



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO, PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

**Oscar David Toj Atz**

**Asesorado por el Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz**

**Guatemala, septiembre de 2008**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO, PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**OSCAR DAVID TOJ ATZ**

ASESORADO POR EL ING. FRANCISCO JAVIER QUIÑÓNEZ DE LA CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA:	Inga. Monica Noemí Mazariegos Ramirez
EXAMINADOR:	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR:	Ing. Jeovany Miranda Castañon
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE DESECHO DEL FRUTO DEL COCO, PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES FIBRO-REFORZADAS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 06 de julio de 2007.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Oscar David Toj Atz', written in a cursive style.

**OSCAR DAVID TOJ ATZ**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 25 de julio de 2008

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

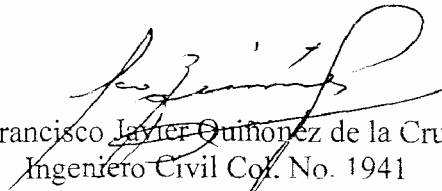
Ingeniero Samuels Milson:

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES FIBRO-REFORZADAS**, elaborado por el estudiante universitario **Oscar David Toj Atz**, quien contó con la asesoría del suscrito.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Toj Atz**, satisface los requisitos para los cuales fue planteado, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente,



Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
Ingeniero Civil Col. No. 1941  
Asesor

Cc archivo



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 25 de julio de 2008

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Samuels Milson:

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES FIBRO-REFORZADAS**, elaborado por el estudiante universitario **Oscar David Toj Atz**, quien contó con la asesoría del suscrito.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Toj Atz**, satisface los requisitos para los cuales fue planteado, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz  
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles



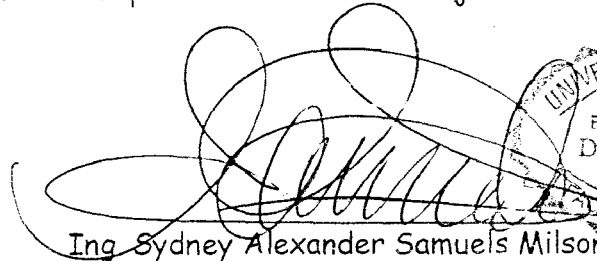
FACULTAD DE INGENIERIA  
AREA DE MATERIALES Y  
CONSTRUCCIONES CIVILES  
USAC


Cc archivo



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación de la estudiante Oscar David Toj Atz, titulado **CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE DESECHO DEL FRUTO DEL COCO, PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES FIBRO-REFORZADAS**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, septiembre 2008.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES FIBROREFORZADAS**, presentado por el estudiante universitario **Oscar David Toj Atz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to be 'Murphy Olympo Paiz Recinos', written over a horizontal line.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, septiembre de 2008



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por darme lo mejor en la vida, por guiar y cuidar mis mis pasos día a día, y por la sabiduría e inteligencia que me permite alcanzar este gran éxito.

### **MIS PADRES**

Romualdo Toj Ávila y Juana Atz de Toj  
Por la vida, el amor, la paciencia, el apoyo y el buen ejemplo que siempre me han dado, ya pueden sentirse tranquilos que todos los esfuerzos que realizaron por mí, no fueron en vano.

### **MIS HERMANOS**

Carla Maribel, Alex Roberto  
Brenda Esmeralda y Dora Isabel  
Por el cariño y respeto que siempre me han tenido.

### **MI ESPOSA**

Ana Raquel Castellanos  
Por su amor incondicional, el gran apoyo que me brinda cada día, por ser una gran madre y por aceptar ser mi compañera hasta el fin de mis días.

### **MIS HIJOS**

Oscar David y Jonathan Josué  
Son mi adoración.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**DIOS:**

Por derramar sus bendiciones,  
ya que este logro es gracias a su  
santa voluntad.

**LA UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Y FACULTAD DE INGENIERÍA**

Por los conocimientos adquiridos  
dentro de sus aulas y hacerme una  
persona de bien.

**MIS PROFESORES**

Por compartirme sus experiencias y  
sabiduría.

**AL ING. JAVIER QUIÑÓNEZ  
Y LOS COLABORADORES DEL  
CENTRO DE INVESTIGACIONES**

Por ser parte fundamental en el  
desarrollo de este trabajo y por la  
amistad brindada.

**MIS AMIGOS**

Por el apoyo y amistad que me  
han brindado en las buenas y malas.

**MIS FAMILIARES**

Abuelos, tíos y primos  
por su cariño y apoyo moral.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>GLOSARIO</b>	IX
<b>RESUMEN</b>	XI
<b>OBJETIVOS</b>	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XV
<b>1. FIBRAS VEGETALES COMO REFUERZOS DE MATRICES FIBRO-REFORZADAS</b>	
1.1 Fibras vegetales	1
1.1.1 Fibra de coco	2
1.2 Matrices fibro-reforzadas	4
<b>2. CARÁCTERÍSTICAS DEL COCO</b>	
2.1 Características del coco	7
2.2 Clasificación y descripción botánica	8
2.3 Importancia económica y sus aplicaciones	9
2.3.1 Industria	9
2.3.2 Construcción	9
2.3.3 Alimentación	10
2.3.4 Agricultura	10
2.3.5 Ganadería	10
2.3.6 Artesanía	10
2.3.7 Jardinería	11
2.3.8 Ecología y turismo	11
2.3.9 Medicina	11

2.4	Tipos de cocoteros	11
2.4.1	Cocoteros gigantes	11
2.4.2	Cocoteros enanos	12
2.4.3	Cocoteros híbridos	12
<b>3.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE COCO</b>	
3.1	Características de la fibra del coco	13
3.1.1	Ventajas	13
3.2	Características físicas y propiedades mecánicas	14
3.3	Características químicas	15
<b>4.</b>	<b>NORMAS APLICABLES PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FUERZA - ELONGACIÓN DE LA FIBRA DE COCO</b>	
4.1	Norma ASTM D 3,822 – 07 (Activa)	21
4.1.1	Norma ASTM D 76 – 99 (2005) (Activa)	22
<b>5.</b>	<b>FUENTES DE PRODUCCIÓN DE COCOS MÁS IMPORTANTES</b>	
5.1	Fuentes de producción	23
5.2	Volumen de estopa en punto de venta más importante	27
<b>6.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL</b>	
6.1	Caracterización experimental	31
6.2	Obtención de muestras	32
6.3	Características físicas	35
6.3.1	Ensayo de absorción	42
6.4	Propiedades mecánicas	45
6.4.1	Ensayo de fuerza - elongación	47
6.5	Características químicas	49



<b>7. RESULTADOS</b>	
7.1 Ensayo de absorción	51
7.2 Ensayo de fuerza - elongación	55
7.3 Análisis químico	62
7.4 Discusión de resultados	65
7.4.1 Del ensayo de absorción	65
7.4.2 Del ensayo de fuerza - elongación	67
7.4.3 Del análisis químico	69
<b>CONCLUSIONES</b>	71
<b>RECOMENDACIONES</b>	73
<b>REFERENCIAS</b>	75
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	79
<b>APÉNDICE</b>	81



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Clasificación de las fibras naturales	2
2	Fibra de coco de Guatemala	3
3	Estopa de coco de donde se obtiene la fibra	3
4	Partes del coco	8
5	Observación microscópica de la pared celular de estructuras de celulosa	18
6	Plantación de cocos Finca Baltimore, Punta de Palma, Puerto Barrios	24
7	Semillero de coco Finca Baltimore, Puerto Barrios	25
8	Monitoreo de la plantación para combatir enfermedades	25
9	Cocotero atacado por amarillamiento letal	26
10	Cocotero atacado por gusano barrenador	26
11	Estopa obtenida del pelado de cocos, terminal de la zona 4, ciudad de Guatemala	27
12	Deposito Emmanuel, venta de cocos por mayor y menor	28
13	Venta de cocos pelados para elaborar helados	29
14	Estopa de coco que va a parar en la basura	30
15	Recolección de estopa de coco para ensayos en CII	30
16	Recolección de estopa en la terminal de la zona 4 de Guatemala	33
17	Secado de la estopa de coco al sol	33
18	Extracción de fibra por medio de una máquina especial	34
19	Secado de la fibra al sol	34

20	Lectura de longitudes de fibras	35
21	Micrómetro utilizado para lectura de diámetros de las fibras	36
22	Vista transversal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 500 veces	38
23	Vista transversal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 1,000 veces	39
24	Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 500 veces	39
25	Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 1,000 veces	40
26	Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 5,000 veces	40
27	Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 10,000 veces	41
28	Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 15,000 veces	41
29	Manojos de fibras de coco sometidas a ensayo de absorción	42
30	Pesado de tara y fibras en ensayos de absorción	43
31	Muestra secosaturada y muestra sumergida en agua	44
32	Base metálica para ensayos de fibras de coco	45
33	Mordazas y pesos utilizados en ensayos de fibra de coco	46
34	Gráfica de absorción vrs. tiempo y su tendencia.	53
35	Gráfica de esfuerzo vrs. elongación y su tendencia	61
36	Anverso del Informe de resultados del análisis químico de fibra	63
37	Reverso del Informe de resultados del análisis químico de fibras	64

## TABLAS

I	Principales características físico-mecánicas de la fibra de coco	14
II	Principales características químicas de la fibra de coco	19
III	Longitudes y diámetros de 30 muestras ensayadas	37
IV	Tabla de recopilación de datos, ejemplo de muestra No. 10	48
V	Datos obtenidos del ensayo de absorción en fibras de coco	51
VI	Promedio final de los porcentajes de absorción	52
VII	Esfuerzos máximos obtenido de 30 muestras ensayadas	56
VIII	Tabulación de esfuerzos máximos de 30 muestras ensayadas	57
IX	Tabulación de esfuerzos máximos de 4 muestras seleccionadas	59
X	Promedio de valores de elongación y esfuerzos de las muestras No. 18, 22, 26 y 27.	60
XI	Rango de diámetros y esfuerzos máximos	68



## GLOSARIO

<b>Copra</b>	Pulpa blanca o carnaza del coco.
<b>Elasticidad</b>	Propiedad de un material que le hace recuperar su tamaño y forma original después de ser comprimido o estirado por una fuerza externa.
<b>Elongación</b>	Alargamiento de una pieza sometida a tracción.
<b>Estopa</b>	Cáscara exterior que envuelve al coco.
<b>Fibra</b>	Filamentos que entran en la composición de los tejidos orgánicos y es parecida al pelo, su diámetro no suele ser superior a 0.05 cm. y se clasifican en función de su origen, de su estructura química o de ambos factores.
<b>Glucosa</b>	Azúcar monosacárido que se encuentra en la miel y en el jugo de numerosas frutas.

<b>Lignina</b>	Grupo de compuestos químicos que se encuentran en las plantas, las plantas que contienen gran cantidad de lignina se les denomina leñosas.
<b>Matriz</b>	Modelo o molde que sirve para dar forma a algo, con el fin de hacer estudios para comparar diferentes ensayos que cuenten con las mismas características.
<b>Resistencia</b>	Fuerza que se opone al rompimiento de tracción y que también se puede definir como fuerza por unidad de sección que resiste un cuerpo antes de romperse.
<b>Tara</b>	Peso sin calibrar que se coloca en un platillo de la balanza para calibrar o para realizar determinadas pesadas.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación reúne las principales características físicas, mecánicas y químicas de la fibra del coco que se pueden encontrar en textos, también expone los resultados de las pruebas realizadas experimentalmente con la fibra existente en Guatemala.

El primer capítulo trata acerca de las fibras vegetales en general, también hace énfasis en la posible utilización de las fibras del desecho del coco como refuerzo para fabricar matrices fibro-reforzadas. En el segundo capítulo se puede conocer las bondades del coco y su utilización en múltiples áreas.

Las características físicas, químicas y propiedades mecánicas de la fibra del coco que se pudieron obtener, mediante consulta de textos se pueden observar en el tercer capítulo. En el cuarto capítulo se pueden observar las normas aplicables para ensayos en fibras de coco.

El capítulo quinto trata acerca de las fuentes de producción de cocos y el punto de obtención de estopa más importante en Guatemala.

El sexto capítulo presenta la caracterización experimental que se realizó en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, pudiéndose observar las principales características físicas y propiedades mecánicas que presentaron las muestras de fibras de coco sometidas a ensayos y el reporte del análisis químico que detalla los componentes de las fibras.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar experimentalmente las características físicas y químicas y las propiedades mecánicas de la fibra del desecho del coco cultivado en Guatemala.

### **Específicos**

1. Evaluar la situación actual de la producción de cocos en el país e identificar las fuentes más importantes de producción.
2. Identificar las normas y procedimientos de ensayos de las fibras del desecho de coco.
3. Determinar la cantidad de desecho o estopa que se puede obtener de los puntos de venta de cocos más importantes.
4. Obtener valores de esfuerzo y elongación en las fibras de coco, mediante ensayos experimentales.
5. Conocer la capacidad que presentan las fibras para absorber agua.
6. Mediante análisis de laboratorio determinar los componentes químicos de las fibras del coco.



## INTRODUCCIÓN

Desde los tiempos remotos se han incluido en la fabricación de materiales de construcción las fibras vegetales, tal es el caso de los muy conocidos adobes de tierra que en su interior llevan un porcentaje de hojas de pino seco para evitar que el adobe se desintegre y tenga una mejor cohesión, como este, hay muchos otros ejemplos de la utilización de fibras naturales en construcciones de bajo costo.

El coco es una fruta sumamente generosa, es rica en agua, la almendra es muy utilizada en alimentos, de la cáscara dura o hueso se puede producir carbón activado, de la copra se puede extraer aceites, de la cáscara o estopa se obtiene polvo y fibra.

La fibra de coco puede ser utilizada como refuerzo, es necesario antes de realizar algún experimento tener bases científicas al respecto, por tal razón en esta ocasión se realizó una investigación para caracterizar la fibra del coco, específicamente.

Con esta caracterización se pretende tener fundamentos teóricos, científicos y experimentales, para conocer si es viable la utilización de esta nueva materia prima, que actualmente no tiene mayor uso y es desechada.

También es importante conocer los principales puntos de producción del fruto en Guatemala, el volumen de estopa que se puede obtener, y evaluar el estado actual de la producción, así como también es fundamental identificar las normas y procedimientos para ensayar las fibras. Teniendo este banco de información se espera que otros estudiantes puedan profundizar en el estudio del mismo y puedan avanzar en la construcción de paneles o matrices fibro-reforzadas.

# **1. FIBRAS VEGETALES COMO REFUERZOS DE MATRICES FIBRO-REFORZADAS**

## **1.1 Fibras vegetales**

Las fibras de origen vegetal están compuestas principalmente de celulosa, difieren con las de origen animal (proteínas) en que son resistentes a los álcalis y a la mayoría de los ácidos orgánicos, pero los ácidos minerales fuertes si las destruyen, como los blanqueadores, por ejemplo.

Las fibras de origen vegetal tienen muchas aplicaciones en la industria del papel y la industria del textil; el algodón y el lino son la base de algunos papeles de calidad, mientras que las gramíneas, el Cáñamo, el Yute y el Cáñamo de Manila se utilizan para fabricar papeles de embalaje y otros de menor calidad. El papel de los periódicos y el papel de tipo Kraft se fabrican de madera tratada químicamente, con fibras de madera y bagazo de Caña de Azúcar y mediante un proceso similar al de la fabricación del papel, se obtienen tableros para la construcción.

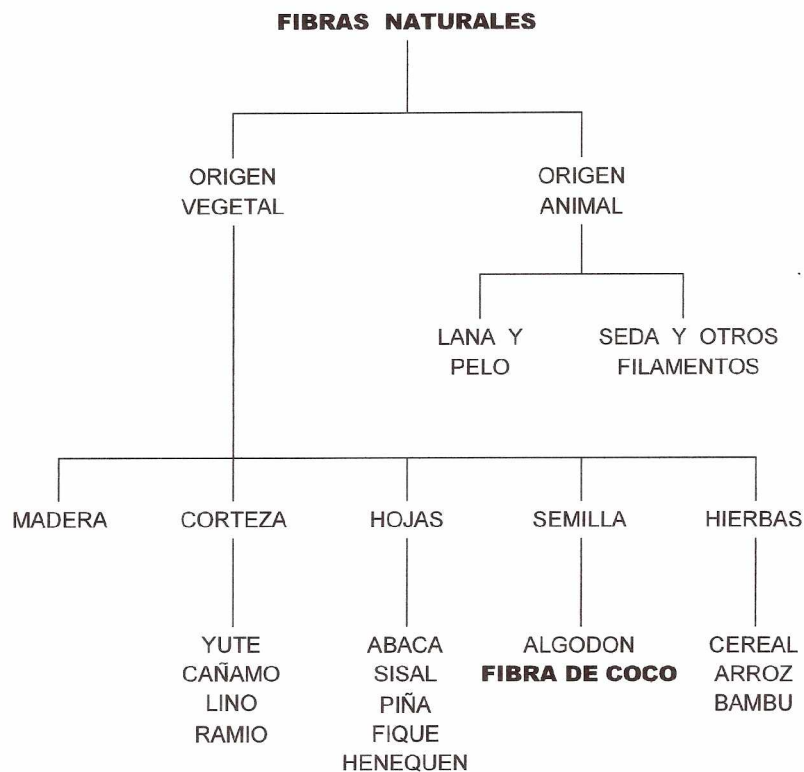
Un gran volumen de las fibras de origen vegetal es utilizado en la industria del textil, estas se han empleado desde la antigüedad, cuando el hombre necesitó cubrir su cuerpo para protegerse del clima adverso. En un inicio utilizó plantas silvestres que ofrecían la posibilidad de extraerles fibras; luego las cultivó, seleccionó las mejores y perfeccionó las formas y equipos para hacer tejidos. Sin embargo al crecer la industria petroquímica las fibras sintéticas abarcaron el campo que tenían las fibras vegetales en un inicio. (1)

Los problemas ambientales requieren de una transición hacia una economía sostenible y menos contaminante para el medio ambiente, con la

utilización de fibras derivadas de las plantas se prevé un camino viable a esta transición.

Desde el punto de vista de su origen las fibras naturales se clasifican de la siguiente manera: (2)

Figura 1. Clasificación de las fibras naturales



### 1.1.1 Fibra de coco

Es una fibra multicelular que tiene como principales componentes la celulosa y el leño lo que la convierte en una fibra con buena rigidez y dureza, es resistente al ataque de bacterias y al agua, esta se obtiene de la estopa del coco.

Figura 2. Fibra de coco de Guatemala



Figura 3. Estopa de coco de donde se obtiene la fibra





## 1.2 Matrices fibro-reforzadas

Un material compuesto es un sistema integrado por una mezcla o combinación de dos o más constituyentes, que, al ser combinados (insolublemente) y unidos de ciertas maneras y en proporciones adecuadas, forman un nuevo material con propiedades diferentes a las de los constituyentes. Así, pueden lograrse combinaciones de propiedades que son difíciles de obtener en materiales convencionales, tal como gran tenacidad y alta resistencia a la tracción. Generalmente, los constituyentes se combinan en dos fases tal que las debilidades de uno de ellos se compensan con las fortalezas del otro, mejorando el desempeño global. (3)

Difieren en forma y composición química y que son esencialmente insolubles entre si. La importancia ingenieril de los materiales compuestos es muy grande ya que se combinan las propiedades y prestaciones de los materiales constituyentes cuando se diseña y se fabrica el material compuesto correctamente.

La mayor parte de los materiales compuestos están formados por dos fases, una matriz continua que rodea a la otra fase que se denomina fase dispersa y que se clasifican en función de su estructura o geometría.

