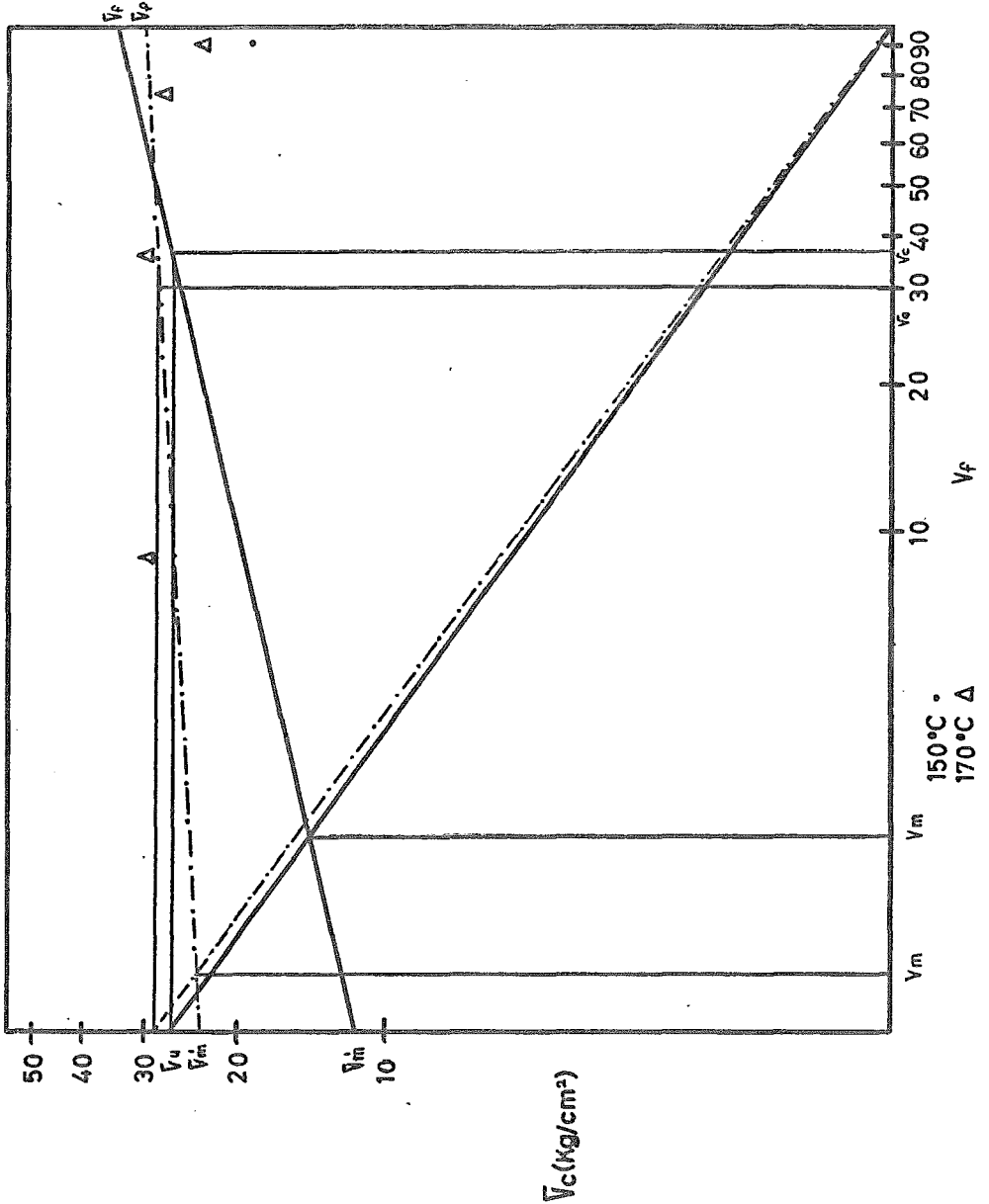
— PARA  $T=150^{\circ}\text{C}$  y - - - PARA  $T=170^{\circ}\text{C}$



## GRAFICA 4.3

OBTENCION DEL VOLUMEN CRITICO Y MINIMO PARA EL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE HENEQUEN CON LONGITUD DE "PULGADAS. (2") .