La estructura de la fase dispersa incluye la forma, tamaño, distribución y orientación de las partículas. Cuando se dan las proporciones de material matriz y material disperso, hay que distinguir claramente entre relaciones en peso o en volumen ya que las densidades de estas fases pueden ser muy diferentes.

Un ejemplo de material compuesto conocido por todos y presente universalmente en la naturaleza es la madera. Aunque hay maderas muy diferentes y con propiedades mecánicas y de conducción de fluidos muy variadas tienen en común una matriz celulósica reforzada con fibras de lignina (y otros compuestos orgánicos) que le dan las buenas propiedades de elasticidad y deformación sin ruptura, típica de la madera. (4)

Las matrices fibro-reforzadas son los materiales compuestos más conocidos por sus altas prestaciones mecánicas y el alto valor añadido del material final. La fase dispersa consta de fibras que es una microestructura muy anisotrópica, hilos o cilindros que tienen por lo menos una longitud tres órdenes de magnitud mayor que el diámetro. Mientras que el módulo de elasticidad no cambia con el tamaño del material, solo depende de la naturaleza de las fuerzas que unen los átomos, la resistencia mecánica si cambia con la forma de la muestra. Probetas de menor tamaño (mas estrechas) presentan resistencias comparativamente más altas. La explicación se debe a que disminuye la probabilidad de encontrar defectos en la escala macro-microscópica que son principales responsables que aparezca la grieta y la fractura, por esto las fibras presentan mejores prestaciones mecánicas porque la probabilidad de encontrar defectos disminuye y además se anclan en la matriz que rodea uniformemente a las fibras. (4)



## **2. CARACTERÍSTICAS DEL COCO**

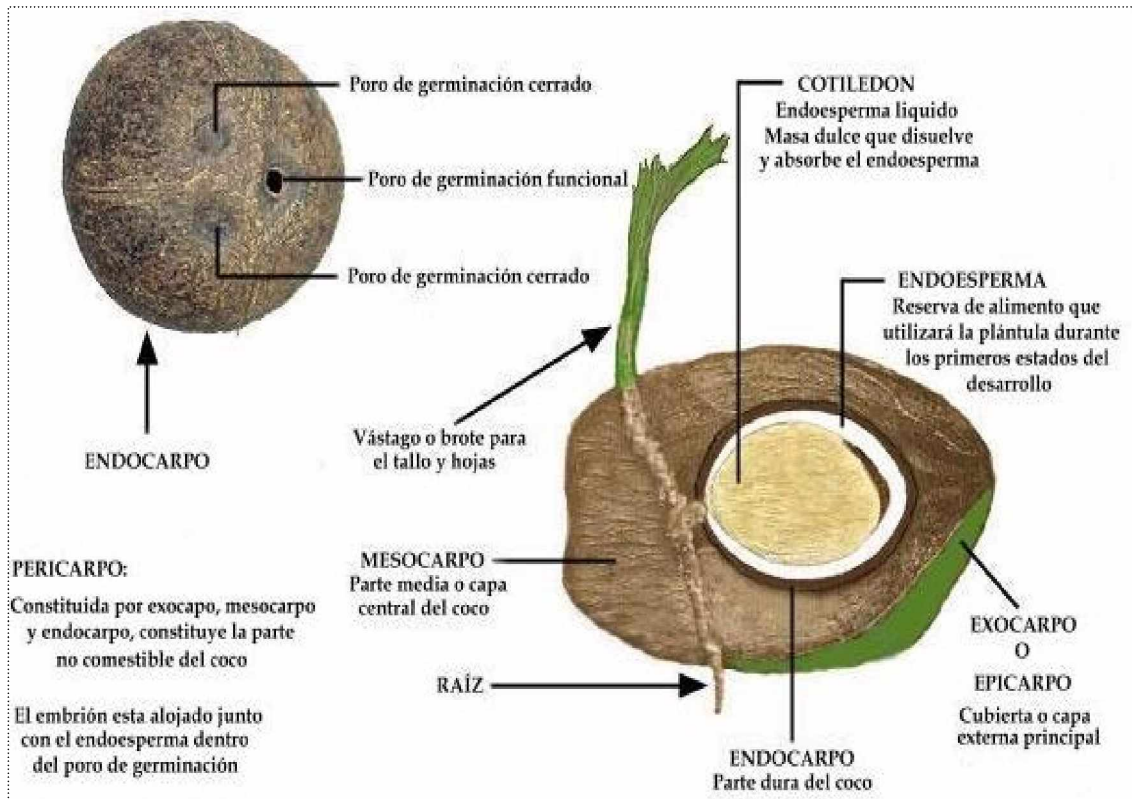
### **2.1 Características del coco**

Coco, es comúnmente llamado al fruto del árbol cocotero, de la familia de las Palmáceas, especie cocos nucífera, el árbol tiene un tronco cilíndrico de aproximadamente 45 cm. de diámetro y dependiendo de la especie hasta 30 m de altura, marcado por anillos que señalan la posición de las hojas que ha ido perdiendo. En el extremo superior se encuentran las hojas curvadas en forma de arco que llegan a tener de 3 a 4,5 m de longitud. El fruto cuelga en racimos de 10 a 20 unidades y en cada árbol puede haber, dependiendo de la época unos 10 racimos.

El coco maduro es de forma ovoidal, de unos 30 cm. de longitud puede llegar a pesar hasta 2,5 kilogramos, está revestido de una cáscara fibrosa (exocarpo) de 4 ó 5 centímetros de espesor que envuelve una cáscara dura (endocarpo) de 5 milímetros; una capa intermedia fina lisa (mesocarpo) menor al milímetro de espesor y dentro de ésta una pulpa blanca oleaginosa conteniendo en su cavidad central un líquido dulce conocido como agua de coco de aproximadamente 300 gramos que se encuentra encerrada en el interior hueco del fruto.

El cocotero se encuentra distribuido en todas las regiones tropicales, es una de las plantas que proporciona una mayor diversidad de productos, pues es una fuente de alimento, bebida y de abrigo, se dice que es la planta a la que se le conocen más aplicaciones y puede ser una de las más aprovechadas por el hombre. (5)

Figura 4. Partes del coco (6)



## 2.2 Clasificación y descripción botánica

El cocotero (*Cocos nucifera* L.) se clasifica botánicamente como:

Clase: Monocotyledoneae.

Orden: Palmales

Familia: Palmae

Subfamilia: Cocowsidaeae

Género: *Cocos*

Especie: *nucifera*. (7)

## **2.3 Importancia económica y sus aplicaciones**

Es la planta más cultivada a nivel mundial por su diversidad y potencialidad, está entre las plantas más antiguas útiles que se le puede explotar de múltiples maneras, el principal producto que puede obtenerse del coco es la grasa vegetal, también es fuente primaria de alimento y bebida, entre otros; esto lo hace un producto que puede contribuir de manera considerable al sector económico de los países productores. De esta planta se dice que puede ser una de las más aprovechadas por la humanidad debido a sus múltiples aplicaciones que se le pueden dar, entre ellas:

### **2.3.1 Industria**

La pulpa blanca ya secada se llama copra, de esta se obtiene aceite que sirve como deshidratado en conservas además es materia prima para la elaboración de jabones, cosméticos y champús. El hueso (endocarpo) que cubre la copra es empleado como materia para producir carbón y carbón activado o como combustible de calderas.

### **2.3.2 Construcción**

De esta planta puede ser extraída madera, que se emplea para la fabricación de casas, puentes y granjas y las hojas o palmas son empleados en los techos. La fibra de la estopa de coco es factible de utilizarla como refuerzo en la fabricación de elementos constructivos tales como paneles, tejas, canales entre otros.

### **2.3.3 Alimentación**

La pulpa tiene gran potencial en la repostería y panadería, el agua se utiliza como bebida refrescante y como ingrediente para guisos, helados y platillos tropicales, la leche fermentada produce un licor hasta de 8 grados alcohólicos, del cocotero se obtiene el palmito que puede ser consumido crudo.

### **2.3.4 Agricultura**

La fibra de la estopa de coco es una materia prima para elaborar sustratos hortícola alternativa a las tradicionales debido a su elevada estabilidad y su capacidad de retención de agua, así como una buena aireación y los subproductos procedentes de la extracción de aceite pueden ser mezclados con otros componentes para crear abonos orgánicos.

### **2.3.5 Ganadería**

Un subproducto de la extracción de aceite es la harina de coco que se usa como alimento para ganado, también las hojas son empleadas como forraje en épocas de invierno para el ganado vacuno, es importante mencionar que los cocoteros pueden disminuir en su producción y hasta morir si se cortan más del 20% de sus hojas al año.

### **2.3.6 Artesanía**

Con las hojas pueden hacerse canastos, sombreros, alfombras, etc. Con la concha (endocarpo) puede hacerse botones, adornos, etc., y con la fibra se realizan cepillos, escobas etc.

### **2.3.7 Jardinería**

Estos árboles son muy usados en jardinería, también pueden adornar interiores, además pueden ser plantados alineados a las calles lo que ofrece una vista panorámica estupenda.

### **2.3.8 Ecología y turismo**

La presencia de estos árboles contribuye a la regulación de los microclimas y a la protección de los suelos, la destrucción de estos constituye una gran pérdida en relación al turismo porque los paisajes costeros pierden su elemento natural que embellece las playas.

### **2.3.9 Medicina**

Dentro de esta rama tiene múltiples aplicaciones entre ellas: antiséptico, astringente, bactericida, diurético, etc. también es empleado como remedio popular contra el asma, la bronquitis, contusiones, quemaduras, estreñimiento, disentería, tos, fiebre, gripe, etc. (8)

## **2.4 Tipos de cocoteros**

Los tipos de cocoteros se clasifican de acuerdo a su altura siendo estos los gigantes, los enanos y los híbridos y dentro de estos existen múltiples variedades de acuerdo a la localidad.

### **2.4.1 Cocoteros gigantes**



Destacan por su gran altura, su robustez, el tamaño del fruto y pueden desarrollarse en todo tipo de suelos y condiciones climáticas, su polinización es cruzada, por esta razón existen una gran diversidad de variedades, son utilizados para la producción de aceite y para consumo como fruta fresca, su contenido de agua es elevado pero poco dulce, comienzan a florecer entre los 8 y 10 años de ser plantados, la longevidad de este es de 40 hasta 90 años, posee algunas desventajas como: no ser resistente a la enfermedad conocida como amarillamiento letal del cocotero, la fructificación es tardía, resulta dificultoso realizar labores de cultivo por su elevada altura y bajo en producción de frutos por planta.

#### **2.4.2 Cocoteros enanos**

Entre sus principales cualidades destaca la precocidad de producción, el elevado número de frutos por planta (de 150 a 240 por año) y el crecimiento lento, el agua es utilizada para la producción de bebidas envasadas debido al sabor, tiene una longevidad de entre 30 y 35 años, solo prosperan en suelos fértiles y florecen al cuarto año de ser plantados, este a diferencia del cocotero gigante presenta mayor resistencia al amarillamiento letal, entre sus desventajas esta el pequeño tamaño del fruto, la baja calidad de la copra para obtener aceite y la susceptibilidad a periodos cortos de sequía.

#### **2.4.3 Cocoteros híbridos**

Son el resultado del cruce entre los cocoteros gigantes y los enanos, estos adquieren las mejores cualidades de cada uno, pues los frutos van de medianos a grandes, de buen sabor y buena producción de aceite, crecimiento lento, producción de frutos alta y también hereda la resistencia al amarillamiento letal del enano y adquiere la tolerancia del gigante a otras enfermedades. (8)

### **3. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE COCO**

#### **3.1 Características de la fibra de coco**

La cáscara del fruto del coco también llamada estopa o bonote da una fibra muy importante que puede ser utilizada tanto en la industria como en la construcción. Es una fibra multicelular con un alto grado de rigidez y dureza debido a sus dos componentes, la celulosa y el leño; entre sus principales características se pueden mencionar las siguientes: la baja conductividad al calor, la resistencia al impacto, a las bacterias y al agua, también la durabilidad y resiliencia hacen de la fibra de coco el material indicado para trabajos de aislamiento térmico y acústico. Cada coco puede generar 125 gramos de fibras y con la extracción de esas fibras de la cáscara, se producen además unos 250 gramos de polvo de coco.

##### **3.1.1 Ventajas**

No electrostática

Inodora

Resistente a la humedad

No atacable por roedores o termitas

Libre de patógenos y semillas viables.

Imputrescible, no produce hongos

Reducción de los ruidos de percusión

Reducción de ruidos aéreos. (9)

### 3.2 Características físicas y propiedades mecánicas

Las principales características físico-mecánicas de la fibra de coco son las siguientes:

Tabla I. Principales características físico-mecánicas de la fibra de coco (10)

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Masa específica real	Kg/m <sup>3</sup>	1,177
Absorción máxima	%	93.8
Ruptura por elongamiento	%	23.9 a 51.4
Resistencia a la tracción	Mpa	95 a 118
Modulo de elasticidad	Gpa	2.8

Entre otras características físicas se tienen:

Longitud del bonote en centímetros 15 - 20

Densidad (g/cc) 1.40

Diámetro de la fibra en milímetro 0.1 - 1.5

### **3.3 Características químicas**

La fibra a nivel celular se compone principalmente de hemicelulosa, celulosa, lignina y pectina, los cuales se detallan a continuación:

La hemicelulosa es un heteropolisacárido (polisacárido compuesto por más de un tipo de monómero), formado, en este caso un tanto especial, por un conjunto heterogéneo de polisacáridos, a su vez formados por un solo tipo de monosacáridos unidos por enlaces, que forman una cadena lineal ramificada. Entre estos monosacáridos destacan la glucosa, la galactosa o la fructosa. Forma parte de las paredes de las diferentes células de los tejidos del vegetal, recubriendo la superficie de las fibras de celulosa y permitiendo el enlace de pectina. La hemicelulosa se caracteriza por ser una molécula con ramificaciones, como lo es el ácido urónico, capaz de unirse a las otras moléculas mediante enlaces que constituyen la pared rígida que protege a la célula de la presión ejercida sobre esta por el resto de las células que la rodean. (11)

La celulosa es un homopolisacárido (es decir, compuesto de un único tipo de monómero) rígido, insoluble, que contiene desde varios cientos hasta varios miles de unidades de glucosa. La celulosa corresponde a la biomolécula más abundante de la biomasa terrestres. La celulosa se forma por la unión de moléculas de glucosa mediante enlaces glucosídico. Es una hexosa que por hidrólisis da glucosa. La celulosa es una larga cadena polimérica de peso molecular variable. La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas impenetrables al agua, lo que hace que sea insoluble en agua, y originando fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales.

La celulosa es la sustancia que más frecuentemente se encuentra en la pared de las células vegetales, y fue descubierta en 1838. La celulosa es la biomolécula más abundante de los seres vivos. La celulosa constituye la materia prima del papel y de los tejidos de fibras naturales. (11)

La lignina es un grupo de compuestos químicos usados en las paredes celulares de las plantas para crear madera. La palabra lignina proviene del término latino lignum, que significa madera; así, a las plantas que contienen gran cantidad de lignina se las denomina leñosas. La lignina está formada por la extracción irreversible del agua de los azúcares, creando compuestos aromáticos. Se caracteriza por ser un complejo aromático (no carbohidrato) del que existen muchos polímeros estructurales (ligninas). Resulta conveniente utilizar el término lignina en un sentido colectivo para señalar la fracción lignina de la fibra. Después de los polisacáridos, la lignina es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal. Es importante destacar que es la única fibra no polisacárido que se conoce. Este componente de la madera realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas. Por ejemplo, posee un importante papel en el transporte interno de agua, nutrientes y metabolitos. Proporciona rigidez a la pared celular y actúa como puente de unión entre las células de la madera, creando un material que es notablemente resistente a los impactos, compresiones y flexiones. Realmente, los tejidos lignificados resisten el ataque de los microorganismos, impidiendo la penetración de las enzimas destructivas en la pared celular. La molécula de lignina es una molécula, con un elevado peso molecular, que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes. El acoplamiento aleatorizado de estos radicales da origen a una estructura tridimensional, polímero amorfo, característico de la lignina. La lignina es el polímero natural más complejo en relación a su estructura y heterogenicidad. Por esta razón no es posible describir una estructura definida

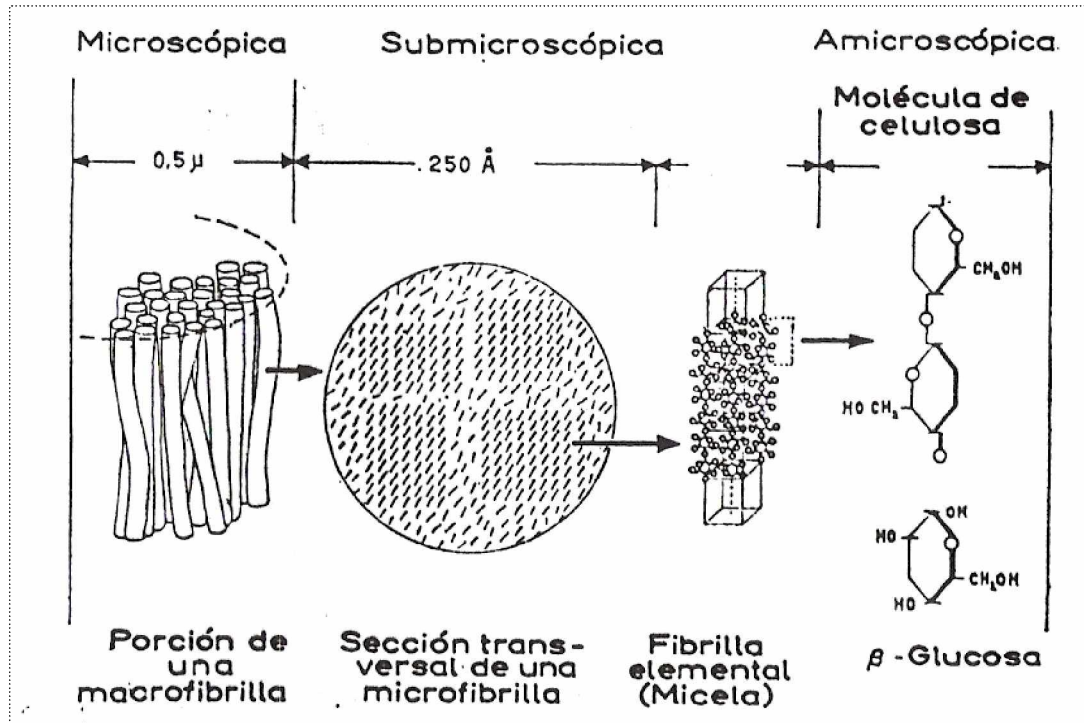
de la lignina; sin embargo, se han propuesto numerosos modelos que representan su estructura. (11)

Las pectinas son una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados. Constituyen el 30% del peso seco de la pared celular primaria de células vegetales. En presencia de agua forman geles. Determinan la porosidad de la pared, y por tanto, el grado de disponibilidad de los sustratos de los enzimas implicados en las modificaciones de la misma. Las pectinas también proporcionan superficies cargadas que regulan el ph y el balance iónico. (11)

Los conocimientos más recientes sobre la estructura de la pared celular han sido obtenidos gracias a los detallados análisis químicos, y trabajos con el microscopio electrónico. Las moléculas de celulosa están formadas por largas cadenas de moléculas de glucosa que van asociadas paralelamente a otras formando microfibrillas en la pared celular.

Las moléculas de celulosa en la microfibrilla están unidas lateralmente por enlaces químicos débiles y por los extremos mediante enlaces covalentes primarios. Cada microfibrilla contiene unas 2,000 moléculas de celulosa, con un diámetro de 100 a 250 Ångstrom (0.1 milimicras) y una longitud de varias micras. Las moléculas de celulosa en el interior de la microfibrilla están más íntimamente unidas en unas regiones que en otras. Los estudios revelan que estas regiones de alta asociación (llamadas micelas) son de 50 a 60 Ångstrom de ancho, las microfibrillas están asociadas, a su vez, en macrofibrillas (éstas pueden tener por encima de las 400 microfibrillas), que pueden verse con el microscopio óptico, como lo demuestra la figura 5. (12)

Figura 5. Observación microscópica de la pared celular de estructuras de celulosa



Entre las principales características químicas que presenta la fibra de coco se pueden mencionar las contenidas en la siguiente tabla:

Tabla II. Principales características químicas de la fibra de coco (13)

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
PH		5
Nitrógeno total	%	0.51
Fósforo total, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.20
Potasio total, K <sub>2</sub> O	%	0.60
Calcio total, CaO	%	1.40
Magnesio total, MgO	%	0.20
Sodio total, NaO	%	0.187
Hierro total, Fe	%	0.206

También la fibra de coco es un material muy rico en carbono C/N =100, lo que le otorga una gran resistencia a la degradación, así como una gran estabilidad.





## **4. NORMAS APLICABLES PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE FUERZA-ELONGACIÓN DE LA FIBRA DE COCO.**

Para determinar las propiedades mecánicas de las fibras vegetales aun no existen normas específicas, por lo tanto es indispensable apegarse a alguna norma que pudiera ser aplicable para tal efecto.

La norma que más se apega para conocer las propiedades mecánicas de la fibra de coco es la Norma ASTM D 3,822 - 07 (Activa), y en resumen lo que específica es lo siguiente:

### **4.1 Norma ASTM D 3822 – 07 (Activa)**

(Método de ensayo estándar para propiedades de tensión de fibras textiles simples)

Este método de ensayo proporciona los requerimientos para la medida de propiedades de tensión de fibras textiles simples, tanto naturales como las elaboradas por el hombre, que tengan la suficiente longitud de manera que permita montar muestras de ensayos en una máquina de ensayos de tensión. Las máquinas de ensayos de tensión están especificadas en ASTM D 76–99 (2005).

Este método fue desarrollado por el subcomité D13.58 de ASTM y se encuentra en el Volumen 007.01 del libro de normas de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales. (14)

#### **4.1.1 Norma ASTM D 76 – 99 (2005) (Activa)**

(Especificación estándar para maquinas de ensayos de tensión para textiles)

Esta especificación define las características de operación de tres tipos de maquinas para ensayos de tensión, utilizados en la determinación de las propiedades fuerza – elongación de materiales textiles. (14)

## **5. FUENTES DE PRODUCCIÓN DE COCOS MÁS IMPORTANTES**

### **5.1 Fuentes de producción**

Los cocos por tratarse de frutas tropicales se obtienen en gran cantidad en las áreas costeras de Guatemala, la producción no esta muy tecnificada y en su mayoría las familias los siembran para ser utilizados como sombra o como cercos de potreros llegando a tener entre 10 y 20 cocoteros.

La mayor concentración de venta de este fruto se da en la Terminal de la zona 4 de la ciudad capital; su utilidad principal es para la elaboración de helados y un bajo porcentaje se vende como bebida, generalmente en época de calor. Existen intermediarios que se dedican a recolectar el fruto llegando a cada región en donde compran el coco por bultos, de familia en familia; las regiones donde normalmente realizan las compras son las siguientes:

- La Gomera, La Nueva Concepción, Tecojate, El Chontal, Puerto de San José, El Semillero, Tiquisate, todos en Escuintla, costa sur.
- San Antonio Suchitepequez.
- Chiquimulilla, Santa Rosa.
- Y en Puerto Barrios en el Atlántico.

En la región de Izabal, Municipio de Puerto Barrios, caserío Punta de Palma existe una Finca llamada Baltimore, de la Naviera Danmar que tiene una plantación de aproximadamente 15,000 cicales.

Esta finca tiene sus propios semilleros donde clasifican sus mejores semillas, ya sea para la venta o para renovar plantaciones viejas, monitorean constantemente toda la plantación porque también se da el fenómeno de la

enfermedad conocida como amarillamiento letal del cocotero, también es común encontrar plagas como el gusano barrenador.

La producción también es para exportación, se utiliza para elaborar múltiples productos desde comestibles, pasando por la fabricación de aceites y como base aromática de shampoos y jabones.

La estopa no tiene ninguna utilidad, prácticamente se desecha en su totalidad, se emplea en un bajo porcentaje para la preparación de los semilleros, ya que este subproducto es muy bueno en la retención de humedad, y el resto se riega en las mismas plantas, el proceso es un picado a grosso modo y luego se coloca al pie de cada cocal.

Figura 6. Plantación de cocos Finca Baltimore, Punta de Palma, Puerto Barrios





Figura 7. Semillero de coco, Finca Baltimore Puerto Barrios



Figura 8. Monitoreo de la plantación para combatir enfermedades





Figura 9. Cocotero atacado por amarillamiento letal



Figura 10. Cocotero atacado por gusano barrenador



## 5.2 Volumen de estopa en punto de venta más importante

El punto de venta mas importante de este fruto, como ya se mencionó anteriormente, se encuentra en la Terminal de la zona 4 capitalina, por tal razón este se convierte en el lugar con mayor concentración de desecho del coco, pues la mayoría de negocios vende el coco ya pelado, se calcula que alrededor de 5,000 a 7,000 cocos se pelan diariamente, esto arroja un volumen de desecho de dos camionadas, aproximadamente 20 metros cúbicos de estopa.

Casi en su totalidad va a parar a los basureros y en mínima parte es recolectado por personas que se dedican a cultivar plantas en viveros, pero lo aprovechado no es significativo en comparación con todo el desecho obtenido.

Figura 11. Estopa obtenida del pelado de cocos, terminal de la zona 4, ciudad de Guatemala





Los anteriores datos se obtuvieron mediante la observación en el lugar mencionado y gracias a la colaboración de los vendedores que accedieron a entrevistas.

Una síntesis de las entrevistas se detalla a continuación:

Los puestos de venta son seis en total, tres son mayoristas y tres son minoristas, todas se concentran en un punto específico de la Terminal llamado El Cocotero. Dos de los mayoristas también se dedican a buscar y comprar cocos por toda la costa sur de Guatemala, según expresan, estos no conocen fincas que se dediquen al cultivo del coco y mucho menos a la venta, únicamente son familias que ya conocen el día que pasara el camión que recolecta y ellos sacan sus bultos de cocos a la calle para que se los compren.

Figura 12. Deposito Emmanuel, venta de cocos por mayor y menor



La venta de cocos es de todos los días, de lunes a domingo de 5:00 a 17:00 horas normalmente el pelado solo se realiza por la mañana, y el criterio generalizado es pedir pelado el coco porque si no se estarían llevando un peso adicional que prácticamente se convierte en basura.

También existen los revendedores que por su condición, si se llevan el producto tal y como se encuentra para ofrecerlos en los mercados cantonales.

Las temporadas de mayor demanda son para el verano, específicamente para la semana santa y también en diciembre por motivo de las fiestas de fin de año pues es el fruto básico para la elaboración del tradicional ponche de frutas navideño.

Según la experiencia de los vendedores la cáscara puede ser utilizada en remedios caseros, abono para flores, algunas artesanías, como sustituto de la leña y se puede hacer carbón con el hueso del coco.

Figura 13. Venta de cocos pelados para elaborar helados





Figura 14. Estopa de coco que va a parar a la basura



Figura 15. Recolección de estopa de coco para ensayos en CII



## 6. CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL

### 6.1 Caracterización experimental

El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El objetivo principal fue obtener de la fibra de coco las características físicas, propiedades mecánicas y características químicas.

Lo primero que se realizó fue un plan de trabajo lo cual sirvió para delimitar el alcance de la investigación así como los recursos disponibles, lo dispuesto en esta ocasión fue lo siguiente:

- Recolectar estopa de coco en la terminal de la zona 4 de Guatemala, ya que es la fuente con mayor volumen disponible y sin mayor costo, solamente el transporte.
- Secar dicha estopa al sol y extraer la fibra por medio de una máquina especial.
- Luego de contar con la fibra, se acordó ensayar 30 muestras escogidas al azar para que fueran representativas de todo el conjunto de estopa que se recolectó, e iniciar con la obtención de las características físicas.
- Obtener las propiedades mecánicas de las muestras.
- Obtener las características químicas de las fibras.

Los datos obtenidos durante los ensayos de cada una de las 30 muestras se pueden consultar en el apéndice de este trabajo.

## **6.2 Obtención de muestras**

Siguiendo con las recomendaciones anteriores se procedió entonces a recolectar la estopa, la cual en su totalidad se obtuvo en la terminal de la zona 4 de la ciudad de Guatemala, como ya se indicó, prácticamente es desecho o basura que dejan los comerciantes de cocos en esta área.

Luego la estopa que se recolectó se dispersó en un patio para que se secase con el calor del sol por cuatro semanas, cuando ya se notaba seca esta estopa se colocó en una máquina que separa las fibras y a la vez se obtuvo polvo de coco, que nuevamente se dejó secando al sol por dos días para el secado definitivo.

Con el anterior proceso se llegó a contar con las muestras para poder iniciar los ensayos necesarios.



Figura 16. Recolección de estopa en la terminal de la zona 4 de Guatemala



Figura 17. Secado de la estopa de coco al sol



Figura 18. Extracción de fibra por medio de una máquina especial



Figura 19. Secado de la fibra al sol





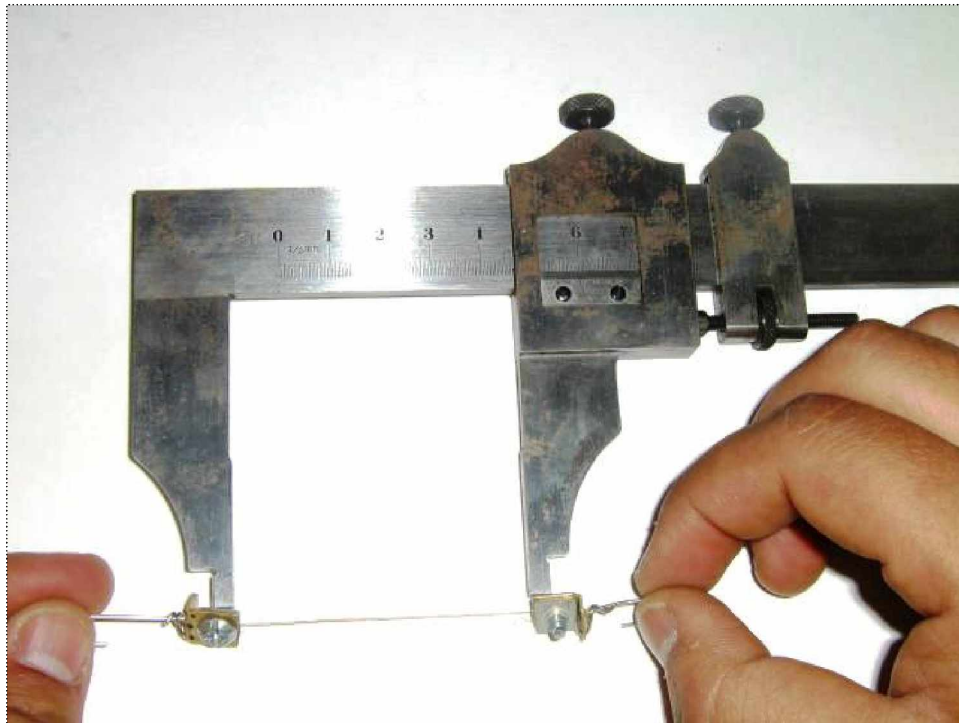
### 6.3 Características físicas

Los parámetros que describen de mejor manera a una fibra son:

- Longitud
- Diámetro
- Esbeltez, que no es más que la relación entre el diámetro y la longitud.

Para obtener la medida de longitud en las fibras se utilizó un instrumento de medición llamado vernier, como se muestra en la fotografía siguiente:

Figura 20. Lectura de longitudes de fibras



Para el diámetro se utilizó un instrumento llamado micrómetro, el cual es capaz de realizar lecturas de hasta 0.01 milímetro y para tener una información



mas completa se realizaron tres lecturas del diámetro, a ambos extremos de la fibra y al centro.

Figura 21. Micrómetro utilizado para lectura de diámetros de las fibras



Los datos obtenidos de longitud y diámetros de las muestras ensayadas se pueden observar en la Tabla III.

Tabla III. Longitudes y diámetros de 30 muestras ensayadas

MUESTRA No.	LONGITUD cm	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR mm	DIÁMETRO AL MEDIO mm	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR mm	DIÁMETRO PROMEDIO mm
1	9,3	0,135	0,135	0,10	0,123
2	8,9	0,09	0,095	0,07	0,085
3	5,9	0,27	0,25	0,23	0,25
4	6,4	0,10	0,09	0,09	0,093
5	8,5	0,14	0,10	0,06	0,10
6	4,8	0,055	0,05	0,05	0,052
7	3,9	0,30	0,28	0,27	0,283
8	5,5	0,24	0,23	0,18	0,217
9	5,5	0,09	0,11	0,07	0,09
10	5,4	0,10	0,15	0,09	0,113
11	4,9	0,14	0,16	0,135	0,145
12	6,5	0,13	0,065	0,12	0,105
13	6,5	0,10	0,095	0,10	0,098
14	5,3	0,21	0,22	0,15	0,193
15	7,2	0,19	0,185	0,18	0,185
16	7,8	0,125	0,065	0,08	0,09
17	7,2	0,16	0,135	0,10	0,132
18	5,5	0,115	0,115	0,09	0,107
19	8,0	0,155	0,135	0,11	0,133
20	10,1	0,44	0,395	0,33	0,388
21	9,6	0,16	0,19	0,16	0,17
22	6,2	0,18	0,14	0,12	0,147
23	5,6	0,12	0,08	0,06	0,087
24	6,1	0,21	0,19	0,19	0,197
25	7,0	0,14	0,11	0,10	0,117
26	5,3	0,12	0,12	0,10	0,113
27	7,1	0,15	0,14	0,14	0,143
28	8,3	0,07	0,06	0,06	0,063
29	7,2	0,16	0,09	0,07	0,107
30	6,9	0,13	0,12	0,13	0,127

Las longitudes de las muestras varían de 3.9 a 10.1 centímetros.

Los diámetros están comprendidos entre 0.05 y 0.44 milímetros.

En un estudio efectuado siempre con el mismo fin de caracterizar la fibra de coco, en el Laboratorio de Investigaciones de polímeros y materiales compuestos de la escuela politécnica de la Universidad de Montreal en Canadá (L'ecole Polytechnique: CREPEC Montreal Canadá), promovido por el Centro de Investigaciones, Sección de la Tecnología de Materiales de la Universidad de San Carlos de Guatemala por medio del jefe de dicha sección el doctor Edgar Virgilio Ayala, se obtuvieron fotografías por medio de un microscopio electrónico SEM de marca JOEL, tipo JSM-840 (microscope a balayage, scanning microscope) de la fibra de coco con varios aumentos. (15)

Lo que cabe resaltar de estas fotografías es la similitud que presentan con respecto a la teoría de la Figura No. 5 la cual explica que una macrofibrilla (una fibra de coco) se compone alrededor de 400 microfibrillas y esto queda comprobado con las observaciones siguientes:

Figura 22. Vista transversal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 500 veces.

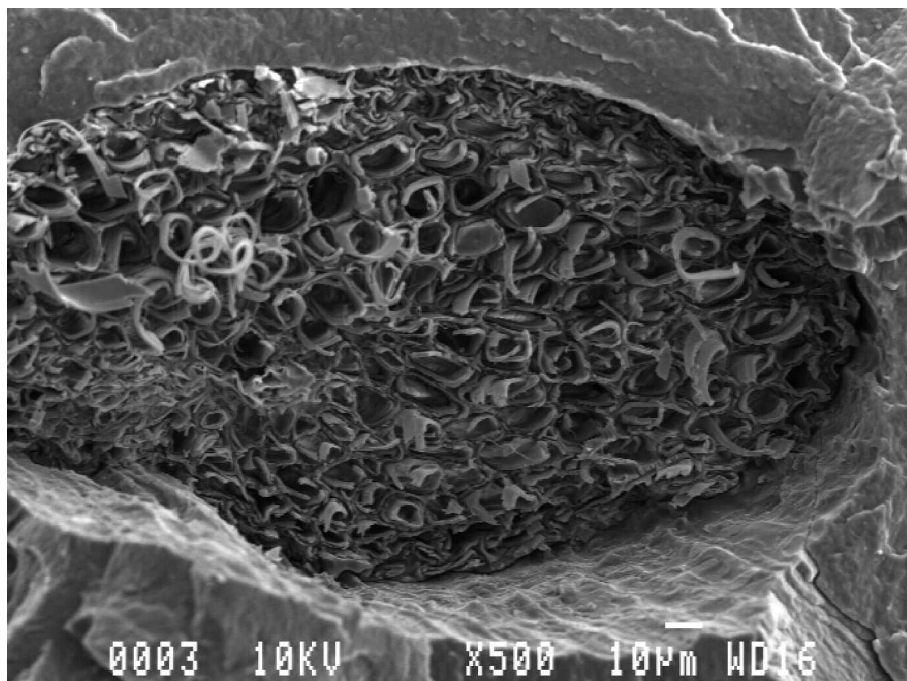


Figura 23. Vista transversal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 1,000 veces.

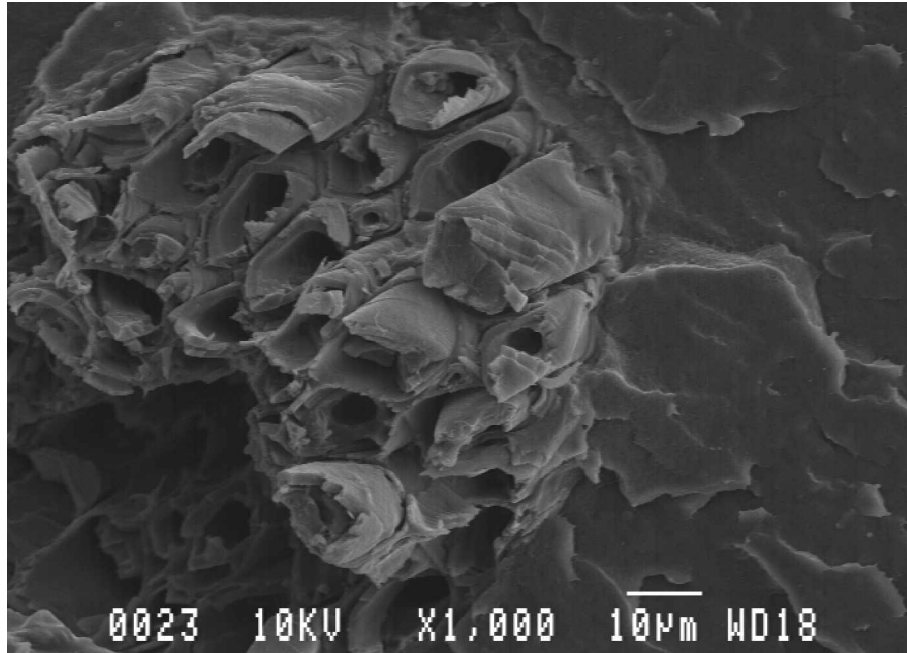


Figura 24. Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 500 veces.