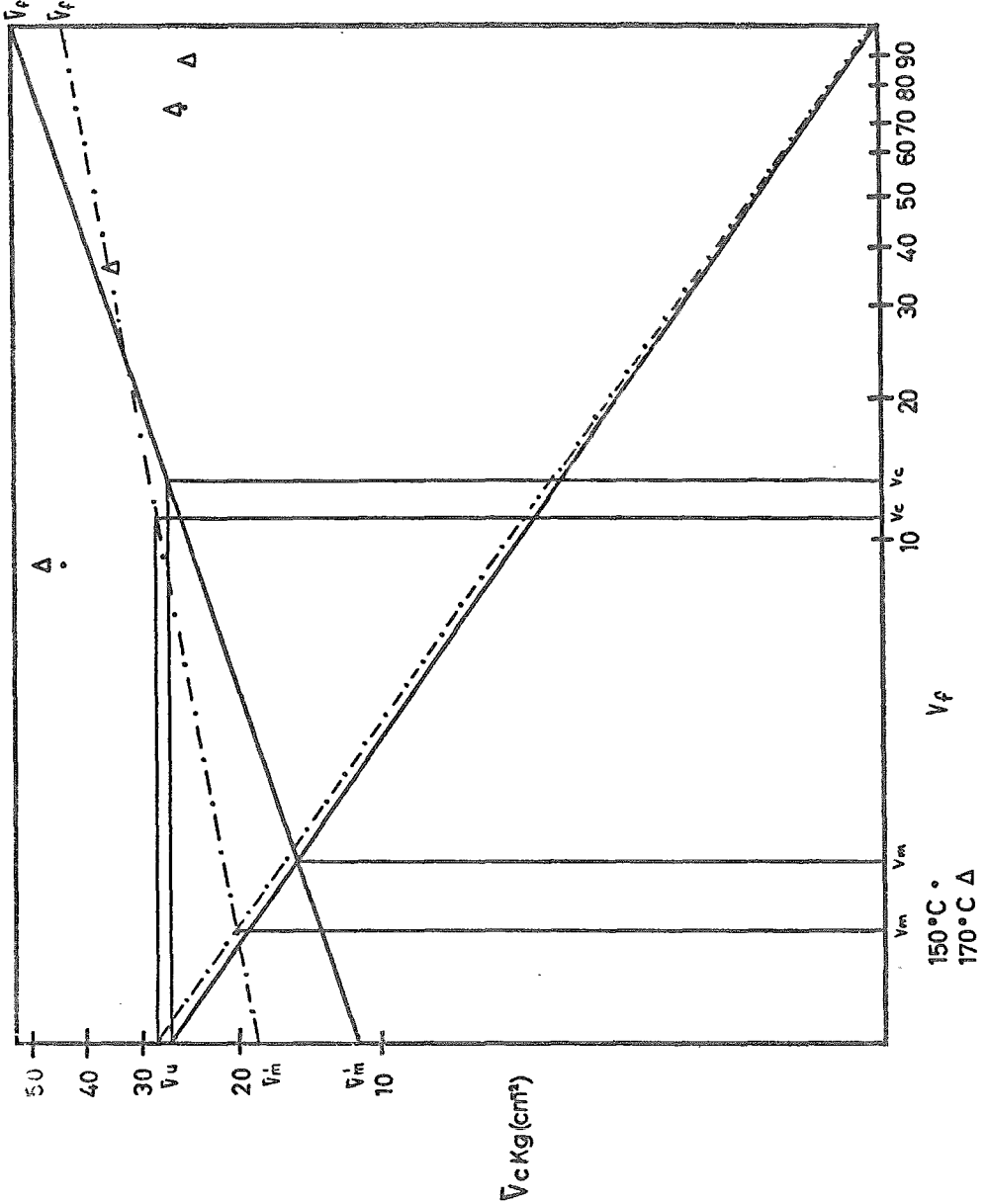
— PARA T=150°C y - - - PARA T=170°C



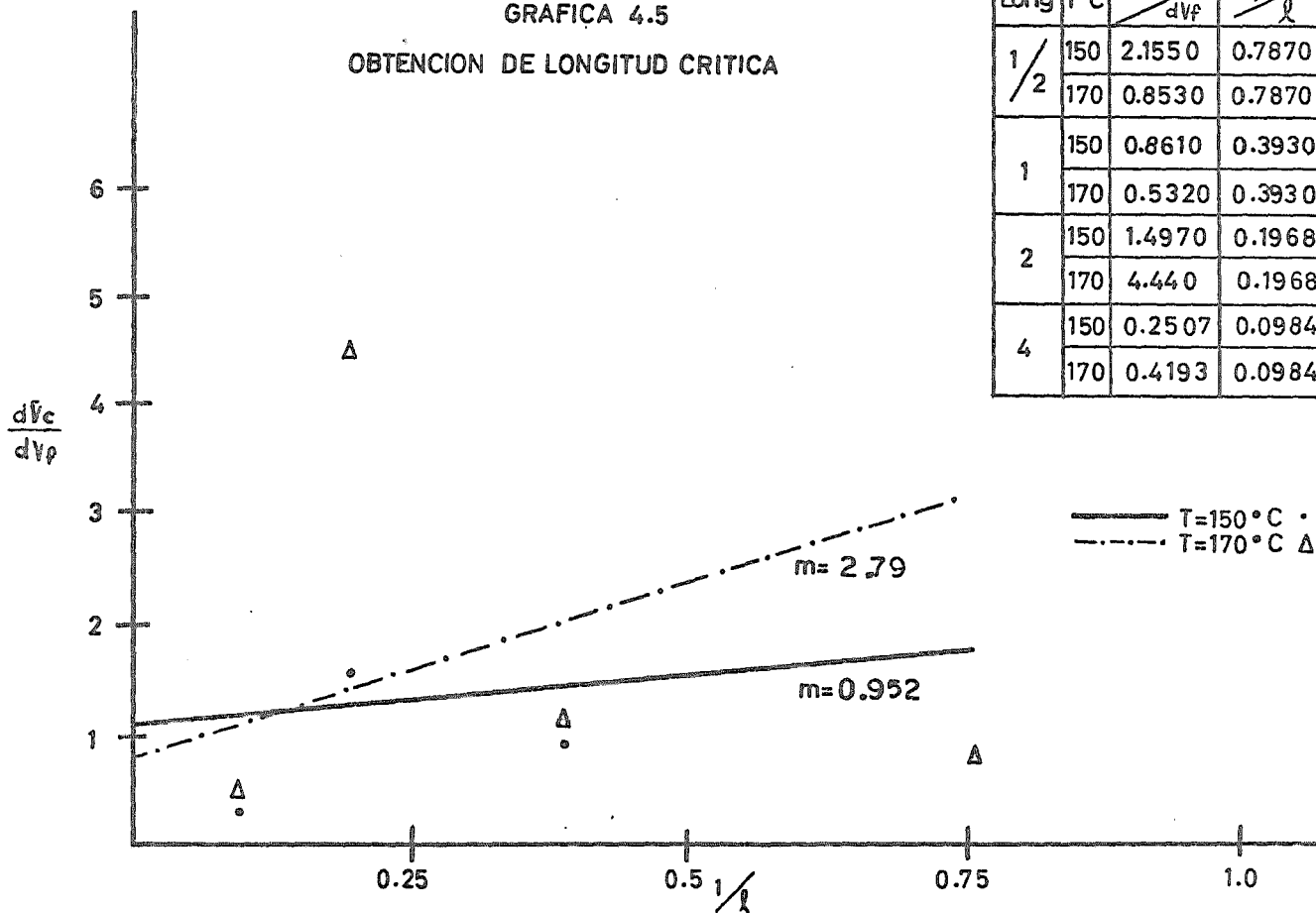
GRAFICA 4.4

OBTENCION DEL VOLUMEN CRITICO Y MINIMO PARA EL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE HENEQUEN DE LONGITUD DE 4 PULGADAS.

PARA T=150°C y --- PARA T=170°C



GRAFICA 4.5  
OBTENCION DE LONGITUD CRITICA



| Long | T°C | $\frac{dV_c}{dV_p}$ | $\frac{1}{l}$ |
|------|-----|---------------------|---------------|
| 1/2  | 150 | 2.1550              | 0.7870        |
|      | 170 | 0.8530              | 0.7870        |
| 1    | 150 | 0.8610              | 0.3930        |
|      | 170 | 0.5320              | 0.3930        |
| 2    | 150 | 1.4970              | 0.1968        |
|      | 170 | 4.440               | 0.1968        |
| 4    | 150 | 0.2507              | 0.0984        |
|      | 170 | 0.4193              | 0.0984        |

## RESULTADOS

| LONGITUD<br>DE<br>FIBRA | % en vol. de fibra |                   | $\bar{V}_m$ | $\bar{V}_f$ | T °C |
|-------------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------|------|
|                         | V <sub>min</sub>   | V <sub>crit</sub> |             |             |      |
| 1/2"                    | 2.857              | 50.650            | 9.480       | 31.650      | 150  |
|                         | 2.718              | 30.020            | 9.480       | 41.470      | 170  |
| 1"                      | 2.390              | 24.310            | 11.880      | 37.320      | 150  |
|                         | 2.111              | 17.700            | 13.800      | 43.050      | 170  |
| 2"                      | 2.520              | 36.000            | 10.750      | 33.110      | 150  |
|                         | 1.310              | 30.000            | 22.760      | 29.220      | 170  |
| 4"                      | 2.369              | 13.296            | 11.023      | 54.598      | 150  |
|                         | 1.608              | 11.161            | 18.174      | 40.955      | 170  |

tabla 4.2

## 5.0. - DISCUSION.

La parte fundamental de éste estudio, se basa en el comportamiento del compuesto en cuanto a la propiedad mecánica obtenida en función de las diferentes longitudes de fibra utilizadas.

Dicho comportamiento del compuesto es caracterizado por la evaluación del volumen mínimo, el volumen crítico y de la longitud crítica.

Con el cálculo de éstas cantidades, mostrarán el grado de reforzamiento que se puede lograr con cada longitud de fibra y cual de éstas longitudes dará un mayor grado de reforzamiento.

El grado de reforzamiento se define en función del volumen mínimo encontrado, es decir si el volumen mínimo es igual a cero, entonces el reforzamiento se podrá lograr en cualquier fracción de volumen de fibra.

El cálculo del volumen crítico garantiza un factor de seguridad en el reforzamiento, ya que al tener una fracción de volumen mayor garantiza un soporte de carga mayor, en caso de que en una sección transversal, ocurrá que las fibras fallen y por ende, ocurrá una falla inmediata en la mezcla.

La evaluación de la longitud crítica, es una cantidad la cual debe ser excedida para garantizar que la fibra de soporte puede ser elongada hasta la elongación máxima del compuesto.



Con el análisis de regresión, se encuentra el modelo matemático más adecuado para la predicción de la variable dependiente (esfuerzo de tensión) en función de las variables independientes (longitud de fibra y porcentaje en volumen de fibra). La aceptación de un modelo matemático propuesto se basa en el análisis de variancia, y la cantidad que nos permite evaluar el modelo es el coeficiente de regresión múltiple, cuando este coeficiente es 1, el modelo matemático predice con toda exactitud la variable dependiente.

En base a lo anteriormente dicho, la elección de un modelo matemático, será en base al modelo propuesto que tenga un coeficiente de regresión múltiple más cercano al valor de más uno o de menos uno.

## 6.0. - CONCLUSIONES.

Del análisis de los resultados que se reportan en la tabla 4.1, se puede concluir que para una longitud de fibra mayor se obtiene un mejor reforzamiento y que éste reforzamiento se logra en un rango en por ciento en volumen de fibra de un 10% a un 40%, además éstos resultados indican que por una falta de adherencia entre el henequén y el polietileno no se obtiene un reforzamiento con un por ciento con un por ciento con un por ciento en volumen de fibra mayor.

Otra conclusión que se obtiene de acuerdo a lo expuesto en la sección anterior y de los parámetros de formulación de un compuesto, obtenidos de la tabla 4.2, es que los compuestos que presentan un mayor grado de reforzamiento son los compuestos producidos con una longitud de fibra mayor.

Del apéndice V de la sección siete, y de acuerdo a lo expuesto en la sección anterior, los modelos matemáticos que nos caracterizan los efectos de las variables de proceso y de acuerdo de un análisis estadístico son los siguientes:

Para una temperatura de 150°C

$$\nabla_C = 38.3879 - 0.1819(V) + 0.16603(L)$$

Para una temperatura de 170°C

$$\nabla_C = 37.8145 - 0.1689(V) + 0.63354(L)$$

Donde:

V es el % en volumen de fibra

L es la longitud de fibra en cm.

$\bar{V}_c$  es el esfuerzo de tensión paralela en Kg/cm<sup>2</sup>.

Estos modelos se obtuvieron de las regresiones realizadas en los programas 4 y 10 respectivamente.

En cuanto a la longitud crítica, los resultados que se presentan en la sección cuatro, muestran que para longitudes de fibra mayores de 2 pulgadas, los compuestos pueden ser elongados hasta la elongación máxima del compuesto.

La conclusión que se puede dar de acuerdo con lo expuesto en el desarrollo de éste trabajo, es que las fibras de mayor longitud presentan compuestos con propiedades mecánicas superiores a los compuestos hechos con una longitud de fibra menor de dos pulgadas.

## 7.0. - APENDICES.

- I. - CARACTERIZACION DEL HENEQUEN.
- II. - DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE UN SOLIDO.
- III. - PROPIEDADES FISICAS DEL HENEQUEN Y DEL POLIETILENO.
- IV. - COMPOSICION DE LOS COMPUESTOS.
- V. - ANALISIS DE REGRESION.