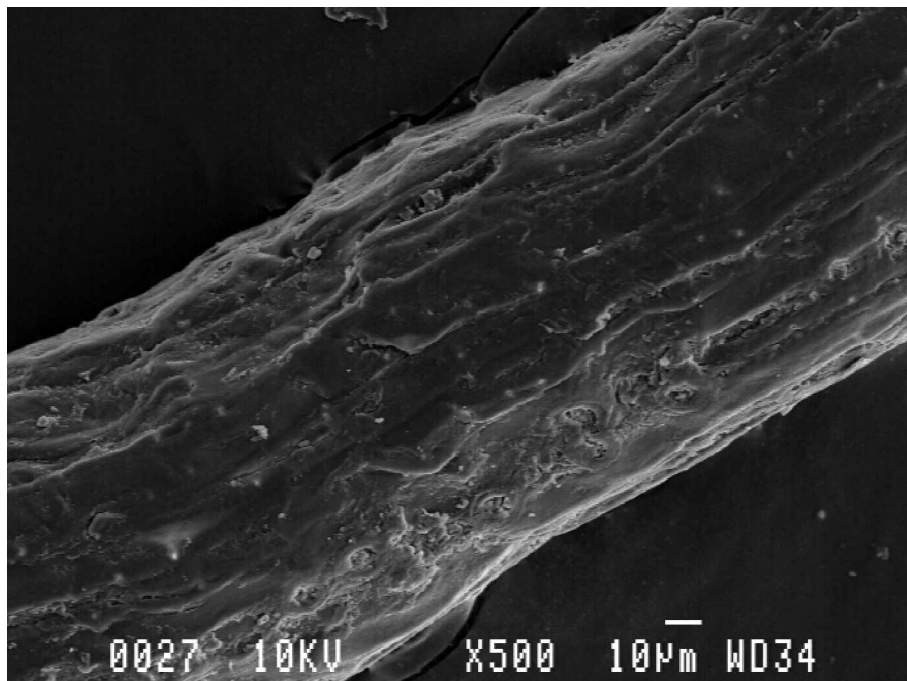


Figura 25. Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 1,000 veces.

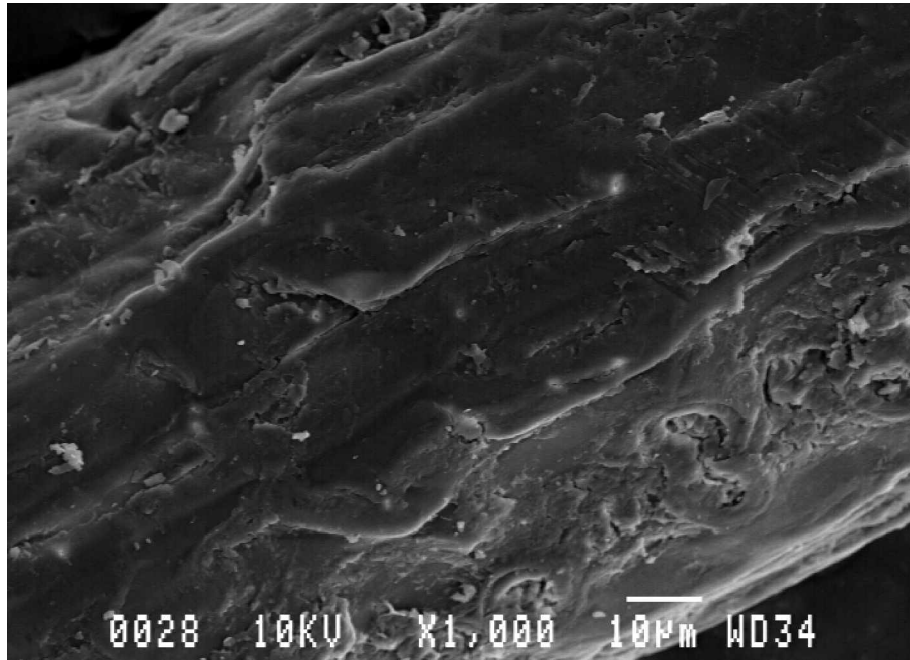


Figura 26. Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 5,000 veces.

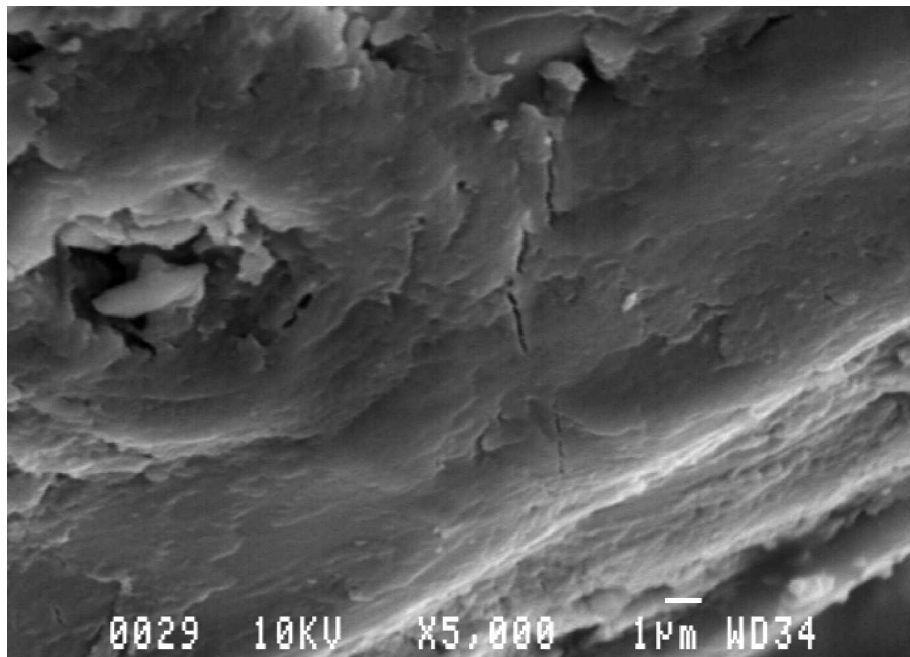


Figura 27. Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 10,000 veces.

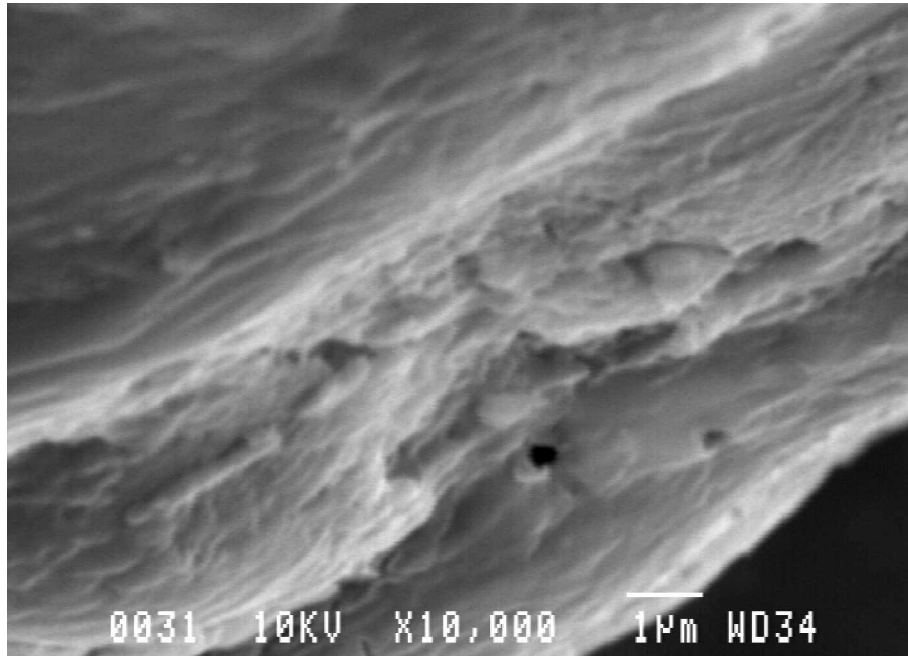
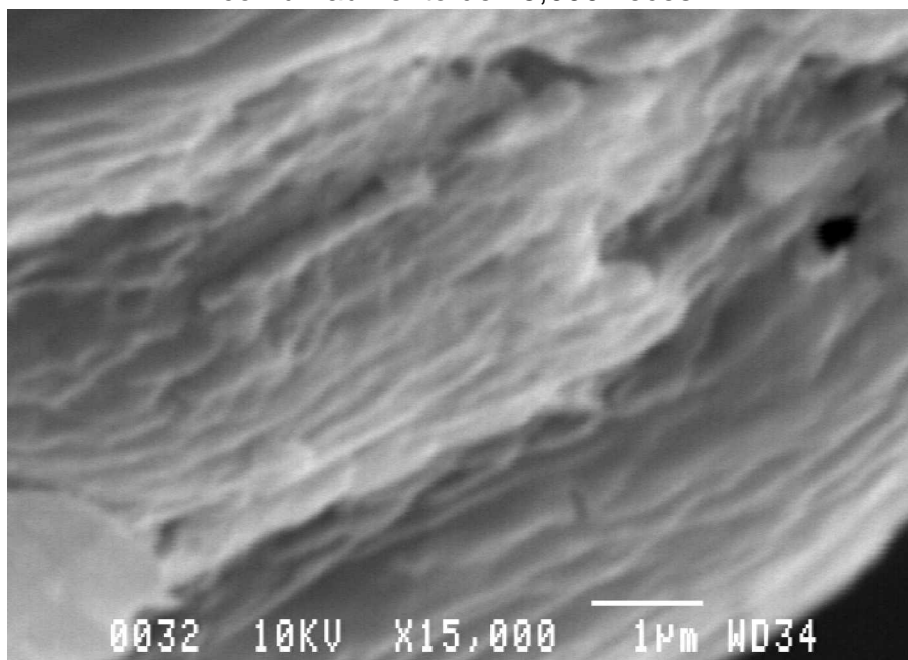


Figura 28. Vista longitudinal de una fibra de coco al microscopio electrónico con un aumento de 15,000 veces.



### 6.3.1 Ensayo de absorción

Para el ensayo de absorción no se encontró norma que pudiera ser aplicable, por lo que se siguieron las siguientes recomendaciones:

- 1) Se tomó tres grupos o manojos de fibras que fueran representativas de todo el conjunto recolectado.
- 2) Se compactaron dichas fibras para que cupieran en unas taras en donde posteriormente se saturaron con agua.

Figura 29. Manojos de fibras de coco sometidas a ensayo de absorción





3) Seguido se pesó cada una de las muestras, así como su tara respectiva en donde permanecerían durante los tiempos estipulados.

Las taras en mención consistieron en recipientes plásticos (Vasos) que posee el Centro de Investigaciones.

Figura 30. Pesado de tara y fibras en ensayo de absorción



Los tiempos que se establecieron para dichos ensayos fueron: 1, 2, 5, 10, 20, 30 y 60 minutos, también 24, 48 y 72 horas. Esto con el fin de tener un panorama bastante amplio acerca del comportamiento de la fibra.



4) Por último se llenó el recipiente con agua hasta que la fibra quedó completamente sumergida y luego de esperar los tiempos mencionados anteriormente se procedió a pesar las muestras no sin antes secar la fibra por medio de una toalla, para que no tuviera exceso de agua superficial y que esta agua aumentara el peso, así se cumplió con la condición de secosaturado.

Figura 31. Muestra secosaturada y muestra sumergida en agua



## 6.4 Propiedades mecánicas

Debido a que en el centro de investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala no existe la máquina de ensayos según especificación ASTM D 76 – 99 (2005) (Activa), se optó por construir un equipo con el que se pudiera obtener las propiedades fuerza – elongación según especifica la mencionada norma. Entonces, se construyó un equipo que fuera capaz de proveer datos confiables de fuerza - elongación según Norma ASTM D 3,822 - 07 (Activa). El equipo en mención consta de:

- Base metálica donde queda suspendida la muestra.

Figura 32. Base metálica para ensayos de fibras de coco



- Mordazas metálicas para asegurar las fibras en los extremos, un extremo está anclado a la base y del otro extremo se suspende un peso, estas mordazas se construyeron de tal forma que no cortaban la fibra ni permitían deslizamiento, pues esto alteraría significativamente los resultados de los ensayos.
- El peso debe de ser controlado, para esto se utilizaron unos aceros que pesaban un gramo cada uno y una tara plástica que sirvió como depósito de los aceros, los pesos siempre se corroboraron con una balanza capaz de realizar lecturas con precisión de hasta un décimo de gramo.

Figura 33. Mordazas y pesos utilizados en ensayos de fibras de coco



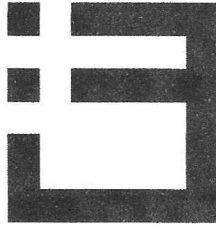
#### **6.4.1 Ensayo de fuerza - elongación**

Para determinar estas propiedades en las fibras, cada una de las muestras se ensayó de acuerdo al proceso siguiente:

- 1) Se sujetaron los extremos de la fibra con las mordazas y se realizó la lectura de la longitud inicial, esta lectura era la longitud de la fibra libre entre las mordazas y sin aplicarle carga (Ver Figura 20).
- 2) Seguido se realizaron las lecturas de los diámetros, las fibras por tratarse de un producto no manufacturado por el hombre, carecía de regularidad en su diámetro, por lo que fue necesario tomar tres lecturas de estos, uno en el extremo superior junto a la mordaza que iba anclado a la base, otra lectura al centro de la longitud y una última en el extremo inferior contiguo al peso (Ver Figura 21).
- 3) Conocido el peso de la tara y de los aceros se estableció un peso inicial, luego esta carga se suspendió en un extremo de la fibra y esta a su vez se ancló a la base y se realizaron las lecturas de elongación y recuperación. La elongación no era más que la longitud de la fibra con carga y la recuperación era la longitud de la fibra sin carga.
- 4) Nuevamente se le agregó otra cantidad de peso a la tara y se tomaron las lecturas de elongación y recuperación, este proceso se repitió hasta que la fibra fallara. Todas las lecturas respectivas se anotaron en la tabla de recopilación de datos ver ejemplo de muestra No. 10 en Tabla IV.
- 5) Otros datos que eran necesarios tomar fueron el color, la textura, el punto de la falla, y la reducción en diámetro que presentaba la fibra cerca de la falla.



**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

Tabla IV. Tabla de recopilación de datos, ejemplo de muestra No. 10

MUESTRA No. 10	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
				cm	mm	%	cm	mm		
	5.4	1	20.00	5.4			5.4			Color amarillo oscuro
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.10	2	41.00	5.5			5.4			
		3	60.00	5.5			5.4			
		4	80.00	5.5			5.5			Textura fina
	DIÁMETRO AL MEDIO 0.15	5	100.70	5.6			5.5			
		6	121.70	5.6			5.5			Fallo en el extremo superior en donde el diámetro era mayor
		7	140.70	5.7			5.6			
		8	160.80	5.9			5.6			El diámetro se redujo a 0.09 mm
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.09	9	172.30	6.0			5.9			

## **6.5 Características químicas**

Las características químicas de la fibra solo se podían conocer a través de un análisis de Laboratorio Químico, este tipo de estudio no era factible de realizarse en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, por lo que hubo necesidad de recurrir a un laboratorio especializado en esta materia.

El laboratorio que era mas conveniente para efectuar estos análisis fue el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Zootecnia, Unidad de Alimentación Animal, bajo la supervisión del encargado del área el Licenciado Miguel Ángel Rodenas.

Según la explicación del Lic. Rodenas, la fibra de coco se compone de tres sustancias fundamentales, la Hemicelulosa, la Celulosa y la Lignina.

Otro producto que también fue analizado químicamente fue el polvo que se obtiene al momento de extraer la fibra de la estopa del coco, el cual también tiene sus propias características químicas.

El informe de resultado del análisis químico se puede consultar en el capítulo 7 páginas 66 y 67.



## 7. RESULTADOS

### 7.1 Ensayo de absorción

Tabla V. Datos obtenidos del ensayo de absorción en fibras de coco

Tiempo (min.)	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3		
	Peso Tara (g)	ABSORCIÓN %		Peso Tara (g)	ABSORCIÓN %		Peso Tara (g)	ABSORCIÓN %	
	Tara + Fibra seca (g)	FIBRA HÚMEDA (g)	FIBRA HÚMEDA (g)	Tara + Fibra seca (g)	FIBRA HÚMEDA (g)	FIBRA HÚMEDA (g)	Tara + Fibra seca (g)	FIBRA HÚMEDA (g)	FIBRA HÚMEDA (g)
	Fibra seca (g)	TARA + FIBRA HÚMEDA (g)	FIBRA HÚMEDA (g)	Fibra seca (g)	TARA + FIBRA HÚMEDA (g)	FIBRA HÚMEDA (g)	Fibra seca (g)	TARA + FIBRA HÚMEDA (g)	FIBRA HÚMEDA (g)
1	144.7	106.0	154.81	128.5	90.3	114.49	130.6	91.8	110.07
2	137.2	98.5	136.78	138.6	100.4	138.48	142.5	103.7	137.30
5	164.5	125.8	202.40	142.0	103.8	146.56	136.6	97.8	123.80
10	160.9	122.2	193.75	161.1	122.9	191.92	158.6	119.8	174.14
20	155.4	116.7	180.53	151.0	112.8	167.93	151.4	112.6	157.67
30	161.6	122.9	195.43	156.3	118.1	180.52	164.9	126.1	188.56
60	160.8	122.1	193.51	157.8	119.6	184.09	162.4	123.6	182.84
1440	175.6	136.9	229.09	181.3	143.1	239.90	200.3	161.5	269.57
2880	182.5	143.8	245.67	189.9	151.7	260.33	204.5	165.7	279.18
4320	177.4	138.7	233.41	185.2	147.0	249.17	205.5	166.7	281.46



De los datos obtenidos y basado en parámetros estadísticos se obtuvo un promedio final del ensayo de absorción, el cual se presenta a continuación:

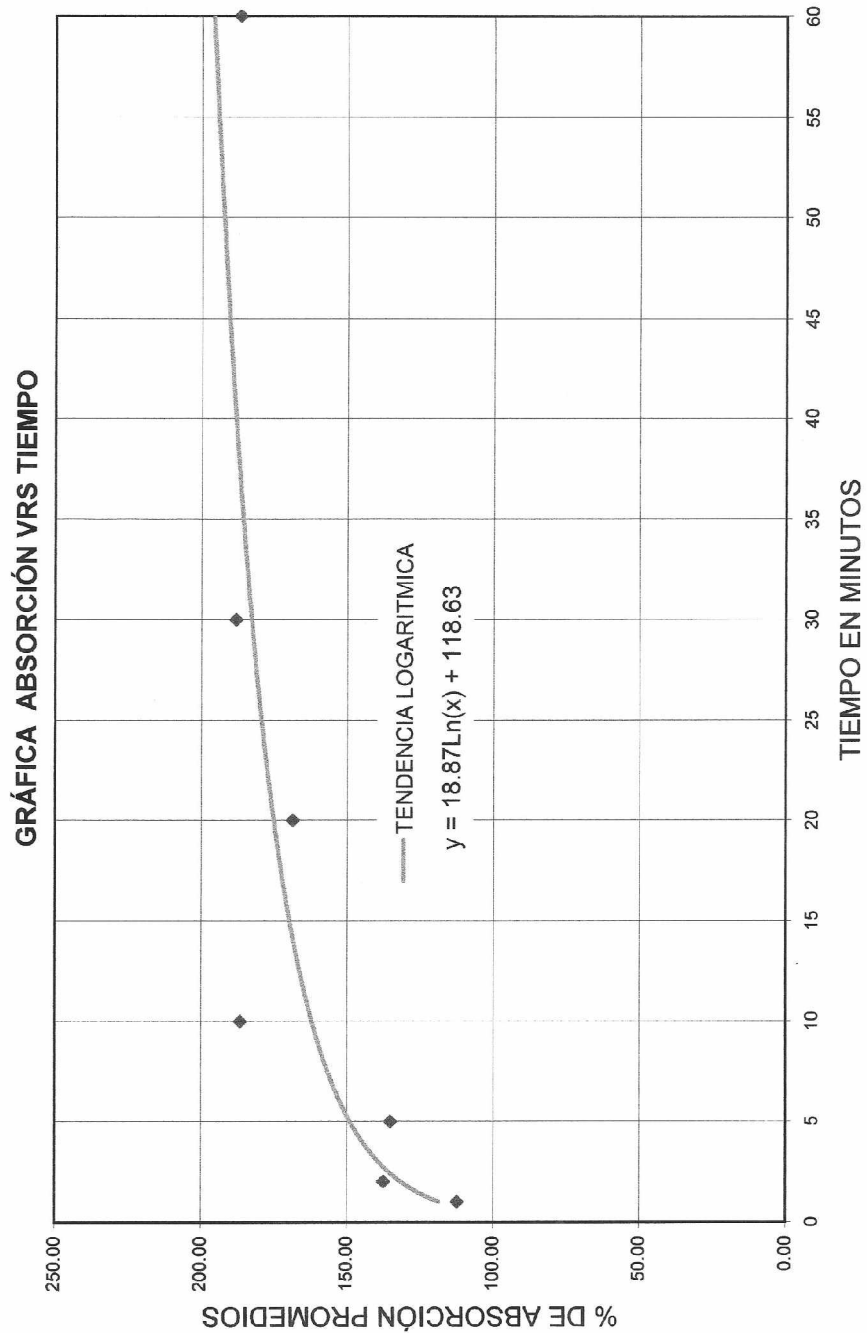
Tabla VI. Promedio final de los porcentajes de absorción