## APENDICE I

El henequén queda caracterizado por;

a). - Longitud de fibra. Se obtiene en medir fibra por fibra hasta llegar a la suma de 50 metros. Después se divide ésta suma entre la cantidad de fibras medidas y se obtiene el promedio de longitud por fibra.

b). - Índice de finura. Se define por la expresión:

$$I. F. = \frac{\text{Yardage}}{\text{Kilotex} \times 100}$$

donde;

$$\text{Kilotex} = \frac{\text{Peso de fibras}}{50 \text{ metros}}$$

$$\text{Yardage} = \frac{\text{cte del henequén (1489)}}{\text{Kilotex}}$$

c). - Tenacidad. Esta se define con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{\text{Resistencia en gramos}}{\text{Denier}}$$

donde:

$$\text{Denier} = \frac{9000 \times \text{Peso}}{\text{Longitud}}$$

c). - Color de fibra. - Se determina ópticamente.<sup>5</sup>

## APENDICE II

### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

Una de las propiedades físicas que caracterizan a un polímero es la densidad, y ésta es definida como la masa que ocupa un cuerpo en un volumen dado.

En la determinación de la densidad tanto del henequén como del polietileno se utilizó un picnómetro.

El principio que rige la utilización del picnómetro es el de Arquímedes que dice que todo cuerpo sumergido en el interior de un líquido sufre un empuje ascendente igual al peso desalojado y que numéricamente es igual al volumen desalojado.

La densidad de una muestra se puede determinar por la siguiente ecuación:

$$D_m = \frac{M_m (M_{ap} - M_p)}{V (M_{ap} - M_s + M_m)}$$

donde:  $D_m$  es la densidad de la muestra

$M_m$  es la masa de la muestra

$M_p$  es la masa del picnómetro

$V$  es el volumen de aforo del picnómetro

$M_{ap}$  es la masa que tiene el picnómetro con el líquido uti-  
lizado para la determinación.

$M_s$  es la masa del sistema (masa del agua remanente, -  
más la masa de la muestra, más la masa del picnó-  
metro).

## APENDICE III

La fibra de henequén con la que se realizo éste estudio, -  
presenta las siguientes características :

- a). - Longitud de fibra: 86 centímetros.
- b). - Índice de Finura:  $3.123 \text{ cm}^2/\text{gr}$
- c). - Tenacidad: 4.216 gr/denier
- d). - Color: Fibra de color blanco ligeramente amarilla ro  
za.
- e). - Densidad:  $0.5547 \text{ gr/cm}^3$ .

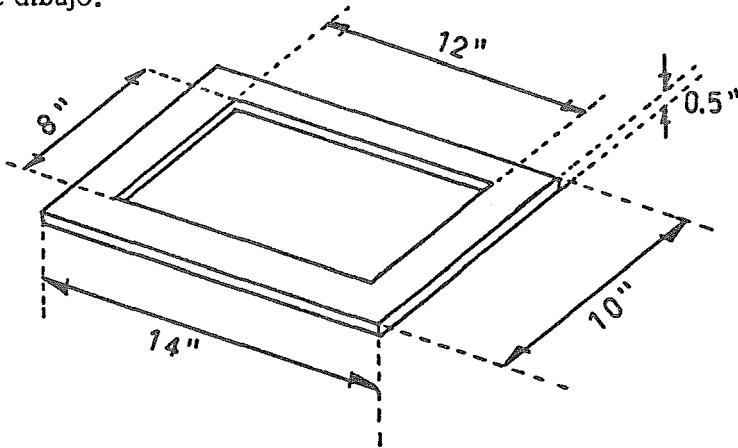
El polietileno con el que se trabajó presenta las siguien--  
tes características:

- a). - Densidad:  $0.8941 \text{ gr/cm}^3$ .
- b). - Punto de fusión:  $112^\circ\text{C}$ .



### APENDICE IV

Los moldes empleados, se hicieron con acero Cold Roll, -  
y sus dimensiones son mostradas en el si-  
guiente dibujo.



Volumen del molde =  $786.58 \text{ cm}^3$

Los especímenes se hicieron de acuerdo con las siguientes cantidades:

| % de fibra | masa de fibra | masa de polietileno |
|------------|---------------|---------------------|
| 0          | 0             | 703.78              |
| 9.04       | 39.44         | 639.70              |
| 36.17      | 157.84        | 448.90              |
| 72.35      | 315.67        | 194.45              |
| 90.00      | 392.68        | 70.32               |

El cálculo de las masas es de acuerdo a la ecuación:

$$M_i = V \times \text{Densidad} \times \text{Fracc. en volumen}$$

siendo:

V = volumen del molde

La densidad, ver valores para el henequén como del polietileno en el Apendice III.



## APENDICE V

Este apéndice muestra un paquete de resultados obtenidos a través de diferentes tipos de regresión.

Cada uno de los programas reporta:

1. - Matrices

2. - Residuos. En el cual predice el valor de la variable dependiente y además el residuo con respecto al valor experimental.

El objetivo de desarrollar éste paquete de programas, es el de encontrar una expresión matemática que permita, predecir el valor de la variable dependiente (esfuerzo de tensión) a través del conocimiento de las variables independientes, que en éste caso son las variables del proceso de producción del tablero o compuesto.

Las variables que se suministraron al programa como independientes fueron: la longitud de fibra y el porcentaje en volumen de fibra.

En los paquetes de resultados con los diferentes tipos de regresión (lineal, semilogarítmica y logarítmica) se colocaron como variables independientes el porcentaje en volumen y la longitud de fibra, en otro caso se colocó como única variable independiente el porcentaje en volumen de fibra.

## APENDICE V

Una de las técnicas estadísticas más importantes y de las más útiles para el área de Ingeniería es el análisis estadístico en el cual se desarrollan modelos matemáticos para representar situaciones físicas.

Este tipo de análisis es llamado Análisis de Regresión y se interesa en el desarrollo de una relación funcional específica. Lo dicho en éste párrafo puede expresarse como

$$y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n).$$

La aplicación del análisis de regresión involucra cuatro etapas:

- 1). - Selección de un modelo.
- 2). - Cálculo de coeficientes.
- 3). - Prueba estadística del modelo.
- 4). - Evaluación del modelo para determinar una dirección para su mejoramiento.

Cada uno de los programas desarrollados involucra éstas cuatro etapas.

En la selección del modelo, se eligió como tal la línea recta:  $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$  (y)  $y = b_0 + b_1 x$

Se hizo una regresión del tipo lineal, semilogarítmico y logarítmico tomando como modelo la línea recta.

El cálculo de coeficientes se reporta también en los resul  
tados que presenta el programa, éste cálculo se realiza general-  
mente por mínimos cuadrados.

## APENDICE V

La etapa tres es necesaria y muy importante, debido que determina la variable dependiente en función de la o las variables independientes, desarrollando ésta etapa el cálculo del análisis de variancia. Este análisis nos determina la dispersión de los datos calculados por la expresión encontrada, comparados con los datos experimentales.

Por tal motivo se desarrolla el error de la suma de los cuadrados, esto se reporta en los programas como residuales y se calcula por la expresión  $Res = \sum y^2 - b_0 \sum y - b_1 \sum xy$ .

Sin embargo la variación esperada de corrida a corrida es relacionada a la suma de cuadrados de totales, ésta se encuentra por la expresión:  $Totales = (\text{Var. dep} - y)^2$

Así, para determinar el significado del modelo es necesario determinar cual es la variación que ha sido considerada por la ( s) variable independientes, ésta cantidad es llamada coeficiente de regresión y se encuentra por la expresión:  $\text{Coef. de Regresión} = \text{Total} - \text{Residuales}$ .

# LISTA DE PROGRAMAS

| PROGRAMA | VARIABLES INDEPENDIENTES |              | TIPO DE REGRESION |
|----------|--------------------------|--------------|-------------------|
|          | L.DE FIBRA               | % EN VOLUMEN |                   |
| 1        |                          | X            | LINEAL            |
| 2        |                          | X            | S.LOGARITMICA     |
| 3        |                          | X            | LOGARITMICA       |
| 4        | X                        | X            | LINEAL            |
| 5        | X                        | X            | S.LOGARITMICA     |
| 6        | X                        | X            | LOGARITMICA       |
| 7        |                          | X            | LINEAL            |
| 8        |                          | X            | S.LOGARITMICA     |
| 9        |                          | X            | LOGARITMICA       |
| 10       | X                        | X            | LINEAL            |
| 11       | X                        | X            | S.LOGARITMICA     |
| 12       | X                        | X            | LOGARITMICA       |

JOB DEE \*\*\*\*\*  
PRG DEE = 12A  
DATA DEE = 1ES  
ANALYSIS = MLTR  
DATA = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRAOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUI WEIGHTS=

## PROGRAMA 1

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 1  
SAMPLE SIZE = 17  
INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL   | MEAN     | STD DEVIATION |
|-----|---------|----------|---------------|
| 1   | VOLUMEN | 38.39547 | 33.77716      |
| 2   | TENSION | 30.23310 | 3.49663       |

NORMAL MATRIX -

1

ROW 1  
16254.3498

CORRELATION MATRIX -

1

2

|       |         |         |
|-------|---------|---------|
| ROW 1 | 1.0000  | -0.7186 |
| ROW 2 | -0.7186 | 1.0000  |



JOB DLF= \*\*\*\*\*  
 PROC DLF= TEN  
 DATA DLF= TES  
 ANALYSIS= MULTR  
 DATA SLT= 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL     | REGRESSION COEFFICIENT | BETA COEFFICIENT |
|-----|-----------|------------------------|------------------|
| 1   | INTERCEPT | 39.06114               |                  |
|     | VOLUMEN   | -0.18654               | -0.71857         |

|  |   |         |
|--|---|---------|
| STANDARD ERROR OF ESTIMATE             | = | 6.09560 |
| COEFFICIENT OF DETERMINATION           | = | 0.51835 |
| COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)     | = | 0.48419 |
| MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT       | = | 0.71857 |
| MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) | = | 0.69578 |

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL   | STD ERROR | STD ERR BETA | T VALUE | CONF   |
|-----|---------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN | 0.04512   | 0.17956      | -4.002  | 99.908 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

| VAR | LABEL   | PARTIAL CORR | R2-DELETE |
|-----|---------|--------------|-----------|
| 1   | VOLUMEN | -0.71857     | 0.51835   |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES OF FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|--------------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 1                  | 595.6211       | 595.6211    | 16.6140 | 99.881     |
| RESIDUAL            | 15                 | 557.3446       | 37.1563     |         |            |
| TOTAL               | 16                 | 1152.9657      |             |         |            |

JOB DEF = \*\*\*\*  
 PROC DEF = TEN  
 DATA DEF = TIS  
 ANALYSIS = MULT  
 DATA SLT = 1

TEMPERATURE OF 150 MICRONS CENTIGRADES

OBSERVATIONS: 17 READS 17 PROCESSED 0 REJECTED 0 REJECTED 0 REJECTED 0 REJECTED

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL  |
|-----|----------|-------------|-----------|
| 1   | 24.86400 | 37.88042    | -12.01642 |
| 2   | 44.52800 | 37.42902    | 7.09898   |
| 3   | 25.47500 | 37.53086    | -7.06086  |
| 4   | 27.79000 | 25.99874    | 1.79126   |
| 5   | 23.05000 | 25.81213    | -0.23782  |
| 6   | 33.58000 | 37.42900    | -3.84902  |
| 7   | 34.89400 | 37.53086    | -3.36514  |
| 8   | 35.89600 | 27.99874    | 7.89726   |
| 9   | 27.84000 | 27.81211    | -0.07211  |
| 10  | 42.81000 | 37.42900    | 5.41092   |
| 11  | 22.47000 | 37.53086    | -7.06086  |
| 12  | 22.54000 | 25.99874    | -2.89944  |
| 13  | 19.22700 | 25.81211    | -4.28511  |
| 14  | 42.84000 | 37.42900    | 5.41092   |
| 15  | 34.73800 | 37.53086    | -2.20714  |
| 16  | 24.31600 | 25.99874    | -1.05278  |
| 17  | 20.37900 | 25.81211    | -2.43311  |

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 2.73147

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
PRDC DEF = TEM  
DATA DEF = TES  
ANALYSIS = MULTR  
DATA SET = 1

TEMPERATURA LL 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 OBJECTS. SUB WEIGHTS=

## PROGRAMA 2

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS  
*Semi-logarithmic*

PROBLEM NUMBER = 1  
SAMPLING SIZE = 17  
INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION  
VAR LABEL MEAN STD DEVIATION

|   |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| 1 | VOLUNT. | 1.48859 | 0.57096 |
| 2 | TENSION | 30.2318 | 0.4063  |

NORMAL MATRIX =  
1

ROW 1  
4.7867

CORRELATION MATRIX =  
1 2

|       |         |         |
|-------|---------|---------|
| ROW 1 | 1.0000  | -0.5125 |
| ROW 2 | -0.5125 | 1.0000  |

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
 PROC DEF = TEL  
 DATA DEF = TEL  
 ANALYSIS = MONTH  
 DATE SET 1

TEMPERATURE LL 150 GRADUS CENTIGRADUS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED OBJECTIVE. SLIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (DELTA) COEFFICIENTS =

| VAR | LABEL                                  | REGRESSION COEFFICIENT | DELTA COEFFICIENT |
|-----|--|------------------------|-------------------|
| 1   | INTERCEPT<br>VOLUME                    | 72.07256<br>-7.05126   | -0.51246          |
|     | STANDARD ERROR OF ESTIMATE             | =                      | 7.52657           |
|     | COEFFICIENT OF DETERMINATION           | =                      | 0.26261           |
|     | COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)     | =                      | 0.21345           |
|     | MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT       | =                      | 0.51246           |
|     | MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) | =                      | 0.46201           |

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS =

| VAR | LABEL  | STD ERROR | STD ERR BETA | T VALUE | CONF   |
|-----|--------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUME | 3.77016   | 0.27172      | -2.311  | 96.636 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R-SQUARE =

| VAR | LABEL  | PARTIAL CORR | R-SQUARE |
|-----|--------|--------------|----------|
| 1   | VOLUME | -0.51216     | 0.00000  |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 1               | 302.6271       | 302.6271    | 5.3421  | 96.456     |
| RESIDUAL            | 15              | 879.7386       | 58.6492     |         |            |
| TOTAL               | 16              | 1182.3657      |             |         |            |

JOB DEF  
 PROC DEF  
 DATA DEF  
 ANALYSIS  
 DATA SET

\*\*\*\*\*  
 TIES  
 MULT 1

TEMPERATURE LL 150 GRADUS CENTIGRADUS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL  |
|-----|----------|-------------|-----------|
| 1   | 26.86400 | 45.01200    | -18.14800 |
| 2   | 46.52300 | 34.46976    | 12.05324  |
| 3   | 29.44700 | 29.01167    | 0.43533   |
| 4   | 27.79000 | 27.25763    | 0.53237   |
| 5   | 23.05000 | 26.53382    | -3.48382  |
| 6   | 33.58000 | 34.46976    | -0.88976  |
| 7   | 35.89000 | 29.01167    | 6.87833   |
| 8   | 35.89000 | 27.25763    | 8.63237   |
| 9   | 26.84000 | 26.53382    | 0.30618   |
| 10  | 42.84000 | 34.46976    | 8.37024   |
| 11  | 25.44700 | 29.01167    | -3.56467  |
| 12  | 26.94000 | 27.25763    | -0.31763  |
| 13  | 16.52700 | 26.53382    | -10.00682 |
| 14  | 42.84000 | 34.46976    | 8.37024   |
| 15  | 34.73000 | 29.01167    | 5.71833   |
| 16  | 24.31000 | 27.25763    | -2.94763  |
| 17  | 20.37000 | 26.53382    | -6.16382  |

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 2.53176

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
PROC DEF = TLL  
DATA DEF = TES  
ANALYSIS = MULTR  
DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CELSIUS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

### PROGRAMA 3

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 2  
SAMPLE SIZE = 17  
INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL   | MEAN   | STD DEVIATION |
|-----|---------|--------|---------------|
| 1   | VOLUMEN | 1.5209 | 0.51666       |
| 2   | TENSION | 1.0447 | 0.12052       |

NORMAL MATRIX -

1  
ROW 1 4.7667

CORRELATION MATRIX -

|       |                |
|-------|----------------|
| 1     | 2              |
| ROW 1 | 1.0000 -0.5132 |
| ROW 2 | -0.5132 1.0000 |

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
 PROC DEF = TEN  
 DATA DEF = TES  
 ANALYSIS = ULT  
 DATE = SE 1

TEMPERATURE ALL 150 GRADES CENTIGRADES

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SCA WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL     | REGRE COEFFICIENT | SIGN | BETA COEFFICIENT |
|-----|-----------|-------------------|------|------------------|
| 1   | INTERCEPT | -1.13470          |      | -0.51822         |
|     | VOLUMEN   | -0.17419          |      |                  |

|  |   |         |
|--|---|---------|
| STANDARD ERROR OF ESTIMATE             | = | 0.10645 |
| COEFFICIENT OF DETERMINATION           | = | 0.26855 |
| COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)     | = | 0.21979 |
| MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT       | = | 0.51822 |
| MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) | = | 0.46882 |

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL   | STD ERROR | STD ERR BETA | T VALUE | CONF   |
|-----|---------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN | 0.74866   | 0.27082      | -2.347  | 96.669 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R<sup>2</sup>-DELTA -

| VAR | LABEL   | PARTIAL CORR | R <sup>2</sup> -DELTA |
|-----|---------|--------------|-----------------------|
| 1   | VOLUMEN | -0.51822     | 2.48683E-12           |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 1               | 0.0624         | 0.0624      | 5.5072  | 96.691     |
| RESIDUAL            | 15              | 0.1700         | 0.0113      |         |            |
| TOTAL               | 16              | 0.2324         |             |         |            |

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
 PROC DEF = TEL  
 DATA DEF = TEL  
 ANALYSIS = MULT  
 DATA SET = 1

TEMPERATURE LL 150 GRADES CENTIGRADES

OBSERVATIONS: 17 REAL, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL |
|-----|----------|-------------|----------|
| 1   | 1.42217  | 1.62476     | -0.20259 |
| 2   | 1.60771  | 1.52551     | 0.08220  |
| 3   | 1.40003  | 1.45671     | -0.05672 |
| 4   | 1.44389  | 1.42237     | 0.02152  |
| 5   | 1.30267  | 1.41155     | -0.10888 |
| 6   | 1.52008  | 1.52551     | -0.00543 |
| 7   | 1.55505  | 1.45675     | 0.09830  |
| 8   | 1.55505  | 1.42237     | 0.13268  |
| 9   | 1.31090  | 1.41155     | -0.10065 |
| 10  | 1.63165  | 1.52551     | 0.10614  |
| 11  | 1.40003  | 1.45675     | -0.05672 |
| 12  | 1.40003  | 1.42237     | 0.02152  |
| 13  | 1.26781  | 1.41155     | -0.14374 |
| 14  | 1.63165  | 1.52551     | 0.10614  |
| 15  | 1.54000  | 1.45675     | 0.08325  |
| 16  | 1.30267  | 1.42237     | -0.11970 |
| 17  | 1.30910  | 1.41155     | -0.10245 |