TIEMPO EN MINUTOS	MUESTRA	ABSORCIÓN %	MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN %	PROMEDIO FINAL DE ABSORCIÓN %
<b>1</b>	1	154.81	126.46	24.65	19.50	<b>112.28</b>
	2	114.49				
	3	110.07				
<b>2</b>	1	136.78	137.52	0.87	0.63	<b>137.52</b>
	2	138.48				
	3	137.30				
<b>5</b>	1	202.40	157.59	40.44	25.66	<b>135.18</b>
	2	146.56				
	3	123.80				
<b>10</b>	1	193.75	186.60	10.83	5.80	<b>186.60</b>
	2	191.92				
	3	174.14				
<b>20</b>	1	180.53	168.71	11.45	6.79	<b>168.71</b>
	2	167.93				
	3	157.67				
<b>30</b>	1	195.43	188.17	7.46	3.97	<b>188.17</b>
	2	180.52				
	3	188.56				
<b>60</b>	1	193.51	186.81	5.83	3.12	<b>186.81</b>
	2	184.09				
	3	182.84				
<b>1440</b>	1	229.09	246.19	20.96	8.51	<b>246.19</b>
	2	239.90				
	3	269.57				
<b>2880</b>	1	245.67	261.73	16.80	6.42	<b>261.73</b>
	2	260.33				
	3	279.18				
<b>4320</b>	1	233.41	254.68	24.49	9.62	<b>254.68</b>
	2	249.17				
	3	281.46				

En ésta se puede observar que para los tiempos de 1 y 5 minutos el coeficiente de variación es demasiado alto por lo que para el promedio final solo se tomaron los porcentajes de absorción más cercanos a la media aritmética.

A continuación se presenta la gráfica del promedio final vrs. tiempo hasta los 60 minutos, la tendencia logarítmica que toman los puntos graficados se puede observar con una línea continua.

Figura 34. Gráfica de absorción vrs. tiempo y su tendencia



Pasados los 60 minutos la tendencia de la grafica se mantiene hasta las 72 horas que fue el máximo de tiempo ensayado, en donde alcanza un porcentaje de absorción del 254.68 %.

## 7.2 Ensayo de fuerza - elongación

Como es bien sabido el esfuerzo es una magnitud física que viene dado por la resultante de tensiones o cargas perpendiculares al área del objeto en estudio, para este caso las muestras de fibra de coco.

La ecuación que representa el esfuerzo puede escribirse como:

$$f = P / A$$

En donde:

P = Carga, en kilogramo

A = Área transversal, en centímetro cuadrado

f = Esfuerzo de tensión, en kg/cm<sup>2</sup>

Los Esfuerzos Máximos resultantes de las 30 muestras ensayadas se pueden observar en la Tabla VII y se obtuvieron a partir de:

- El área transversal de la fibra en donde el diámetro era menor
- La carga máxima soportada por la fibra en donde ocurría la falla.

Tabla VII. Esfuerzos máximos obtenidos de 30 muestras ensayadas

<b>MUESTRA No.</b>	<b>DIÁMETRO MENOR cm</b>	<b>ÁREA cm<sup>2</sup></b>	<b>CARGA MÁXIMA kg</b>	<b>ESFUERZO MÁXIMO kg/cm<sup>2</sup></b>
1	0,01	7,85E-05	0,28467	3.624,53
2	0,007	3,85E-05	0,17400	4.521,30
3	0,023	4,15E-04	0,38480	926,17
4	0,009	6,36E-05	0,10549	1.658,20
5	0,006	2,83E-05	0,14238	5.035,66
6	0,005	1,96E-05	0,07703	3.923,11
7	0,027	5,73E-04	0,45015	786,21
8	0,018	2,54E-04	0,50030	1.966,05
9	0,007	3,85E-05	0,08000	2.078,76
10	0,009	6,36E-05	0,17230	2.708,38
11	0,0135	1,43E-04	0,14080	983,66
12	0,012	1,13E-04	0,16190	1.431,51
13	0,01	7,85E-05	0,14500	1.846,20
14	0,015	1,77E-04	0,30040	1.699,92
15	0,018	2,54E-04	0,25090	985,97
16	0,008	5,03E-05	0,14710	2.926,46
17	0,01	7,85E-05	0,22580	2.874,97
18	0,009	6,36E-05	0,16070	2.526,04
19	0,011	9,50E-05	0,30060	3.163,11
20	0,033	8,55E-04	0,64410	753,07
21	0,016	2,01E-04	0,22050	1.096,68
22	0,012	1,13E-04	0,28050	2.480,16
23	0,006	2,83E-05	0,11140	3.939,97
24	0,019	2,84E-04	0,30050	1.059,86
25	0,01	7,85E-05	0,13980	1.779,99
26	0,01	7,85E-05	0,17600	2.240,90
27	0,014	1,54E-04	0,34900	2.267,15
28	0,006	2,83E-05	0,10840	3.833,87
29	0,007	3,85E-05	0,17980	4.672,01
30	0,013	1,33E-04	0,20732	1.561,94

Aplicando estadística podemos agrupar los anteriores datos con respecto a los esfuerzos máximos, para obtener la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación; como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla VIII. Tabulación de esfuerzos máximos de 30 muestras

CLASES	INTERVALO		F ABSOLUTA	F RELATIVA	F %	x	F ( x )	F ( x - X ) <sup>2</sup>
	LI	LS						
1	753.055	1466.825	8	0.27	26.67	1,109.94	8,879.52	14,201,692.75
2	1466.825	2180.595	7	0.23	23.33	1,823.71	12,765.97	2,678,667.49
3	2180.595	2894.365	6	0.20	20.00	2,537.48	15,224.88	54,343.21
4	2894.365	3608.135	2	0.07	6.67	3,251.25	6,502.50	1,308,765.69
5	3608.135	4321.905	4	0.13	13.33	3,965.02	15,860.08	9,274,574.86
6	4321.905	5035.675	3	0.10	10.00	4,678.79	14,036.37	15,005,519.43
		<b>Σ</b>	30	1.00	100.00		73,269.32	42,523,563.42

x	<b>PROMEDIO DE INTERVALOS</b>	<b>2,442.31</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
X	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>	<b>1,210.92</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
S	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>49.58</b>	<b>%</b>
CV	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>		

La media aritmética que se obtuvo a partir de la tabulación fue de 2,442.31 kg/cm<sup>2</sup>, ésta nos indica el valor del esfuerzo máximo promedio del conjunto de datos, la desviación estándar 1,210.92 kg/cm<sup>2</sup> nos indica que tan disperso esta todo el conjunto de datos con relación a la media aritmética, esto se refleja en el coeficiente de variación que es del 49.58 %, demasiado alto pero se debe a la amplitud de valores que arrojó nuestro ensayo.

Para formular un resultado único del ensayo se realizó una selección de muestras que se encuentran cercanas a la media aritmética, tomando como coeficiente de desviación el 10% para que el ensayo de fuerza – elongación sea lo mas representativo y la inserteza sea la menor posible.

De las treinta muestras ensayadas, cuatros son las que presentan esfuerzos máximos cercanos a la media aritmética inicialmente obtenida de 2,442.31 kg/cm<sup>2</sup> tomando como limite superior 2,686.54 kg/cm<sup>2</sup> y como limite inferior 2,198.08 kg/cm<sup>2</sup>, se tienen:

- Muestra No. 18                      2,526.04 kg/cm<sup>2</sup>
- Muestra No. 22                      2,480.16 kg/cm<sup>2</sup>
- Muestra No. 26                      2,240.90 kg/cm<sup>2</sup>
- Muestra No. 27                      2,267.15 kg/cm<sup>2</sup>

Para formular un promedio final se aplico nuevamente estadística a las muestras anteriores y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla IX. Tabulación de esfuerzos máximos de 4 muestras seleccionadas

CLASES	INTERVALO		F ABSOLUTA	F RELATIVA	F %	x	F ( x )	F ( x - X ) <sup>2</sup>
	LI	LS						
1	2240.90	2383.47	2	0.50	50.00	2,312.19	4,624.37	10,163.10
2	2383.47	2526.04	2	0.50	50.00	2,454.76	4,909.51	10,163.10
	<b>Σ</b>		4	1.00	100.00		9,533.88	20,326.20

x	<b>PROMEDIO DE INTERVALOS</b>	
X	<b>MEDIA ARITMÉTICA</b>	2,383.47 Kg/cm <sup>2</sup>
S	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	82.31 Kg/cm <sup>2</sup>
CV	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	3.45 %



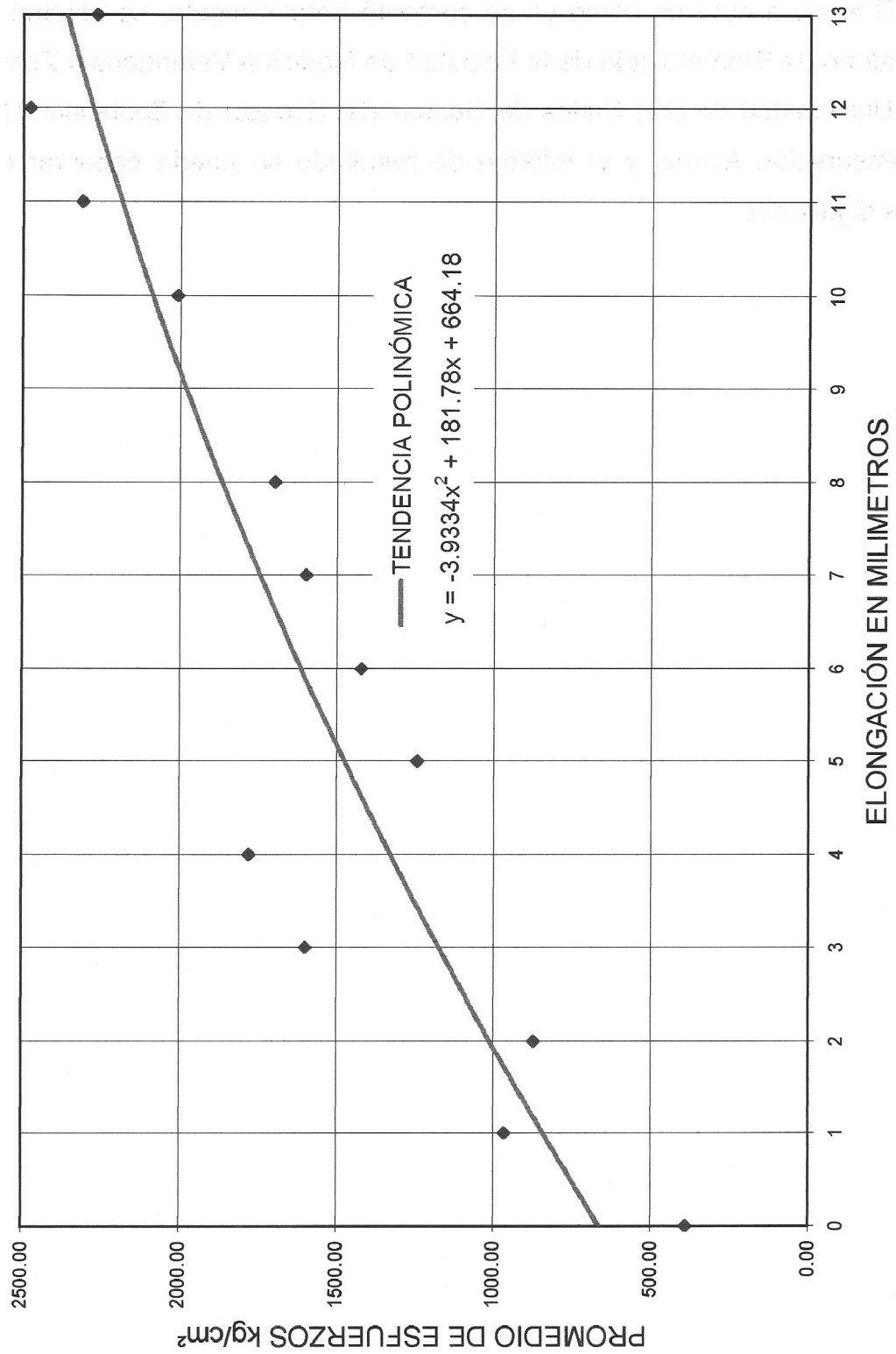
Para obtener una gráfica final de esfuerzo vrs. elongación del ensayo en estudio se promediaron los valores de las muestras seleccionadas obteniendo la siguiente tabla:

Tabla X. Promedio de valores de elongación y esfuerzos de las muestras No. 18, 22, 26 y 27.

<b>ELONGACIÓN</b> <b>mm.</b>	<b>ESFUERZO</b> <b>kg/cm<sup>2</sup></b>
0	389.84
1	945.63
2	873.70
3	1,600.00
4	1,778.66
5	1,243.18
6	1,420.90
7	1,597.74
8	1,698.42
10	2,009.41
11	2,313.05
12	2,480.16
13	2,267.15

Con estos datos se pudo graficar el esfuerzo vrs. elongación, la tendencia polinómica que toman los puntos graficados hasta los 13 milímetros de elongación se puede observar con una línea continua, en la siguiente gráfica.

Figura 35. Gráfica de esfuerzo vrs. elongación y su tendencia



### **7.3 Análisis químico**

El análisis químico como ya se comentó anteriormente se efectuó en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Zootecnia, Unidad de Alimentación Animal y el informe de resultado se puede observar en las figuras siguientes:

Figura 36. Anverso del Informe de resultados del análisis químico de fibras.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD Y NUTRICIÓN  
INSTITUTO NACIONAL DE ALIMENTOS Y NUTRICIÓN

Carretera México-Veracruz, km. 4.5  
Cajalutero, Veracruz, Ver.  
Tel: 244-3555555 - 244-3555555 ext. 1572  
E-mail: bromatologia@ins-ina.gob.mx

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD Y NUTRICIÓN  
INSTITUTO NACIONAL DE ALIMENTOS Y NUTRICIÓN

Carretera México-Veracruz, km. 4.5  
Cajalutero, Veracruz, Ver.  
Tel: 244-3555555 - 244-3555555 ext. 1572  
E-mail: bromatologia@ins-ina.gob.mx

**FORMULARIO BROMATO 7**  
**INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS**

Solicitado por: **FRANCISCO JAVIER QUIÑÓNEZ.**

Fecha de recibida la muestra: **02-03-2007.**

Dirección: **18av. 4-98, zona 8, Mixco.**

Fecha de realización: **DFL 26-02-AL-02-03-2007.**

No. **072**

Reg	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Centizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H. %	P.H.	EB
113	FIBRA DE COCO	SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	45.50	80.72	26.43	---	---	---	---
114	POLVO DE COCO	COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		SECA	11.95	68.05	0.27	44.55	1.53	26.09	27.50	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	0.24	39.25	1.35	22.97	24.27	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 01</b>																		

**OBSERVACIONES:**  
Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total y base fresca. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al 2475-45-52

modificado en enero de 2003

T.L. Hans A. Moya  
Laboratorista

LC. Miguel Ángel Rodenas  
Jefe Laboratorio de Bromatología

Resultados 2007/072  
01/03/07

Figura 37. Reverso del Informe de resultados del análisis químico de fibras.

PRUEBA	MÉTODO DE REFERENCIA	APLICABLE EN:	UNIDAD	RANGO	INCERTIDUMBRE
Materia seca	AOAC: 930.15	4, 8, 9	%	85 a 100	
Materia seca	Bateman: 6.111	1, 2, 5, 6	%	1 a 85	
Materia seca	AOAC: 925.04	3	%	20 a 85	
Proteína cruda	AOAC: 976.05 Tecator: Manual del Kjeltec Auto 1030 Analyzer	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	%	1 a 300	
Fibra cruda	Tecator: Manual del 1010/1021 Fibertec System I AOAC: 962.09 Bateman:	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	%	1 a 60	
Fibra ácido detergente.	Tecator: Manual del 1010/1021 Fibertec System I	1, 2, 3, 4	%	0 a 60	
Fibra neutro detergente	Tecator: Manual del 1010/1021 Fibertec System I	1, 2, 3, 4	%	0 a 90	
Extracto etéreo	Bateman: 9.110	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	%	0 a 100	
Cenizas	AOAC: 942.05	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	%	0 a 100	
Extracto libre de nitrógeno	Bateman: 10.200	1, 2, 3, 4, 5, 6	%	0 a 100	

Materiales en los que se realizarán los análisis acreditados:

1. Heno, rastrojos y cascarillas
2. Forrajes verdes
3. Ensilados
4. Alimentos concentrados (menos de 15 % de humedad)
5. Frutas y verduras de consumo humano
6. Carnes y subproductos cárnicos
7. Leches y subproductos lácteos
8. Plantas con otros fines diferentes de la alimentación humana o animal
9. Suelos
10. Fertilizantes orgánicos e inorgánicos

## **7.4 Discusión de resultados**

### **7.4.1 Del ensayo de absorción**

Del ensayo de absorción se puede mencionar que la fibra absorbe gran cantidad de agua en corto tiempo, en un minuto absorbe 112.28% en relación a su peso; diez minutos son suficientes para que la fibra absorba 186.60% y su capacidad de absorción alcanza los 254.68% en 72 horas.

De ahí proviene su gran demanda en la agricultura por su capacidad de absorción y retención del agua.

Este factor es de tomarlo en consideración al momento de efectuar ensayos con una matriz cementicia porque puede absorber mas agua de lo considerado en el cálculo de mezcla y por lo tanto, puede variar la resistencia de las probetas.

De la gráfica de absorción vrs. tiempo (Figura 34) podemos concluir que su tendencia es logarítmica y la ecuación resultante es la siguiente:

$$Y = 18.87 \ln(X) + 118.63$$

Esta ecuación puede ser utilizada para determinar el grado de absorción en cualquier período de tiempo hasta los 60 minutos con un coeficiente de variación del 10%.