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 2.47038



JOB DEF= \*\*\*\*  
 PROC DEF= TEN  
 DATA DEF= TES  
 ANALYSIS= MULT  
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

## PROGRAMA 4

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 2  
 SAMPLE SIZE = 17  
 INDEPENDENT VARIABLES = 2

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL    | MEAN     | ST. DEVIATION |
|-----|----------|----------|---------------|
| 1   | VOLUMEN  | 98.39647 | 33.77716      |
| 2   | LONGITUD | 4.33882  | 1.52461       |
| 3   | TENSION  | 30.23310 | 5.48663       |

NORMAL MATRIX -

|       | 1           | 2        |
|-------|-------------|----------|
| ROW 1 | 10254.03498 | 180.7195 |
| ROW 2 | 180.7195    | 198.7656 |

CORRELATION MATRIX -

|       | 1       | 2       | 3       |
|-------|---------|---------|---------|
| ROW 1 | 1.0000  | 0.03949 | -0.7186 |
| ROW 2 | 0.03949 | 1.0000  | 0.0002  |
| ROW 3 | -0.7186 | 0.0002  | 1.0000  |

JOB DEF= \*\*\*\*  
 PRIC DEF= TEN  
 DATA DEF= LES  
 ANALYSIS= MULT  
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ 17 PROCESSED 0 REJECTED. SU WRIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL     | REGRESSION<br>COEFFICIENT | BETA<br>COEFFICIENT |
|-----|-----------|---------------------------|---------------------|
| 1   | INTERCEPT | 38.38792                  |                     |
| 2   | VOLUMEN   | -0.18219                  | -0.77512            |
| 2   | LONGITUD  | 0.16703                   | 0.65896             |

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 6.27871  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.52100  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.45204  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.72184  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.67278

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL    | STD ERROR | STD ERK BETA | T VALUE | CONF   |
|-----|----------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN  | 0.34660   | 0.19580      | -1.800  | 89.086 |
| 2   | LONGITUD | 0.14737   | 0.19580      | 0.371   | 26.188 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

| VAR | LABEL    | PARTIAL CORR | R2-DELETE |
|-----|----------|--------------|-----------|
| 1   | VOLUMEN  | -0.72184     | 0.51635   |
| 2   | LONGITUD | 0.59871      | 0.51635   |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 2               | 300.4512       | 150.2256    | 7.6106  | 99.422     |
| RESIDUAL            | 14              | 551.9145       | 39.4225     |         |            |
| TOTAL               | 16              | 1152.3657      |             |         |            |

JOB DEF = \*\*\*\*  
 PROC DEF = IEN  
 DATA DEF = IES  
 ANALYSIS = MULT  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SLM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL  |
|-----|----------|-------------|-----------|
| 1   | 24.86400 | 33.37176    | -11.50776 |
| 2   | 44.52800 | 33.95180    | 10.57620  |
| 3   | 25.47000 | 32.00905    | -6.53905  |
| 4   | 27.79000 | 23.41750    | 4.37250   |
| 5   | 23.05000 | 22.20180    | 0.84820   |
| 6   | 33.58000 | 32.16280    | 1.41720   |
| 7   | 35.89600 | 32.21991    | 3.67609   |
| 8   | 35.89600 | 22.32038    | 13.57562  |
| 9   | 20.84000 | 22.41275    | -1.57275  |
| 10  | 42.84000 | 32.55430    | 10.28570  |
| 11  | 25.47000 | 32.63500    | -7.16500  |
| 12  | 28.47000 | 23.65000    | 4.82000   |
| 13  | 18.52700 | 23.13440    | -4.60740  |
| 14  | 42.84000 | 33.42780    | 9.41220   |
| 15  | 34.73000 | 31.48000    | 3.25000   |
| 16  | 24.31600 | 23.85954    | 0.45646   |
| 17  | 20.37900 | 23.67792    | -3.29892  |

CURPIN-WATSON D STATISTIC = 2.71223

JOB NO: \*\*\*\*\*  
 PROC NO: = TEL  
 DATA SET = TEL  
 ANALYSIS = TOLTR  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

## PROGRAMA 5

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM TYPE = SEMILOGARITHMIC  
 SAMPLE SIZE = 17  
 INDEPENDENT VARIABLES = 2

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL    | MEAN     | STD. DEVIATION |
|-----|----------|----------|----------------|
| 1   | VOLUMEN  | 1.77809  | 0.54096        |
| 2   | LONGITUD | 0.52208  | 0.26241        |
| 3   | TENSION  | 30.23316 | 0.44003        |

NORMAL MATRIX -

|       | 1      | 2      |
|-------|--------|--------|
| ROW 1 |        |        |
| ROW 2 | 4.7667 | 0.8207 |
| ROW 3 | 0.8267 | 2.1014 |

CORRELATION MATRIX -

|       | 1       | 2      | 3       |
|-------|---------|--------|---------|
| ROW 1 |         |        |         |
| ROW 2 | 1.0000  | 0.2607 | -0.5125 |
| ROW 3 | 0.2607  | 1.0000 | 0.0013  |
| ROW 4 | -0.5125 | 0.0013 | 1.0000  |

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
 PROC DEF = TEL  
 DATA DEF = TES  
 ANALYSIS = MULT  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 OBJECTS. SUM WEIGHTS =

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL     | REGRESSION COEFFICIENT | BETA COEFFICIENT |
|-----|-----------|------------------------|------------------|
| 1   | INTERCEPT | 41.17372               |                  |
|     | VOLUMEN   | -0.55827               | -0.55016         |
| 2   | LONGITUD  | 3.38702                | 0.14425          |

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 7.6874  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.2821  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.1795  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.5312  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.4237

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL    | STD ERROR | STD ERR BETA | T VALUE | CONF   |
|-----|----------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN  | 3.43030   | 0.23459      | -2.346  | 96.161 |
| 2   | LONGITUD | 5.48264   | 0.23459      | 0.617   | 45.441 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

| VAR | LABEL    | PARTIAL CORR | R2-DELETE   |
|-----|----------|--------------|-------------|
| 1   | VOLUMEN  | -0.53115     | 1.57072E-06 |
| 2   | LONGITUD | 0.17263      | 0.26261     |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES OF FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|--------------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 2                  | 395.1017       | 197.5509    | 2.7509  | 96.17%     |
| RESIDUAL            | 14                 | 627.9648       | 44.8546     |         |            |
| TOTAL               | 16                 | 1023.0665      |             |         |            |

JOB DEF= \*\*\*\*\*  
 PROC DEF= TLU  
 DAT DEF= TES  
 ANALYSIS= ULTR  
 DATA SET= 1

TEMPERATURE LL 150 GRADDS CELSIUS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL   |
|-----|----------|-------------|------------|
| 1   | 20.86400 | 41.17372    | -1.430972  |
| 2   | 40.52800 | 33.36324    | -1.316476  |
| 3   | 25.47900 | 28.22286    | -1.2275286 |
| 4   | 27.79000 | 25.65266    | -1.2213732 |
| 5   | 23.05000 | 24.84340    | -1.179340  |
| 6   | 33.58000 | 34.38295    | -1.080295  |
| 7   | 35.89000 | 39.24334    | -1.066534  |
| 8   | 35.89000 | 36.67339    | -1.0922361 |
| 9   | 20.84000 | 25.66310    | -1.5902310 |
| 10  | 42.84000 | 35.40237    | -1.5743733 |
| 11  | 25.47000 | 32.50667    | -1.4780667 |
| 12  | 28.94000 | 32.20211    | -1.3224789 |
| 13  | 16.52700 | 36.62264    | -1.35584   |
| 14  | 42.84000 | 36.42236    | -1.641762  |
| 15  | 34.73000 | 31.22201    | -1.3345599 |
| 16  | 24.31600 | 28.71183    | -1.4395583 |
| 17  | 20.37900 | 27.90255    | -1.52355   |

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 2.47238

JOB DEF= \*\*\*\*\*  
 PROC DEF= TEN  
 DATA DEF= TES  
 ANALYSIS= MULTR  
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

# PROGRAMA 6

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

LOGRATICA  
 PROBLEM NUMBER = 1  
 SAMPLE SIZE = 17  
 INDEPENDENT VARIABLES = 2  
 DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL    | MEAN    | STD DEVIATION |
|-----|----------|---------|---------------|
| 1   | VOLUMEN  | 1.48899 | 0.57696       |
| 2   | LONGITUD | 0.52248 | 0.36241       |
| 3   | TENSION  | 1.48467 | 0.17052       |

NORMAL MATRIX -

|       | 1      | 2      |
|-------|--------|--------|
| ROW 1 | 4.7667 | 0.8267 |
| ROW 2 | 0.8267 | 2.1014 |

CORRELATION MATRIX -

|       | 1       | 2       | 3       |
|-------|---------|---------|---------|
| ROW 1 | 1.0000  | 0.2607  | -0.5182 |
| ROW 2 | 0.2607  | 1.0000  | -0.0201 |
| ROW 3 | -0.5182 | -0.0201 | 1.0000  |

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
 PROC DEF = TEN  
 DATA DEF = TES  
 ANALYSIS = PLTR  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL     | REGRESSION COEFFICIENT | PLTA COEFFICIENT |
|-----|-----------|------------------------|------------------|
|     | INTERCEPT | 1.22301                |                  |
| 1   | VOLUMEN   | -0.42127               | -0.55037         |
| 2   | LONGITUD  | 0.04103                | 0.12337          |

|  |   |         |
|--|---|---------|
| STANDARD ERROR OF ESTIMATE             | = | 0.10912 |
| COEFFICIENT OF DETERMINATION           | = | 0.28274 |
| COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)     | = | 0.18027 |
| MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT       | = | 0.53173 |
| MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) | = | 0.42458 |

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL    | STD ERROR | STD ERR BETA | T VALUE | CONF   |
|-----|----------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN  | 0.05166   | 0.23445      | -2.347  | 96.873 |
| 2   | LONGITUD | 0.07797   | 0.23445      | 0.526   | 39.444 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

| VAR | LABEL    | PARTIAL CORR | R2-DELETE |
|-----|----------|--------------|-----------|
| 1   | VOLUMEN  | -0.53166     | 0.0040    |
| 2   | LONGITUD | 0.1926       | 0.26855   |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 2               | 0.0657         | 0.0329      | 2.7593  | 90.233     |
| RESIDUAL            | 14              | 0.1667         | 0.0119      |         |            |
| TOTAL               | 16              | 0.2324         |             |         |            |



JOB DEF = \*\*\*\*\*  
 PRDC DEF = TEN  
 DATA DEF = TCS  
 ANALYSIS = MULT  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SLM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL |
|-----|----------|-------------|----------|
| 1   | 1.42917  | 1.62381     | -0.19464 |
| 2   | 1.66771  | 1.51211     | 0.15560  |
| 3   | 1.40003  | 1.43909     | -0.03306 |
| 4   | 1.44389  | 1.40257     | 0.04132  |
| 5   | 1.38267  | 1.39108     | -0.00840 |
| 6   | 1.52606  | 1.52446     | 0.00160  |
| 7   | 1.55505  | 1.45144     | 0.10361  |
| 8   | 1.55505  | 1.41492     | 0.14012  |
| 9   | 1.31090  | 1.40343     | -0.08453 |
| 10  | 1.63185  | 1.53681     | 0.09504  |
| 11  | 1.40003  | 1.42305     | -0.02302 |
| 12  | 1.46150  | 1.42707     | 0.03443  |
| 13  | 1.26781  | 1.41578     | -0.14797 |
| 14  | 1.63185  | 1.54916     | 0.08269  |
| 15  | 1.54000  | 1.47614     | 0.06386  |
| 16  | 1.38584  | 1.43902     | -0.05318 |
| 17  | 1.30918  | 1.42813     | -0.11894 |

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 2.40404

JOB DEF= \*\*\*  
 PRUC DEF= FAR  
 DATA DEF= TES  
 ANALYSIS= MULTR  
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SLW WEIGHTS=

# PROGRAMA 7

M U L T I P L E L I N E A R R E G R E S S I O N A N A L Y S I S

PROBLEM NUMBER = 1  
 SAMPLE SIZE = 17  
 INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL   | MEAN     | STD DEVIATION |
|-----|---------|----------|---------------|
| 1   | VOLUMEN | 48.93765 | 13.84654      |
| 2   | TENSION | 32.40147 | 9.25130       |

NORMAL MATRIX =

1

RCW 1  
 1.03510839

CORRELATION MATRIX =

1 2

RCW 1 1.0000 -0.5890  
 RCW 2 -0.5890 1.0000

JOB DEF= \*\*\*\*  
 PROC DEF= PAR  
 DATA DEF= RES  
 ANALYSIS= MULTR  
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SLM WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL     | REGRESSION COEFFICIENT | BETA COEFFICIENT |
|-----|-----------|------------------------|------------------|
| 1   | INTERCEPT | 40.25984               |                  |
|     | VOLUMEN   | -0.18091               | -0.59904         |

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 7.72118  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.34697  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.30343  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.58904  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.55085

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL   | STD ERROR | STD ERR BETA | T VALUE | CONF   |
|-----|---------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN | 0.05700   | 0.20865      | -2.823  | 98.938 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

| VAR | LABEL   | PARTIAL CORR | R2-DELETE |
|-----|---------|--------------|-----------|
| 1   | VOLUMEN | -0.58904     | 0.00000   |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 1               | 475.1353       | 475.1353    | 7.9699  | 98.715     |
| RESIDUAL            | 15              | 894.2483       | 59.6162     |         |            |
| TOTAL               | 16              | 1369.3836      |             |         |            |

JOB DEF = \*\*\*\*  
 PRUC DEF = PAR  
 DATA DEF = LES  
 ANALYSIS = MULT  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS =

TABLE OF RESIDUALS

| UBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL  |
|-----|----------|-------------|-----------|
| 1   | 27.79000 | 40.25984    | -12.46984 |
| 2   | 31.52000 | 33.80523    | -3.28523  |
| 3   | 31.58000 | 31.43980    | -0.35980  |
| 4   | 31.34000 | 23.41814    | -0.27814  |
| 5   | 31.60000 | 25.77812    | -1.17812  |
| 6   | 31.21000 | 34.50523    | -0.59523  |
| 7   | 31.55000 | 34.43980    | 6.08820   |
| 8   | 31.37000 | 23.41814    | 10.75186  |
| 9   | 31.46000 | 25.77812    | -3.31812  |
| 10  | 31.54000 | 31.43980    | -0.48523  |
| 11  | 31.59000 | 31.43980    | -5.40980  |
| 12  | 31.54000 | 23.41814    | -0.32186  |
| 13  | 31.52700 | 25.77812    | -7.25112  |
| 14  | 31.41700 | 31.43980    | 7.36477   |
| 15  | 31.51000 | 31.43980    | 17.66820  |
| 16  | 31.47400 | 23.41814    | -3.14414  |
| 17  | 31.31600 | 25.77812    | -1.46212  |

DURBIN-WATSON U STATISTIC = 1.6305

JOB DEF = \*\*\*\*  
PROC DEF = PAR  
DATA DEF = TES  
ANALYSIS = MULT  
DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS =

## PROGRAMA 8

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 2  
SAMPLE SIZE = 17  
INDEPENDENT VARIABLES = 1  
DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL   | MEAN     | STD DEVIATION |
|-----|---------|----------|---------------|
| 1   | VOLUMEN | 1.48899  | 0.59696       |
| 2   | TENSION | 32.40147 | 9.25130       |

NORMAL MATRIX -

1

RUM 1 4.7867

CORRELATION MATRIX -

1 2

RUM 1 1.0000  
RUM 2 -0.3284  
-0.3284 1.0000

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
 PROC DEF = PAR  
 DATA DEF = TLS  
 ANALYSIS = MULTR  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA IL 170 GRADUS CENTIGRADUS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL     | REGRESSION COEFFICIENT | META COEFFICIENT |
|-----|-----------|------------------------|------------------|
| 1   | INTERCEPT | 40.67136               | -0.37637         |
|     | VOLUMEN   | -5.255403              |                  |

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 9.02486  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.10783  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.04835  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.32837  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.21986

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL   | STD ERROR | STD ERR META | T VALUE | CRIF   |
|-----|---------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN | 4.12500   | 0.24388      | -1.346  | 80.416 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

| VAR | LABEL   | PARTIAL CORR | R2-DELETE      |
|-----|---------|--------------|----------------|
| 1   | VOLUMEN | -0.32837     | 65.09708% - 13 |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CUMI LEVEL |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 1               | 147.6566       | 147.6566    | 1.8129  | 80.184     |
| RESIDUAL            | 15              | 1221.7270      | 81.4485     |         |            |
| TOTAL               | 16              | 1369.3836      |             |         |            |

JOB DEF \*\*PAR  
 DATA DEF = TES  
 ANALYSIS = MULT  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL  |
|-----|----------|-------------|-----------|
| 1   | 27.79000 | 40.67136    | -12.88136 |
| 2   | 42.52000 | 35.36077    | 7.15923   |
| 3   | 33.58000 | 32.01624    | 1.56376   |
| 4   | 38.34000 | 30.03397    | 8.30603   |
| 5   | 44.60000 | 35.83743    | 8.76257   |
| 6   | 40.21000 | 35.50777    | 4.70223   |
| 7   | 40.53000 | 32.01624    | 8.51376   |
| 8   | 33.97000 | 33.53397    | 0.43603   |
| 9   | 44.44000 | 35.83743    | 8.60257   |
| 10  | 38.94000 | 32.01624    | 6.92376   |
| 11  | 40.94000 | 35.50777    | 5.43223   |
| 12  | 40.94000 | 32.01624    | 8.92376   |
| 13  | 40.94000 | 35.50777    | 5.43223   |
| 14  | 40.94000 | 32.01624    | 8.92376   |
| 15  | 46.52700 | 39.81743    | 6.70957   |
| 16  | 46.17000 | 35.36077    | 10.80923  |
| 17  | 32.10400 | 32.01624    | 0.08776   |
| 18  | 35.47400 | 30.03397    | 5.44003   |
| 19  | 24.31600 | 29.81743    | -5.50143  |