#### **7.4.2 Del ensayo de fuerza - elongación**

En este ensayo se obtuvo un amplio margen de resultados de esfuerzos debido a que se tomaron 30 muestras al azar de toda la estopa que se recolecto.

Al aplicar parámetros estadísticos se pudo concluir que el esfuerzo máximo del ensayo fue de 2,383.47 Kg/cm<sup>2</sup> equivalente a 233.82 Mpa y el coeficiente de variación es de 3.45%.

Haciendo una comparación del valor anterior de 233.82 Mpa. con los valores teóricos de la Tabla I, resistencia a la tracción de 95 a 118 Mpa; se puede apreciar claramente que las fibras ensayadas en Guatemala presenta una mayor resistencia a la tracción.

La elongación máxima promedio del conjunto de fibras ensayadas estuvo en el orden del 15%.

De la gráfica de esfuerzo vrs. elongación (Figura 36) podemos concluir que su tendencia es polinómica y la ecuación resultante es la siguiente:

$$Y = 3.9334 X^2 + 181.78 X + 664.18$$

Esta ecuación puede ser utilizada para determinar el esfuerzo de cualquier elongación hasta los 13 milímetros con un coeficiente de variación del 3.45 %.



Las fibras de menor diámetro son las que presenta mayor valor de esfuerzo según lo demuestra la agrupación siguiente:

Tabla XI. Rango de diámetros y esfuerzos máximos

<b>RANGO</b> Diámetro en mm.	<b>FRECUENCIA</b> 30 Muestras	<b>ESFUERZO</b> kg/cm <sup>2</sup> Promedio
0.005 a 0.009	11	3,068.52
0.010 a 0.014	11	2,204.92
0.015 a 0.019	5	1,134.75
0.020 a 0.024	1	926.17
0.025 a 0.029	1	786.21
0.030 a 0.034	1	753.07

### 7.4.3 Del análisis químico

El informe de resultado del análisis químico (Ver Figuras 36 y 37) efectuado en las fibras, realizado en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Zootecnia, Unidad de Alimentación Animal. Bajo la supervisión del jefe de Laboratorio de Bromatología, Licenciado Miguel Ángel Rodenas, indica que los componentes de la fibra de coco a nivel molecular son los siguientes:

- Contenido de Hemicelulosa      35.10 %
- Contenido de Celulosa            19.17 %
- Contenido de Lignina            26.43 %

Aunque para este trabajo de investigación el polvo de la estopa del coco no tiene mayor relevancia, este también tiene sus componentes particulares los cuales se pueden apreciar en el informe de resultados correspondiente.

En este aspecto, lo más relevante al momento de construir probetas con una matriz cementicia es determinar el grado de resistencia que presenta la fibra a los ataques de ácidos, álcalis y la degradación natural por tratarse de un material vegetal.



## CONCLUSIONES

1. Existen muy pocas plantaciones de coco como tal y éstas pocas exportan sus productos a otros países donde es procesada esta fruta. La estopa que se genera en estas plantaciones es utilizada como abono orgánico para el mismo cultivo, pues aún no le han encontrado utilidad a tal desecho. Una de estas industrias dedicada al cultivo, se encuentra en la región de Izabal, Municipio de Puerto Barrios, caserío Punta de Palma Finca Baltimore, propiedad de la Naviera Danmar con una plantación de aproximadamente 15,000 cicales.
2. La mayoría de coco que se comercializa en Guatemala viene de la costas del país; lo siembran familias para que la planta genere sombra o que sirva como cerco de propiedades o potreros.
3. El punto de mayor comercio de este fruto es la terminal de la zona 4 de la Capital de Guatemala y por consiguiente, es el lugar donde se genera la mayor cantidad de estopa aproximadamente 20 metros cúbicos al día, ésta cantidad puede aumentar en la temporada de verano, especialmente en la Semana Santa y en época Navideña.
4. No se pudo encontrar norma alguna para ensayar las fibras de coco, por lo que se buscó alguna norma que fuera aplicable y las únicas que cumplen con este fin son las normas utilizadas para ensayos en textiles.

5. Entre las características físicas observadas en las fibras del desecho de coco se pueden mencionar que son muy delgadas entre 0.05 y 0.44 milímetros, la longitud depende de la forma de extracción de la fibra que esta comprendida entre los 3.9 y 10.1 centímetros. El color varía de amarillo a café y la textura va de fina a áspera.
6. Con relación al esfuerzo se puede mencionar que las fibras de menor diámetro presentaron valores más altos que las de mayor diámetro. El esfuerzo máximo obtenido luego de realizar un análisis estadístico fue de 2,383.47 kg/cm<sup>2</sup> que corresponde a la media aritmética con un coeficiente de variación del 3.45%.
7. El comportamiento de la elongación fue lo contrario a la conclusión anterior, ya que las fibras con mayor diámetro presentaron mayor porcentaje de elongación alrededor del 18.00 %. El promedio general fue del 15%.
8. La capacidad de absorción de la fibra de coco en función de su peso es muy alta, ya que llega al 112.28% en tan sólo un minuto, a los 60 minutos alcanza el 186.81% y logra alcanzar los 254.68% en 72 horas.
9. Los componentes químicos esenciales de la fibra de coco son Hemicelulosa 35.10 %, Celulosa 19.17 y Lignina 26.43 %.

## RECOMENDACIONES

1. Es de suma importancia profundizar aún más sobre el tema, ya que por tratarse de una investigación sin mayor precedente en nuestro medio, resulta un tanto difícil encontrar teoría o experiencias que ayudaran a perfeccionar los métodos de ensayos.
2. Tratar de realizar ensayos de las fibras de coco con equipo especial destinado para tal fin, lamentablemente no existe en nuestro medio aún máquinas de ensayos que pudieran ser aplicables en estos momentos.
3. Construir probetas de alguna matriz cementicia económica ya sea de arcilla o de cemento y reforzarlas con fibras de coco, seguidamente, someterlas a ensayo para corroborar que los esfuerzos resultantes en las fibras se transmiten al elemento en estudio.
4. Crear conciencia en la población estudiantil para que estudie y trabaje para mejorar las condiciones infrahumanas que se vive en muchos lugares de nuestro país, también se debe respetar nuestro medio ambiente, utilizando productos locales renovables en mejora de nuestra Guatemala.



## REFERENCIAS

- (1) Fibras Naturales <http://www.materiales.eia.edu.co/ciencia>  
AGOSTO 2007
- (2) Mejía de Gutiérrez, Ruby. Los materiales compuestos. Curso Internacional de materiales compuestos fibroreforzados. Colombia, 1998. pp. 1-9.
- (3) Materiales compuestos inteligentes  
<http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/163251143-148.pdf>  
SEPTIEMBRE 2007
- (4) Materiales compuestos fibroreforzados  
[http://webdeptos.uma.es/qicm/Doc\\_docencia/Tema7CM.pdf](http://webdeptos.uma.es/qicm/Doc_docencia/Tema7CM.pdf)  
SEPTIEMBRE 2007
- (5) Coco características generales  
<http://www.fundaciontabasco.org.mx/descargas/descargas2006220174430>  
OCTUBRE 2007
- (6) Partes del coco <http://www.infojardin.net/galerias>  
OCTUBRE 2007



- (7) Guía técnica del cultivo de coco  
[http://www.camagro.com/frutales/docs/guias\\_tecnicas/GuiaTecnicaCoco](http://www.camagro.com/frutales/docs/guias_tecnicas/GuiaTecnicaCoco)  
ENERO 2008
- (8) El cultivo del coco  
[http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/coco.asp](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/coco.asp)  
ENERO 2008
- (9) Fibra de Coco – Características - Técnicas  
<http://www.micanarias.com/aislantes/fibra-de-coco.htm>  
FEBRERO 2008
- (10) Materiales a base de cemento reforzados con fibra vegetal  
[http://www.fzea.usp.br/constrambi/producto\\_arquivos/materiais\\_a  
Base de cemento.pdf](http://www.fzea.usp.br/constrambi/producto_arquivos/materiais_a_Base_de_cimento.pdf)  
MARZO 2008
- (11) La enciclopedia libre <http://www.es.wikipedia.org>  
MARZO 2008
- (12) Rodríguez López, Maximiano. Metabolismo de las plantas. Editorial Alhambra, S. A. Madrid, 1969.
- (13) Fibra de coco <http://www.grn.es/sicosa/tecnic/fibradecoco.htm>  
ABRIL 2008
- (14) Normas ASTM <http://www.grn.es/sicosa/tecnic/fibradecoco.htm>  
MAYO 2008

- (15) Ayala Zapata, Edgar Virgilio. Evaluación experimental de matrices fibro-reforzados con desechos del fruto del coco y de paneles para construcción de vivienda económica (sistema constructivo de matriz fibroreforzada PANCOCO). Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala, Abril 2007.



## BIBLIOGRAFÍA

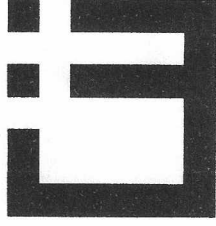
1. Devlin, Robert M. **Fisiología Vegetal**. 3ª ed. Barcelona: Editorial Ediciones Omega S. A. 1976.
2. Mejía de Gutiérrez, Ruby. **Los Materiales Compuestos fibroreforzados**. Curso Internacional. Santiago de Cali Colombia. 1998.
3. Merrit, Frederick S. y otros. **Manual del ingeniero Civil**. 4ª ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1999.
4. Ortiz Corado, Juan Antonio. Situación actual de las fibras naturales como refuerzo de mortero. Tesis Ing. Civil. Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1986.
5. Rodríguez López, Maximiano. **Metabolismo de las plantas**. 1ª ed. España: Editorial Alambra, S. A. 1969
6. Steinmuller Mazariegos, Augusto Alejandro. Características físico-mecánicas y estructurales en planchas y paneles de fibrocemento. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1987.



## APÉNDICE



**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

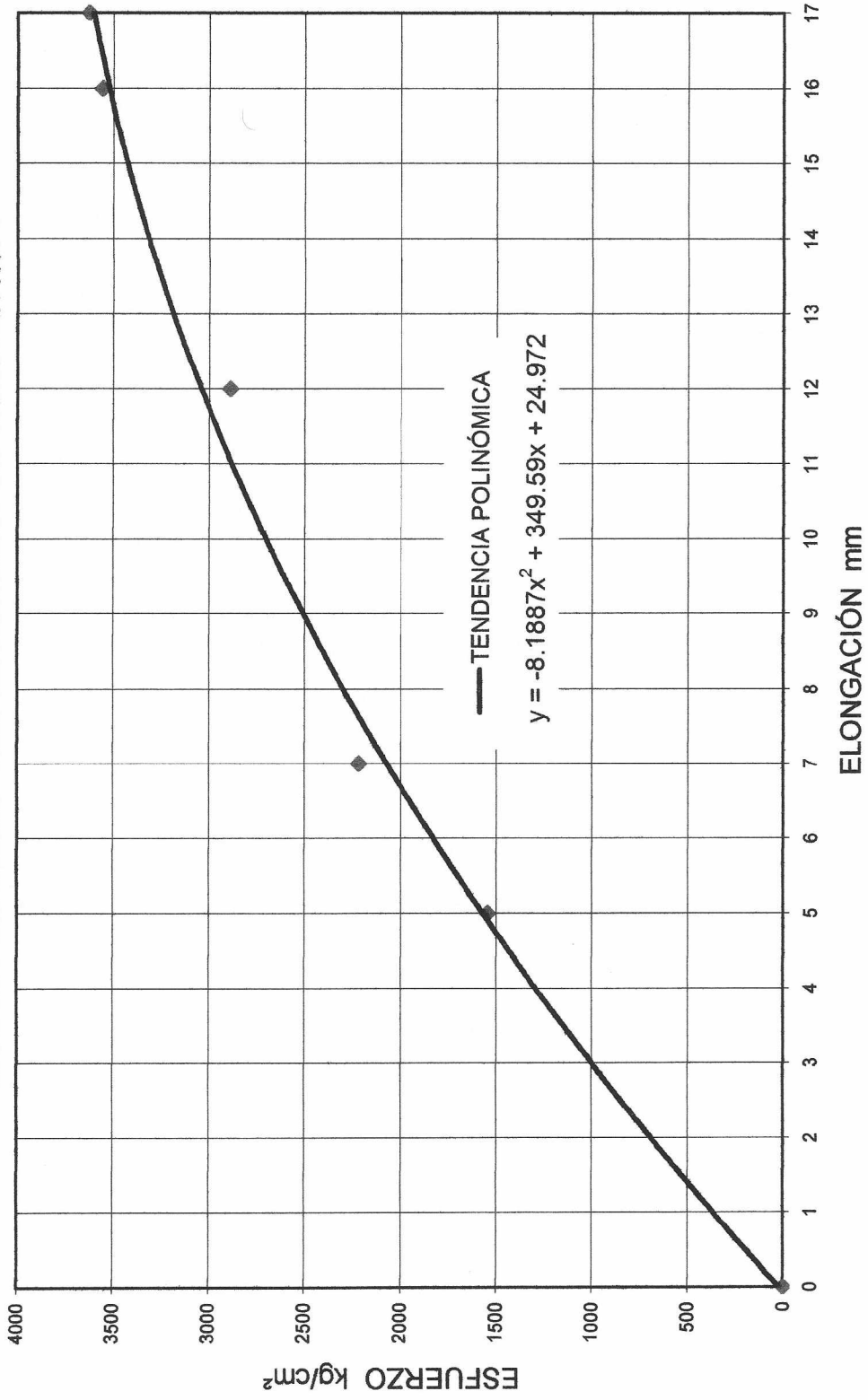


**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

MUESTRA No. 1	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm	mm			
	9.3	1	121.30	9.8	5	5.38	9.4	1	1,544.44	Color amarillo	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.135	2	174.00	10.0	7	7.53	9.6	3	2,215.44		
		3	226.70	10.5	12	12.90	10.0	7	2,886.43		
		4	279.40	10.9	16	17.20	10.4	11	3,557.43		Textura semifina
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.135	5	284.67	11.0	17	18.28	10.4	11	3,624.53		Fallo a 0,9 cm del extremo en donde diámetro era menor.
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.10									El diámetro se redujo a 0,08 mm	

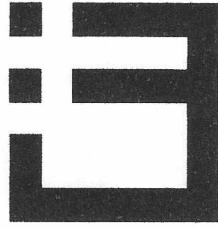
GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 1







**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

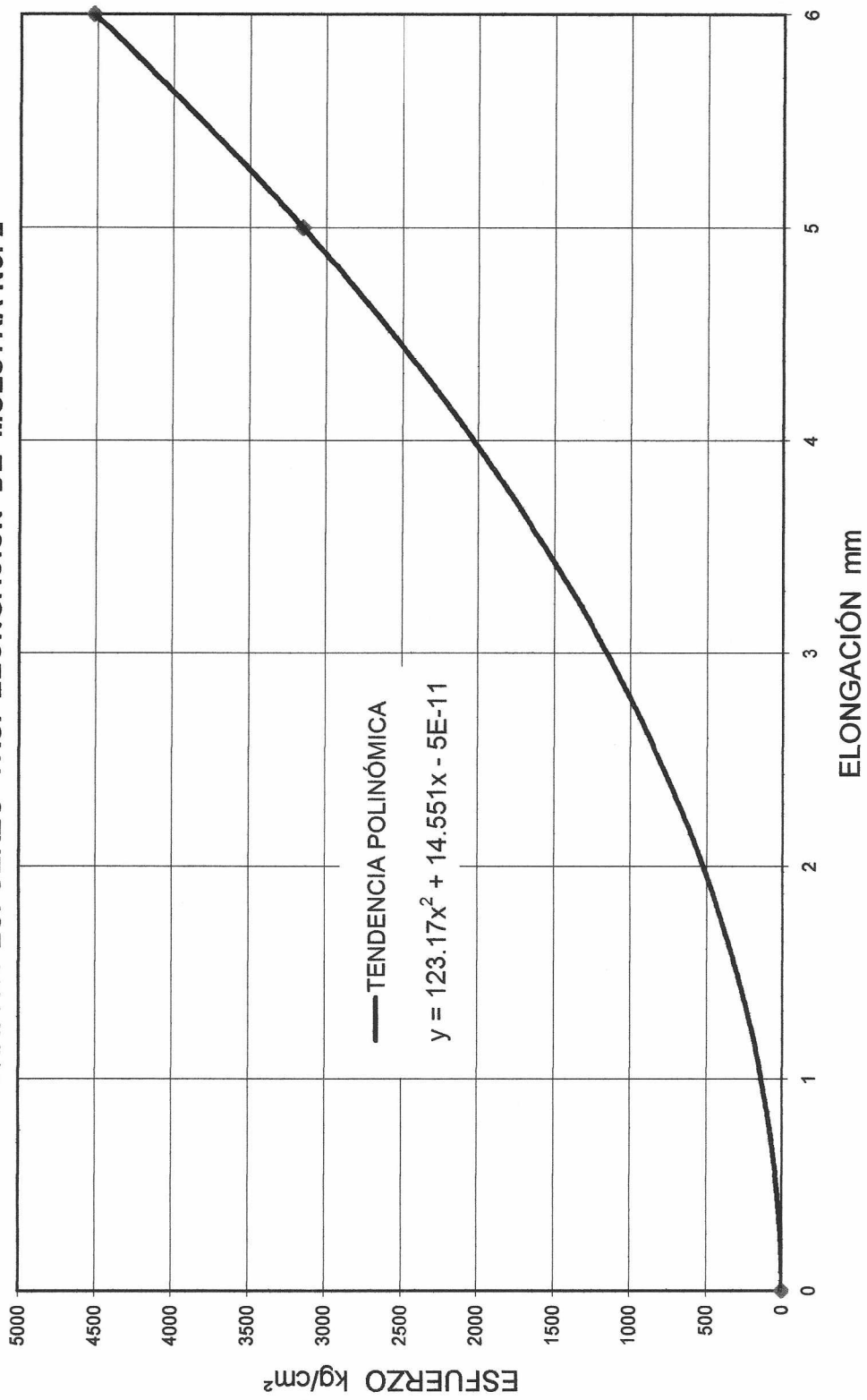


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

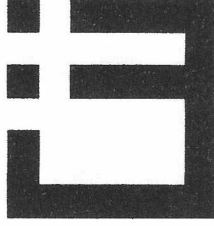
MUESTRA No. 2	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES			
				cm	mm			cm	mm	
8.9	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.09	1	1.21.30	9.4	5	5.62	9.0	1	3,151.92	Color amarillo
		2	1.74.00	9.5	6	6.74	9.1	2	4,521.30	
DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.09										Textura fina
DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.07										Fallo a 0,2 cm del extremo en donde diámetro era menor.
										El diámetro se redujo a 0,06 mm

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 2





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

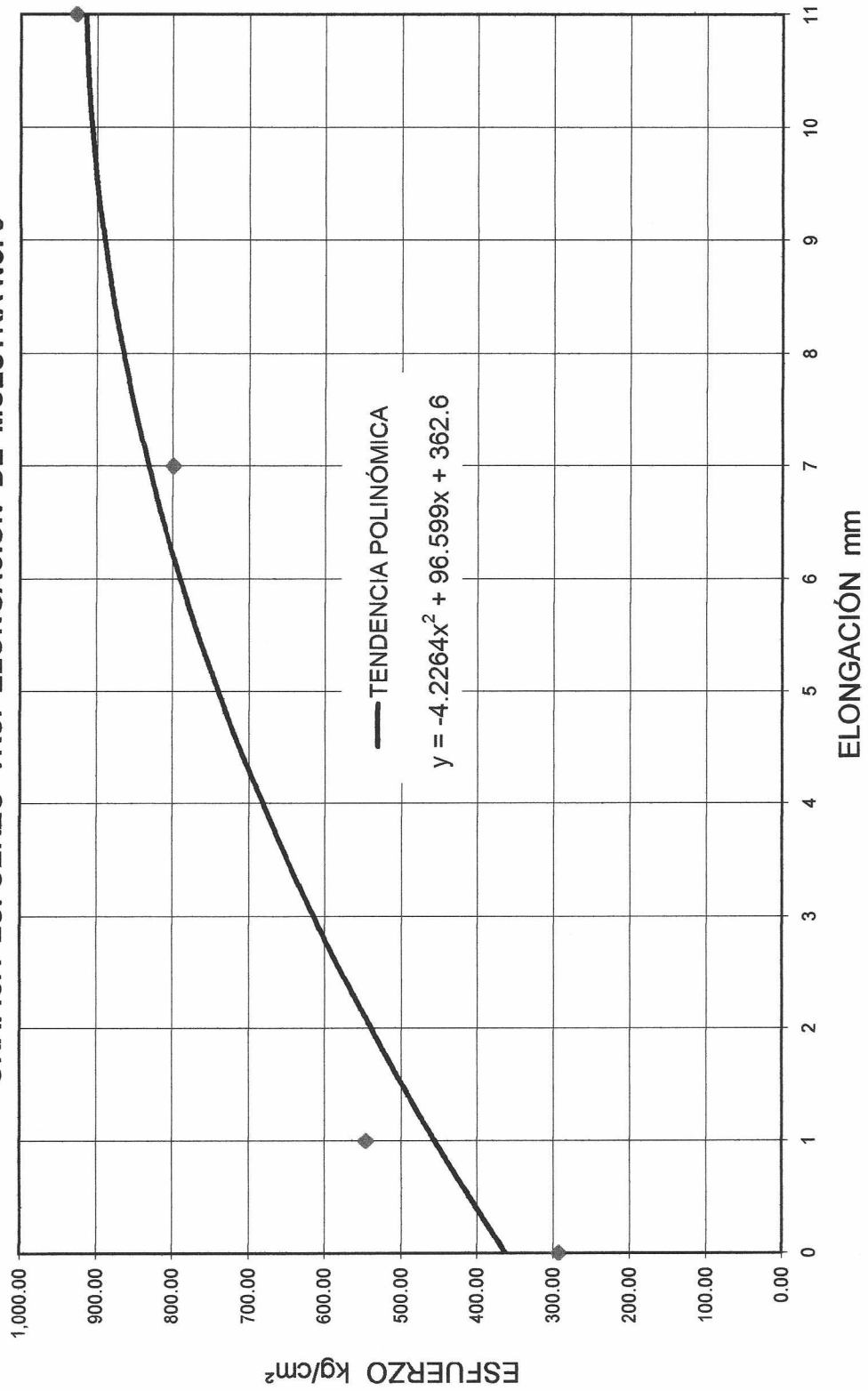


**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

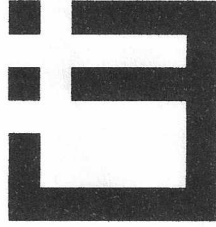
MUESTRA No. 3	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm			mm
	5.9	1	121.30	5.9	0	0.00	5.9	0	291.95	Color amarillo oscuro leve  Textura un tanto áspera  Fallo a 2,2 cm del extremo en donde diámetro era menor.
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.27	2	226.70	6.0	1	1.69	6.0	1	545.64	
		3	332.10	6.6	7	11.86	6.3	4	799.32	
		4	384.80	7.0	11	18.64	6.6	7	926.17	
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.25									
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.23									El diámetro se redujo a 0,21 mm

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 3





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

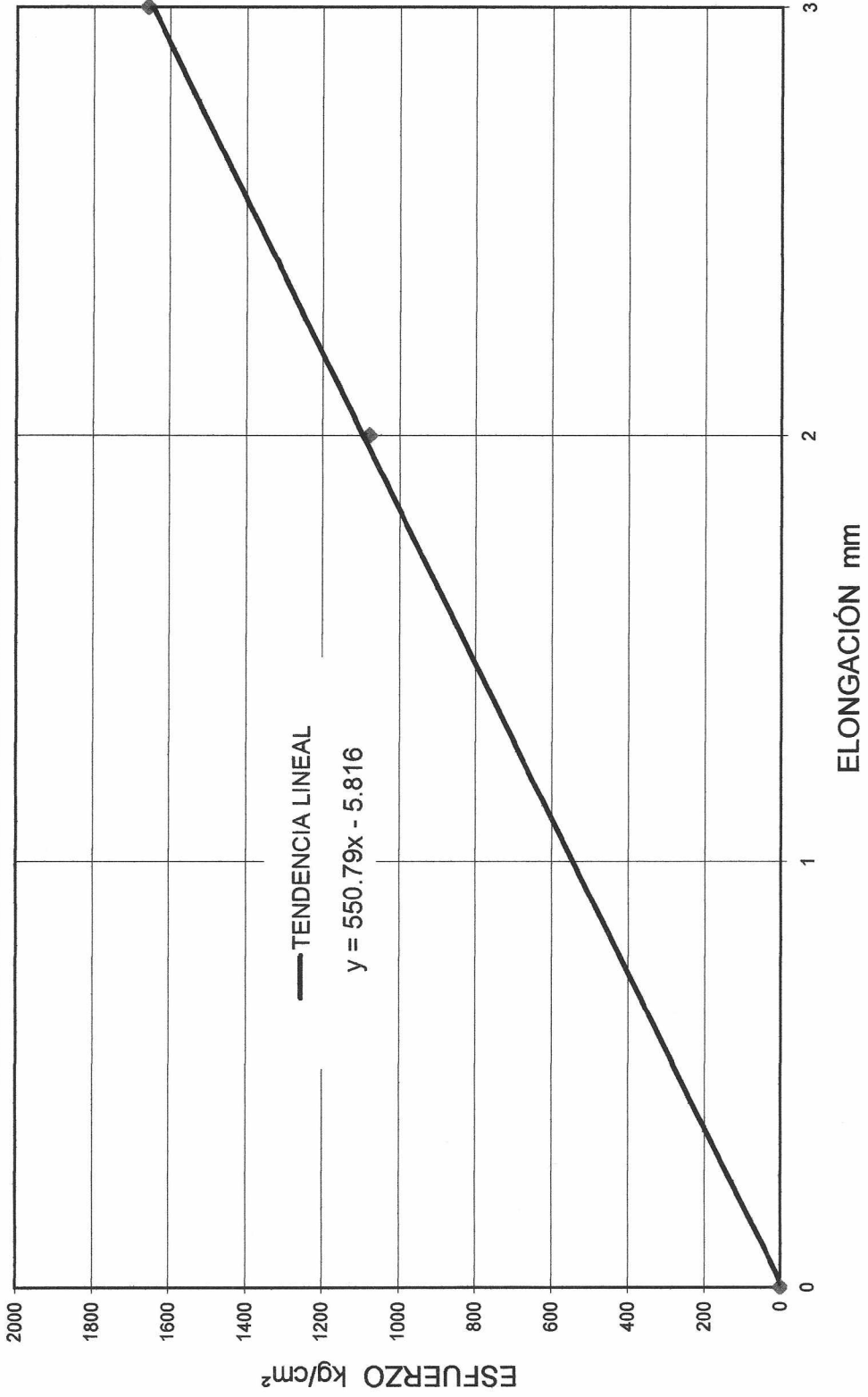


**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

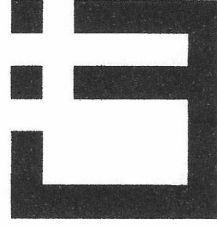
MUESTRA No. 4	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm			mm
	6.4	1	68.60	6.6	2	3.12	6.4	0	1,078.32	Color amarillo claro
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.10	2	105.49	6.7	3	4.69	6.6	2	1,658.20	
										Textura fina
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.09									Fallo a 0,10 cm del extremo en donde diámetro era mayor.
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.09									El diámetro no vario de 0,09 mm

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 4





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

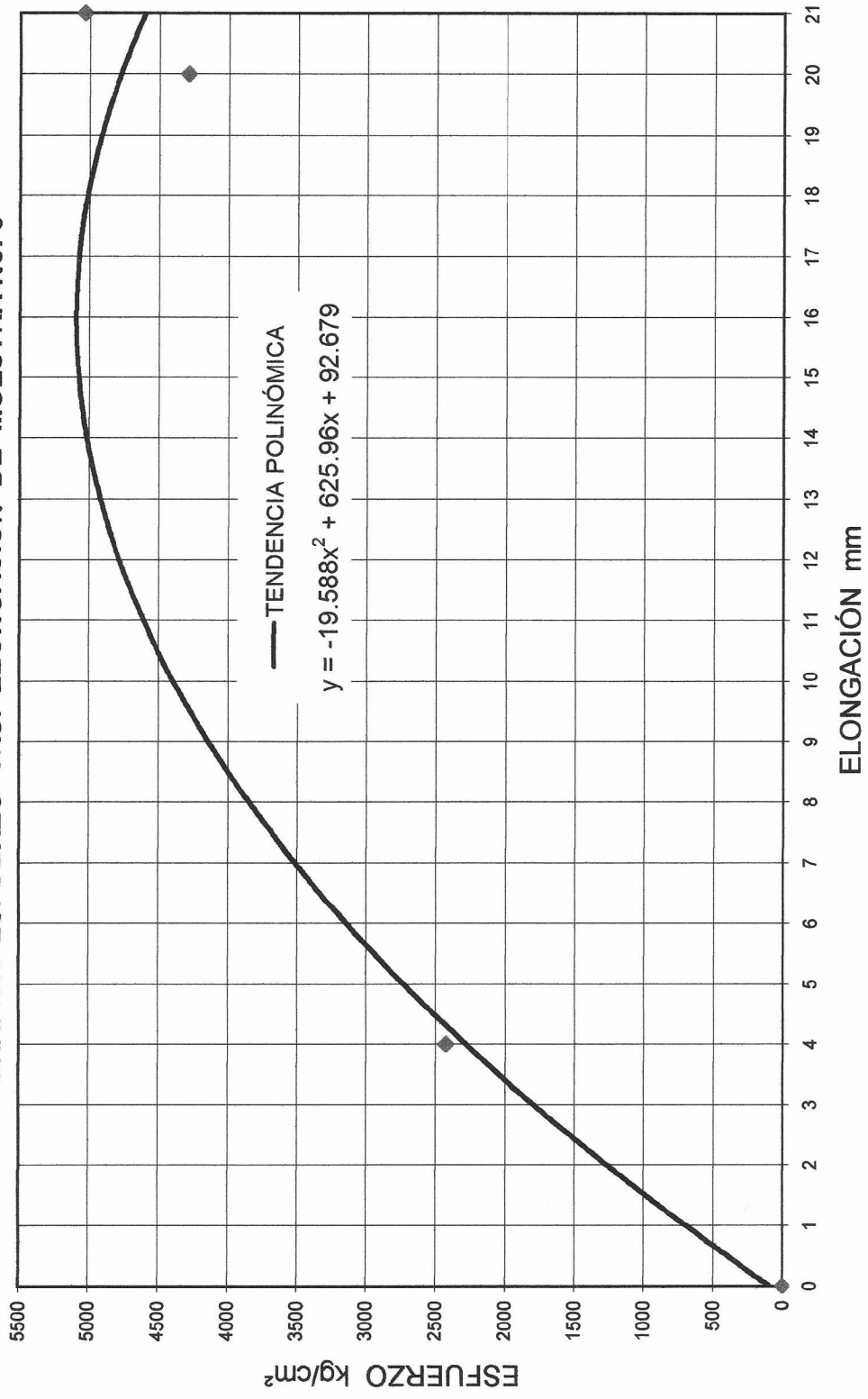


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

MUESTRA No. 5	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
				cm	%		
	8.5	1	68.60	8.9	4	4.71	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR			8.7	2	2,426.23	
	0.14	2	121.30	10.5	20	23.53	Color café claro
		3	142.38	10.6	21	24.71	Textura semifina
	DIÁMETRO AL MEDIO			10.2	17	5,035.66	
	mm						
	0.10						Fallo en el extremo en donde el diámetro era menor
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR						
	0.06						El diámetro se redujo a 0.055 mm

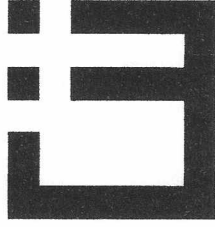
GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 5







**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

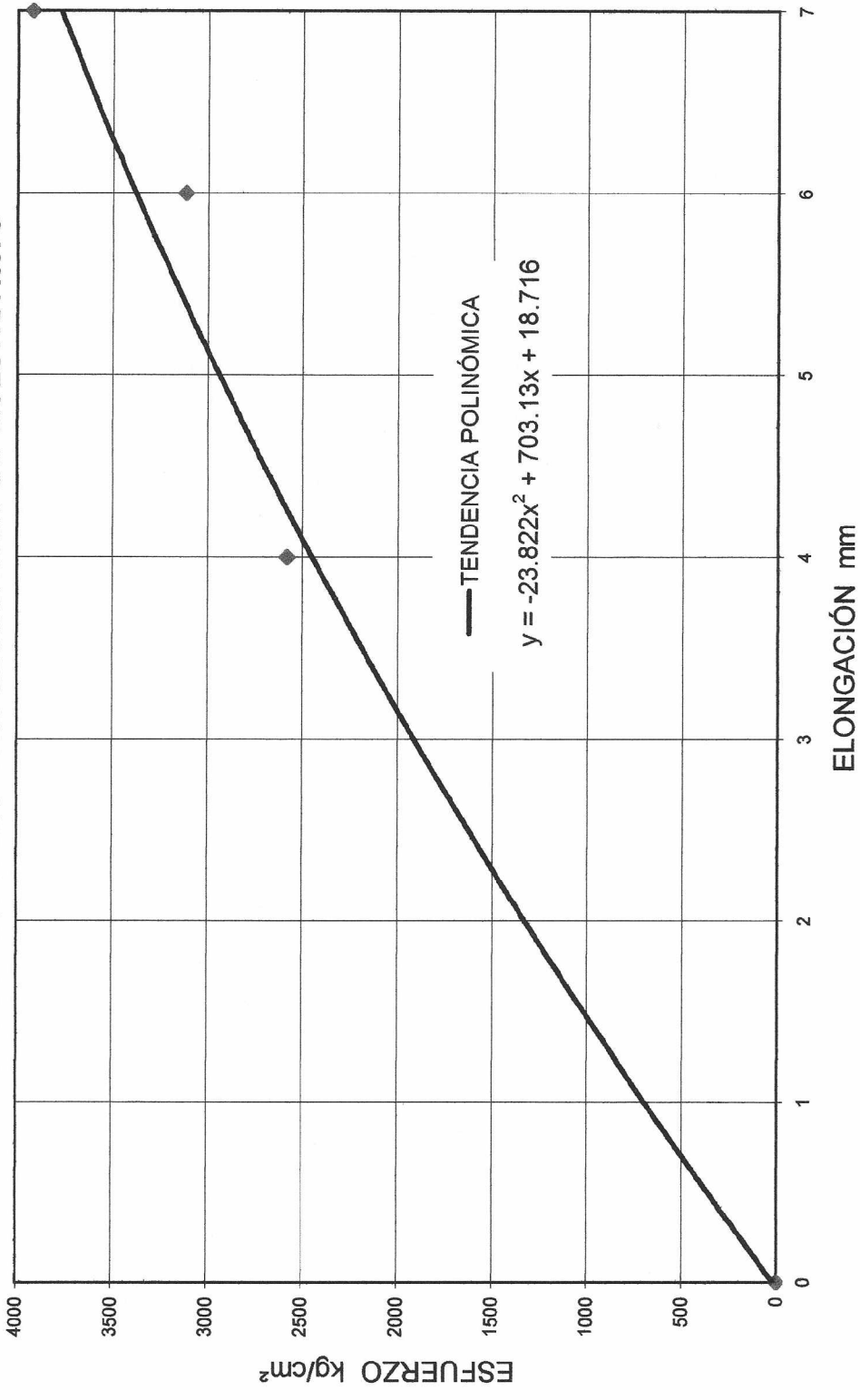


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

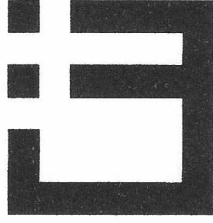
MUESTRA No. 6	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
				cm	mm	cm	mm		
	4.8	1	50.68	5.2	4	5.0	2	2,581.11	Color blanco
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.055	2	61.22	5.4	6	5.1	3	3,117.91	
		3	77.03	5.5	7	5.2	4	3,923.11	
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.05								Textura fina
									Fallo en el extremo inferior en donde el diámetro era menor
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.05								El diámetro se redujo a 0,03 mm

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 6





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

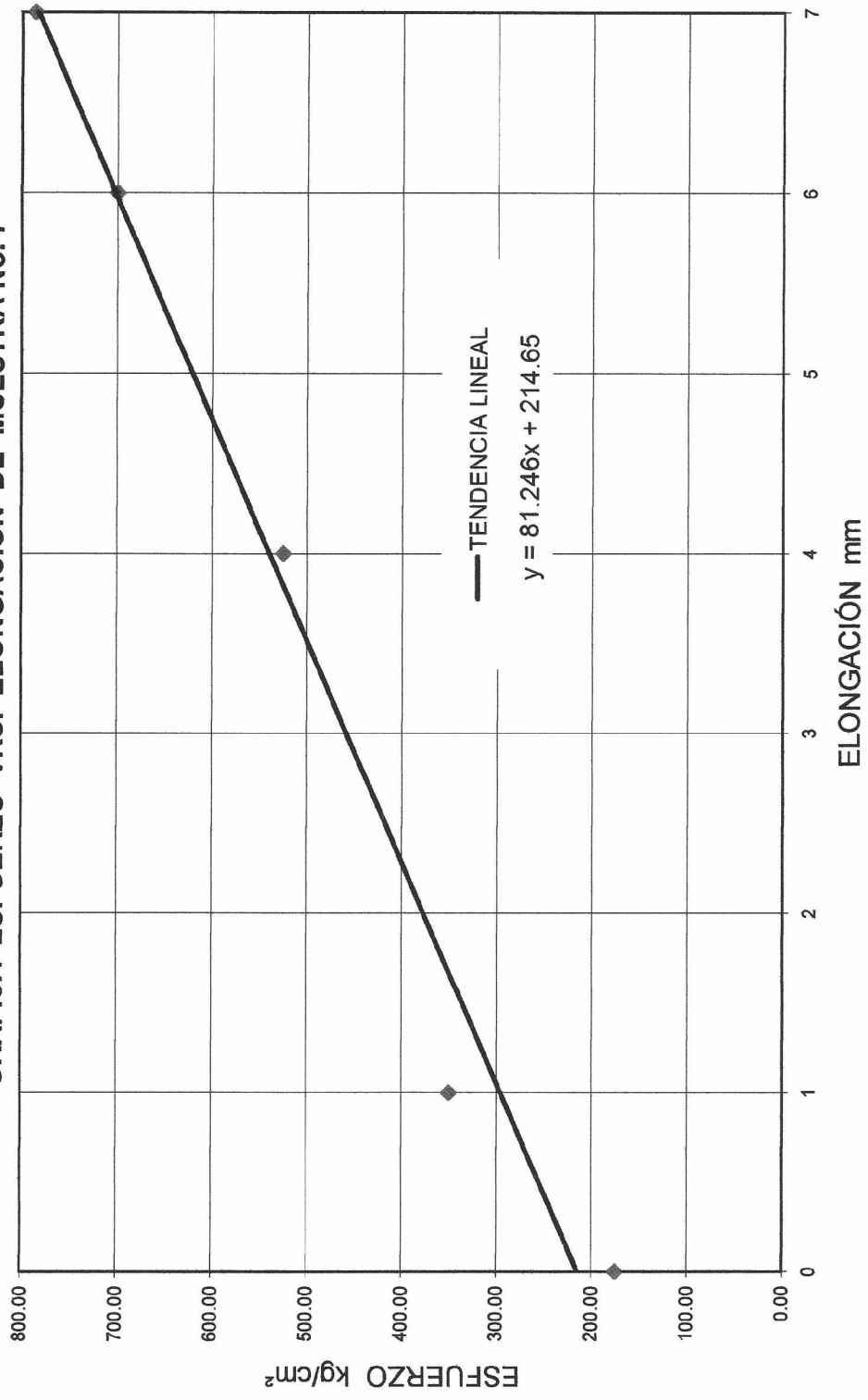


**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

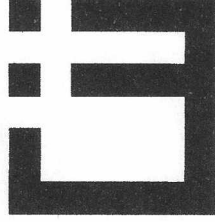
MUESTRA No. 7	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm	mm			
	3.9	1	100.22	3.9	0	0.00	3.9	0	175.04	<i>Color café claro</i>	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.30	2	200.35	4.0	1	2.56	3.9	0	349.92		
		3	300.48	4.3	4	10.26	4.1	2	524.81		
		4	400.61	4.5	6	15.38	4.3	4	699.69		<i>Textura un tanto áspera</i>
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.28	5	450.15	4.6	7	17.95	4.3	4	786.21		<i>Fallo a 0.30 cm del extremo inferior donde diámetro era menor.</i>
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.27									<i>El diámetro se redujo a 0.25 mm</i>	