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 1.74567

JOB DEF= \*\*\*\*  
PRDC DEF= PAR  
DATA DEF= TES  
ANALYSIS= MULT  
DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

## PROGRAMA 9

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

LOGARITMICA  
PROBLEM NUMBER = 2  
SAMPLE SIZE = 17  
INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL   | MEAN    | STD DEVIATION |
|-----|---------|---------|---------------|
| 1   | VOLUMEN | 1.48899 | 0.57696       |
| 2   | TENSION | 1.40436 | 0.12190       |

NORMAL MATRIX -

1

ROW 1 4.7867

CORRELATION MATRIX -

1

2

|       |         |         |
|-------|---------|---------|
| ROW 1 | 1.0000  | -0.3624 |
| ROW 2 | -0.3624 | 1.0000  |



PROJ DEF = \*\*\*\*\*  
 DATA DEF = PAR  
 ANALYSIS = TELS  
 DATA SET = MULTR 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED

0 DEFECTS, SUM WEIGHTS =

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL                                  | REGRESSION COEFFICIENT | BETA COEFFICIENT |
|-----|--|------------------------|------------------|
| 1   | INTERCEPT VOLUMEN                      | 1.61461<br>-0.24076    | -0.36239         |
|     | STANDARD ERROR OF ESTIMATE             | =                      | 0.11734          |
|     | COEFFICIENT OF DETERMINATION           | =                      | 0.13132          |
|     | COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)     | =                      | 0.07341          |
|     | MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT       | =                      | 0.36239          |
|     | MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) | =                      | 0.27095          |

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL   | STD ERROR | STD ERR META | T VALUE | CONF   |
|-----|---------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN | 0.05363   | 0.24065      | -1.506  | 84.955 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R<sup>2</sup>-DELETE -

| VAR | LABEL   | PARTIAL CORR | R <sup>2</sup> -DELETE |
|-----|---------|--------------|------------------------|
| 1   | VOLUMEN | -0.36239     | 2.09398E-12            |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 1               | 0.0312         | 0.0312      | 2.2677  | 84.714     |
| RESIDUAL            | 15              | 0.2065         | 0.0138      |         |            |
| TOTAL               | 16              | 0.2377         |             |         |            |

JOB DEF = \*\*\*P\*\*  
 PRBC DEF = PER  
 DATA DEF = TCS  
 ANALYSIS = MULTR  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA IC 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ 17 PROCESSED 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL |
|-----|----------|-------------|----------|
| 1   | 1.44389  | 1.61461     | -0.17073 |
| 2   | 1.62867  | 1.53739     | 0.09128  |
| 3   | 1.52008  | 1.48876     | 0.03132  |
| 4   | 1.45240  | 1.46444     | -0.01204 |
| 5   | 1.39094  | 1.45678     | -0.06585 |
| 6   | 1.58218  | 1.53739     | 0.04479  |
| 7   | 1.66776  | 1.48876     | 0.17900  |
| 8   | 1.59517  | 1.46444     | 0.13072  |
| 9   | 1.35149  | 1.45678     | -0.10530 |
| 10  | 1.46150  | 1.53739     | -0.07589 |
| 11  | 1.46150  | 1.48876     | 0.02726  |
| 12  | 1.46150  | 1.46444     | 0.02294  |
| 13  | 1.26781  | 1.45678     | -0.18898 |
| 14  | 1.06436  | 1.53739     | -0.47303 |
| 15  | 1.71090  | 1.48876     | 0.22215  |
| 16  | 1.40610  | 1.46444     | -0.05834 |
| 17  | 1.38589  | 1.45678     | -0.07089 |

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 1.84584

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
 PROC DEF = PAR  
 DATA DEF = TES  
 ANALYSIS = MULTR  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SLM WEIGHTS =

# PROGRAMA 10

M U L T I P L E L I N E A R R E G R E S S I O N A N A L Y S I S

PROBLEM NUMBER = 2  
 SAMPLE SIZE = 17  
 INDEPENDENT VARIABLES = 2  
 DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL    | MEAN     | STD DEVIATION |
|-----|----------|----------|---------------|
| 1   | VCLUMEN  | 48.93765 | 33.84654      |
| 2   | LONGITUD | 4.48000  | 3.59500       |
| 3   | TENSION  | 32.40147 | 9.29130       |

NORMAL MATRIX =

|       | 1          | 2        |
|-------|------------|----------|
| RCH 1 | 18351.0839 | 233.0960 |
| RCH 2 | 233.0960   | 206.7844 |

CORRELATION MATRIX =

|       | 1       | 2      | 3       |
|-------|---------|--------|---------|
| RCH 1 | 1.0000  | 0.1197 | -0.5890 |
| RCH 2 | 0.1197  | 1.0000 | 0.1722  |
| RCH 3 | -0.5890 | 0.1722 | 1.0000  |

JOB DEF = \*\*\*\*\*  
 PROC DEF = PARS  
 DATA DEF = TIES  
 ANALYSIS = MULTI  
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS =

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL     | REGRESSION COEFFICIENT | BETA COEFFICIENT |
|-----|-----------|------------------------|------------------|
| 1   | INTERCEPT | 37.31458               |                  |
| 2   | VOLUMEN   | -0.16896               | -0.61850         |
|     | LONGITUD  | 0.53354                | 0.27419          |

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 7.61789  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.40571  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.32056  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.63774  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.56741

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL    | STD ERROR | STD ERR BETA | T VALUE | CONF   |
|-----|----------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN  | 0.25664   | 0.22735      | -0.583  | 99.155 |
| 2   | LONGITUD | 0.53354   | 0.22735      | 1.187   | 74.835 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

| VAR | LABEL    | PARTIAL CORR | R2-DELETE |
|-----|----------|--------------|-----------|
| 1   | VOLUMEN  | -0.42337     | 0.02965   |
| 2   | LONGITUD | 0.30346      | 0.34697   |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 2               | 554.9452       | 277.4726    | 4.1987  | 97.413     |
| RESIDUAL            | 14              | 812.4368       | 58.0313     |         |            |
| TOTAL               | 16              | 1369.3836      |             |         |            |

JOB DEF \*\* \*\* \*\*  
 PROC DEF \*\* \*\*  
 DATA DEF \*\*  
 ANALYSIS \*\*  
 DATA SET \*

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SLM WEIGHTS\*

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL  |
|-----|----------|-------------|-----------|
| 1   | 27.79000 | 37.81458    | -10.02458 |
| 2   | 33.52800 | 37.79582    | -5.43618  |
| 3   | 33.38000 | 32.50807    | 1.40719   |
| 4   | 33.34000 | 25.63926    | 1.94474   |
| 5   | 22.60000 | 23.64120    | -1.18680  |
| 6   | 37.10000 | 37.89422    | -0.31358  |
| 7   | 33.52800 | 33.31266    | 0.21534   |
| 8   | 33.37000 | 27.19986    | 6.17018   |
| 9   | 33.52800 | 24.99780    | 8.53020   |
| 10  | 33.52800 | 33.96522    | -0.45656  |
| 11  | 33.52800 | 33.31266    | 0.21534   |
| 12  | 33.52800 | 33.52800    | 0.00000   |
| 13  | 33.52800 | 33.52800    | 0.00000   |
| 14  | 33.52800 | 33.52800    | 0.00000   |
| 15  | 33.52800 | 33.52800    | 0.00000   |
| 16  | 33.52800 | 33.52800    | 0.00000   |
| 17  | 33.52800 | 33.52800    | 0.00000   |

DLR BINOMIAL STATISTIC = 1.68347

IDN DEF= \*\*\*\*\*  
 PRDC DEF= PAR  
 DATA DEF= TES  
 ANALYSIS= MULT  
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

# PROGRAMA 11

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 1  
 SAMPLE SIZE = 17  
 INDEPENDENT VARIABLES = 2  
 DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL    | MEAN     | STD DEVIATION |
|-----|----------|----------|---------------|
| 1   | VOLUMEN  | 1.48899  | 0.54696       |
| 2   | LONGITUD | 0.52248  | 0.36241       |
| 3   | TENSION  | 32.46147 | 9.25130       |

NORMAL MATRIX =

|       | 1      | 2      |
|-------|--------|--------|
| ROW 1 |        |        |
| ROW 2 | 4.7867 | 0.8267 |
| ROW 3 | 0.6267 | 2.1014 |

CORRELATION MATRIX =

|       | 1      | 2      | 3       |
|-------|--------|--------|---------|
| ROW 1 |        |        |         |
| ROW 2 | 1.0000 | 0.2607 | -0.3284 |
| ROW 3 | 0.2607 | 1.0000 | 0.1092  |
| ROW 4 | 0.3284 | 0.1092 | 1.0000  |

JOB DEF ## \*\*\*\*\*  
 PROC DEF ## PAR  
 DATA DEF ## TLE  
 ANALYSIS ## MULTR  
 DATA SET ## 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUN WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL     | REGRESSION<br>COEFFICIENT | BETA<br>COEFFICIENT |
|-----|-----------|---------------------------|---------------------|
|     | INTERCEPT | 39.25564                  |                     |
| 1   | VOLUMEN   | -0.47552                  | -0.34285            |
| 2   | LONGITUD  | 5.33570                   | 0.20902             |

|  |   |         |
|--|---|---------|
| STANDARD ERROR OF ESTIMATE             | = | 9.12596 |
| COEFFICIENT OF DETERMINATION           | = | 0.14855 |
| COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)     | = | 0.02891 |
| MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT       | = | 0.38542 |
| MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) | = | 0.16405 |

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

| VAR | LABEL    | STD ERROR | STD ERR BETA | T VALUE | CRIF   |
|-----|----------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN  | 4.32055   | 0.25544      | -1.499  | 84.773 |
| 2   | LONGITUD | 6.52081   | 0.25544      | 0.818   | 57.547 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R<sup>2</sup>-DELETE -

| VAR | LABEL    | PARTIAL CORR | R <sup>2</sup> -DELETE |
|-----|----------|--------------|------------------------|
| 1   | VOLUMEN  | -0.37184     | 0.01193                |
| 2   | LONGITUD | 0.41364      | 0.10763                |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES OF FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF. LEVEL |
|---------------------|--------------------|----------------|-------------|---------|-------------|
| REGRESSION          | 2                  | 203.4184       | 101.7092    | 1.2212  | 67.557      |
| RESIDUAL            | 14                 | 1165.9652      | 83.2832     |         |             |
| TOTAL               | 16                 | 1369.3836      |             |         |             |

JHE  
 PROC  
 DATA  
 ANALYS  
 DATA

L  
 LEFT  
 SET

#  
 HRRH

\*\*\*  
 PARS  
 TER  
 MULTI  
 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS:

17 READ

17 PROCESSED

0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL  |
|-----|----------|-------------|-----------|
| 1   | 27.79000 | 39.25564    | -11.46564 |
| 2   | 42.52400 | 33.61782    | 8.90618   |
| 3   | 33.56000 | 39.71840    | -6.15840  |
| 4   | 28.34000 | 37.76868    | -9.42868  |
| 5   | 24.60000 | 37.15476    | -12.55476 |
| 6   | 38.21000 | 35.22403    | 3.08597   |
| 7   | 40.52400 | 31.32460    | 9.20340   |
| 8   | 39.37000 | 29.37489    | 9.99511   |
| 9   | 32.46400 | 28.76099    | 3.70301   |
| 10  | 38.94000 | 36.83023    | 2.10977   |
| 11  | 38.94000 | 32.91249    | 5.92751   |
| 12  | 28.94000 | 30.98110    | -2.04110  |
| 13  | 18.52700 | 30.36710    | -11.84010 |
| 14  | 46.17000 | 38.43644    | 7.73356   |
| 15  | 52.10800 | 34.53701    | 17.57099  |
| 16  | 25.47400 | 32.58730    | -7.11330  |
| 17  | 24.31600 | 31.97340    | -7.65740  |

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 1.71860



JOB DEF= \*\*\*\*\*  
 PROC DEF= PAR  
 DATA DEF= TES  
 ANALYSIS= MULT  
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SLM WEIGHTS=

## PROGRAMA 12

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 1  
 SAMPLE SIZE = 17  
 INDEPENDENT VARIABLES = 2

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

| VAR | LABEL    | MEAN    | STD DEVIATION |
|-----|----------|---------|---------------|
| 1   | VOLUMEN  | 1.48899 | 0.57696       |
| 2   | LONGITUD | 0.92248 | 0.36241       |
| 3   | TENSION  | 1.49436 | 0.17190       |

NORMAL MATRIX -

|       | 1      | 2      |
|-------|--------|--------|
| ROW 1 | 4.7867 | 0.8267 |
| ROW 2 | 0.8267 | 2.1014 |

CORRELATION MATRIX -

|       | 1       | 2      | 3       |
|-------|---------|--------|---------|
| ROW 1 | 1.0000  | 0.2607 | -0.3624 |
| ROW 2 | 0.2607  | 1.0000 | 0.0486  |
| ROW 3 | -0.3624 | 0.0486 | 1.0000  |

JOB DEF= \*\*\*\*\*  
 PROC DEF= PAR  
 DATA DEF= TES  
 ANALYSIS= MULTR  
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS =

| VAR | LABEL     | REGRESSION COEFFICIENT | BETA COEFFICIENT |
|-----|-----------|------------------------|------------------|
| 1   | INTERCEPT | 1.60092                |                  |
| 2   | VOLUMEN   | -0.0968                | -0.40239         |
|     | LONGITUD  | 0.05162                | 0.15347          |

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 0.11991  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.15328  
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.03232  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.39151  
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.17977

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS =

| VAR | LABEL    | STD ERROR | STD ERR META | T VALUE | CONF   |
|-----|----------|-----------|--------------|---------|--------|
| 1   | VOLUMEN  | 0.05677   | 0.25473      | -1.580  | 86.739 |
| 2   | LONGITUD | 0.08568   | 0.25473      | 0.602   | 44.620 |

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE =

| VAR | LABEL    | PARTIAL CORR | R2-DELETE |
|-----|----------|--------------|-----------|
| 1   | VOLUMEN  | -0.38894     | 0.09236   |
| 2   | LONGITUD | 0.15897      | 0.13132   |

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE OF VARIATION | DEGREES FREEDOM | SUM OF SQUARES | MEAN SQUARE | F RATIO | CONF LEVEL |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------|------------|
| REGRESSION          | 2               | 0.0364         | 0.0182      | 1.2672  | 68.798     |
| RESIDUAL            | 14              | 0.2013         | 0.0144      |         |            |
| TOTAL               | 16              | 0.2377         |             |         |            |



JOB DEF \*\*\*  
 PROC DEF PAR  
 DATA LIST FTS  
 ANALY SET H H H  
 DATA SET H H H  
 MULT I  
 TFX 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

| OBS | ACTUAL Y | PREDICTED Y | RESIDUAL |
|-----|----------|-------------|----------|
| 1   | 1.44389  | 1.60092     | -0.15703 |
| 2   | 1.52867  | 1.52053     | 0.01081  |
| 3   | 1.52600  | 1.48265     | 0.05955  |
| 4   | 1.45240  | 1.43353     | 0.01287  |
| 5   | 1.39094  | 1.43302     | -0.04009 |
| 6   | 1.58218  | 1.53607     | 0.04611  |
| 7   | 1.60776  | 1.48207     | 0.12569  |
| 8   | 1.59517  | 1.45507     | 0.14010  |
| 9   | 1.35149  | 1.44656     | -0.09508 |
| 10  | 1.46150  | 1.55161     | -0.09011 |
| 11  | 1.46150  | 1.49743     | 0.03593  |
| 12  | 1.46150  | 1.47061     | 0.00911  |
| 13  | 1.26781  | 1.45621     | -0.19430 |
| 14  | 1.66436  | 1.50815     | 0.09721  |
| 15  | 1.71690  | 1.51315     | 0.20376  |
| 16  | 1.40610  | 1.48814     | -0.08005 |
| 17  | 1.38589  | 1.47764     | -0.09175 |

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 1.79794

ECUACIONES OBTENIDAS DE LAS REGRESIONES  
PROGRAMA

$$T = 150^{\circ}\text{C}$$

1 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 39.0611 - 0.1805V$

2 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 42.0725 - 7.0512 \text{Log} V$

3 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 38.3879 - 0.1821V + 0.1660L$

4 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 43.1221 V^{-0.1141}$

5 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 41.1737 - 8.5362 \text{Log} V + 3.3874 \text{Log} L$

6 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 42.0540 V^{-0.1212} L^{0.0410}$

$$T = 170^{\circ}\text{C}$$

7 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 40.2598 - 0.1609V$

8 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 40.6713 - 5.5540 \text{Log} V$

9 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 41.1727 V^{-0.0807}$

10 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 37.8145 - 0.1689V + 0.6335L$

11 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 39.2556 - 6.4755 \text{Log} V + 5.3357 \text{Log} L$

12 \_\_\_\_\_  $\nabla c = 39.8951V^{-0.0096} L^{0.0516}$

DONDE:

V Es el porcentaje en volumen de fibra  
L Es la longitud de fibra en cm

## 8.0. - BIBLIOGRAFIA

- 8.1. - Ferdinand Rodríguez. "Principles of Polymer Systems".  
Páginas 1-9. Ed. Mc Graw Hill Publishing Company.
- 8.2. - "Encyclopedia Of Polymer Science And Technology".  
Vol. 6 Páginas 280-304, 638. Ed. Wiley.
- 8.3. - Annual Book Of ASTM Standards, 1977. Páginas 584-585,  
Parte 36.
- 8.4. - Douglas M. Considine. "Chemical And Process Technology  
Encyclopedia". Páginas 887-901. Ed. Mc Graw Hill Book  
Company.
- 8.5. - Publicación Especial, Cordemex, Enero de 1977.  
"Normas Que Caracterizan Al Henequén".
- 8.6. - A. Kelly y G.J. Davies. "Metallurgical Reviews".  
Vol. 10, No. 37.
- 8.7. - Annual Book Of ASTM Standards, 1977. Páginas 838-844 -  
Parte 35.