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 7





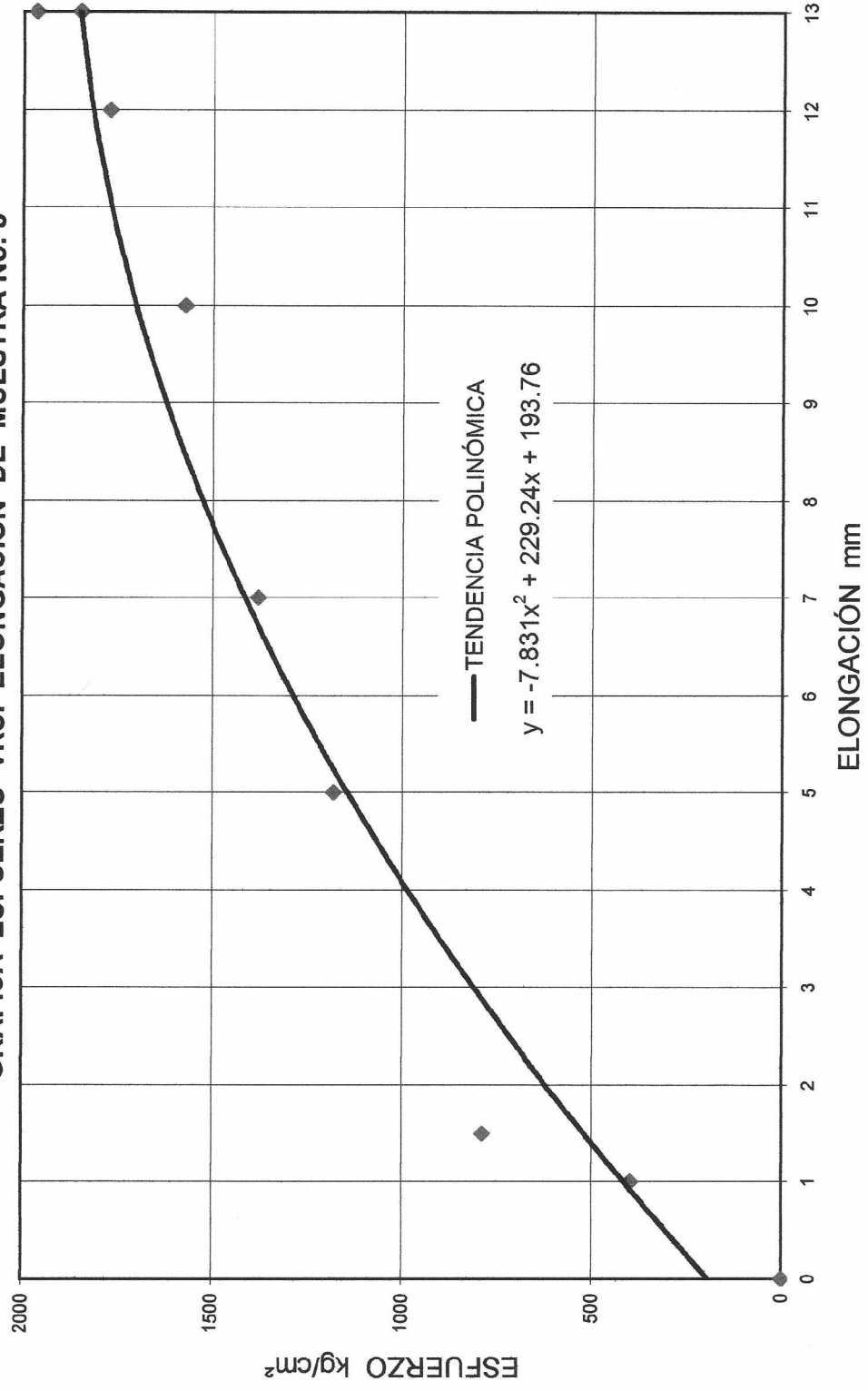
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ  
ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

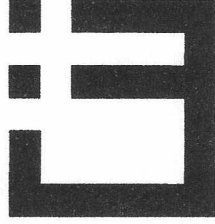
MUESTRA No. 8	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
				cm	mm	%	cm	mm		
	5.5	1	100.90	5.6	1	1.82	9.4	39	396.51	Color café claro  Textura un tanto áspera  Fallo en el extremo inferior en donde diámetro era menor.  El diámetro se redujo a 0,14 mm
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.24	2	200.70	5.65	2	2.73	9.6	41	788.70	
		3	300.60	6.0	5	9.09	10.0	45	1,181.28	
		4	351.00	6.2	7	12.73	10.4	49	1,579.34	
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.23	5	400.50	6.5	10	18.18	10.4	49	1,573.87	
		6	451.00	6.7	12	21.82	10.4	104	1,772.32	
		7	470.90	6.8	13	23.64	10.4	104	1,850.52	
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.18	8	500.30	6.8	13	23.64	10.4	104	1,966.05	

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 8





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

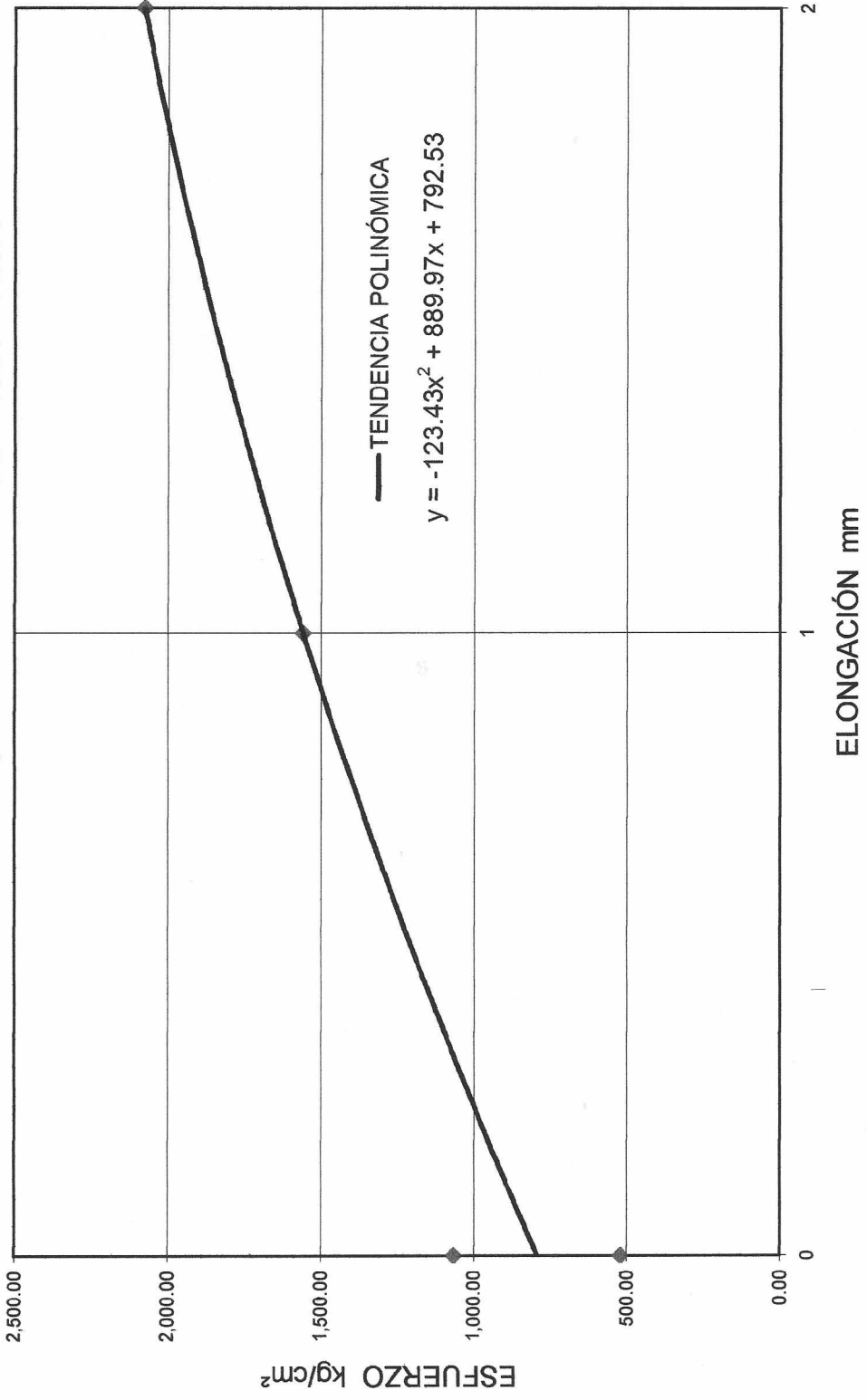


**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

MUESTRA No. 9	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
				cm	mm	%	cm	mm		
	5.5	1	20.00	5.5	0	0.00	5.5	0	519.69	Color amarillo
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.09	2	41.00	5.50	0	0.00	5.5	0	1,065.36	
		3	60.00	5.6	1	1.82	5.5	0	1,559.07	
		4	80.00	5.7	2	3.64	5.7	2	2,078.76	
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.11									Fallo en el extremo inferior en donde diámetro era menor.
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.07									El diámetro se redujo a 0,06 mm

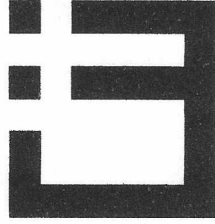
GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 9







**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

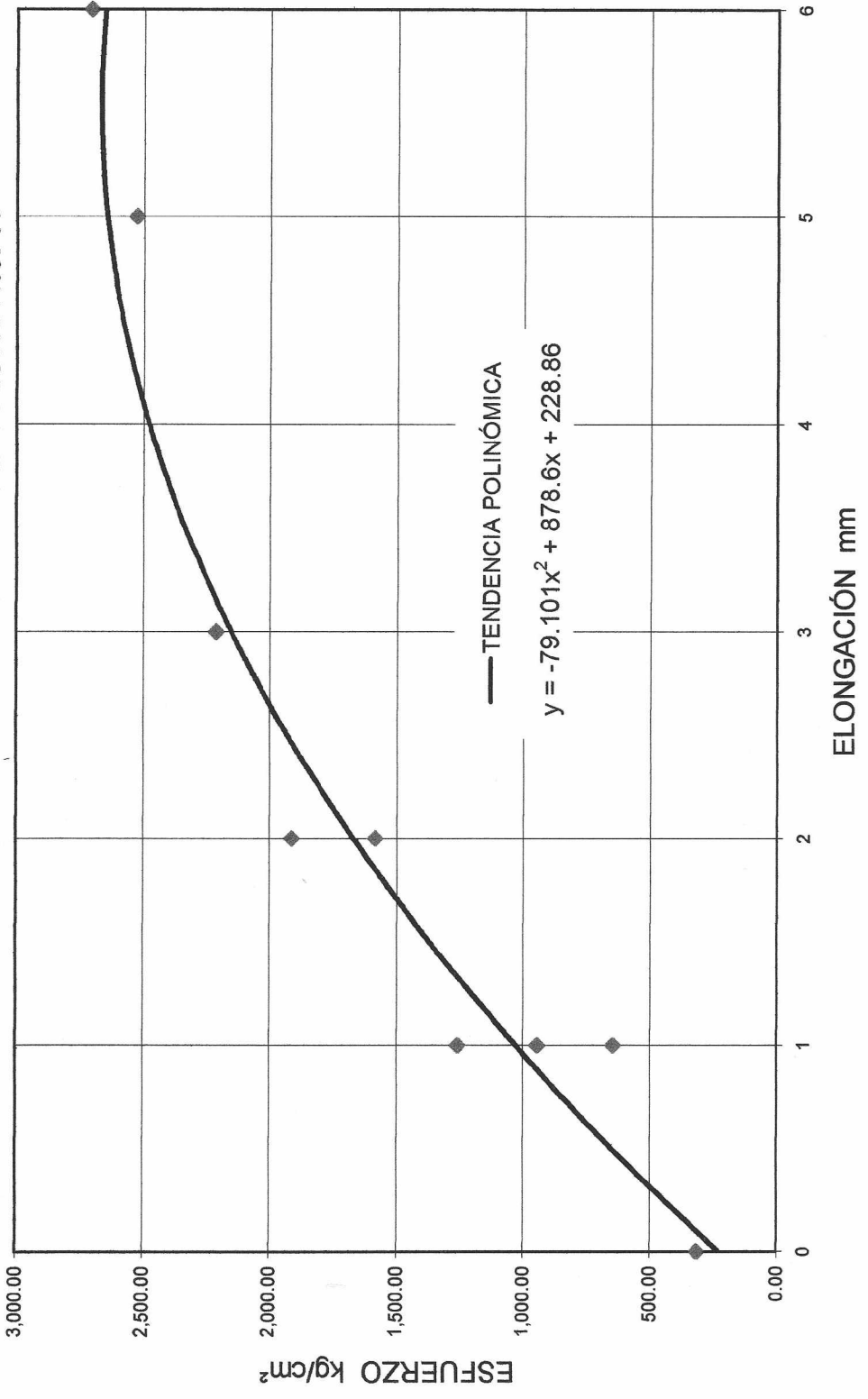


**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

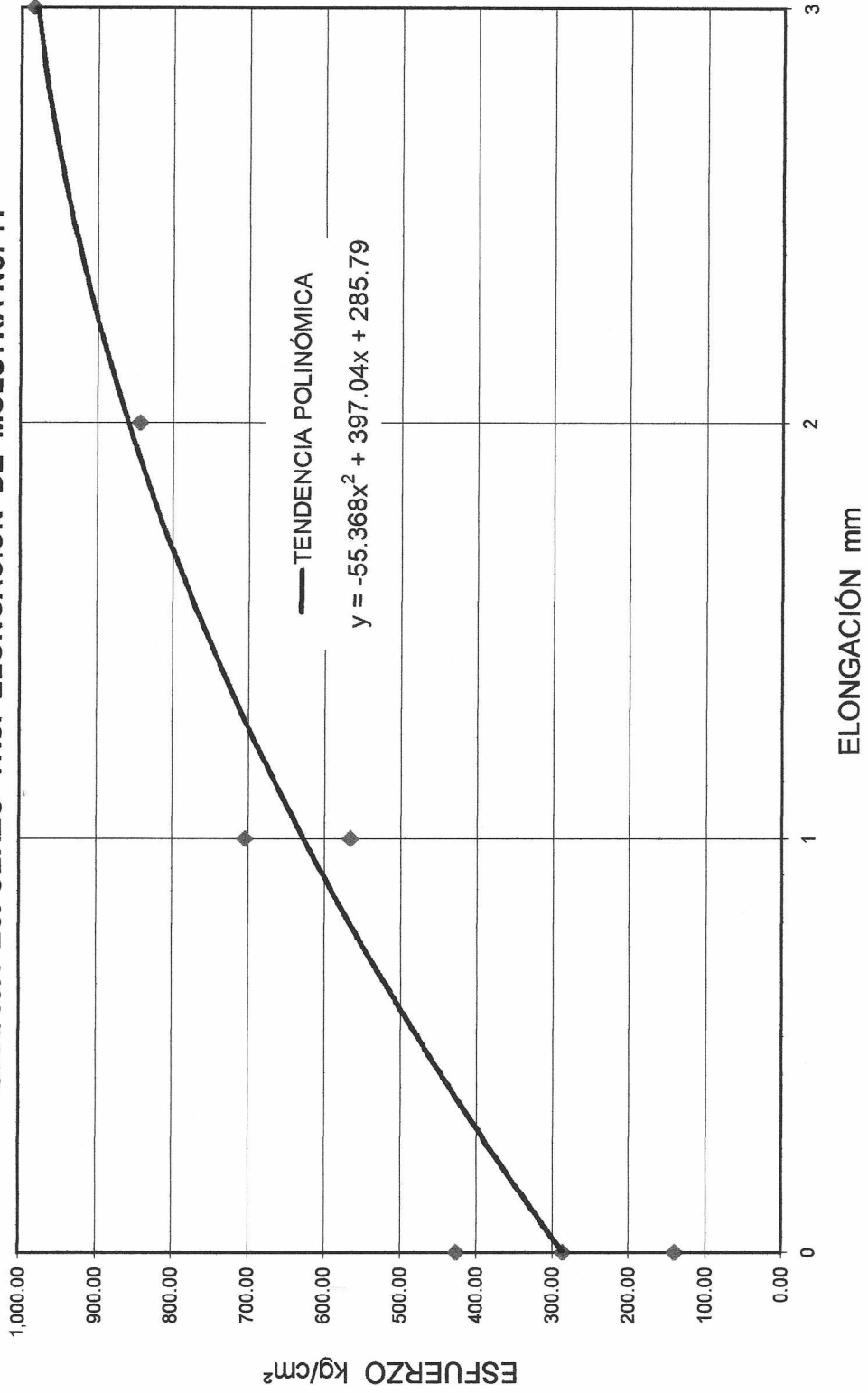
MUESTRA No. 10	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm	mm			
	5.4	1	20.00	5.4	0	0.00	5.4	0	314.38	Color amarillo oscuro	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.10	2	41.00	5.5	1	1.85	5.4	0	644.48		
		3	60.00	5.5	1	1.85	5.4	0	943.14		
		4	80.00	5.5	1	1.85	5.5	1	1,257.52		Textura fina
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.15	5	100.70	5.6	2	3.70	5.5	1	1,582.90		
		6	121.70	5.6	2	3.70	5.5	1	1,913.00		Fallo en el extremo superior en donde el diámetro era mayor
		7	140.70	5.7	3	5.56	5.6	2	2,211.66		
		8	160.80	5.9	5	9.26	5.6	2	2,527.62		
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.09	9	172.30	6.0	6	11.11	5.9	5	2,708.38		El diámetro se redujo a 0.09 mm

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 10



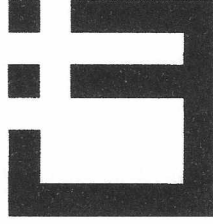


GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 11





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

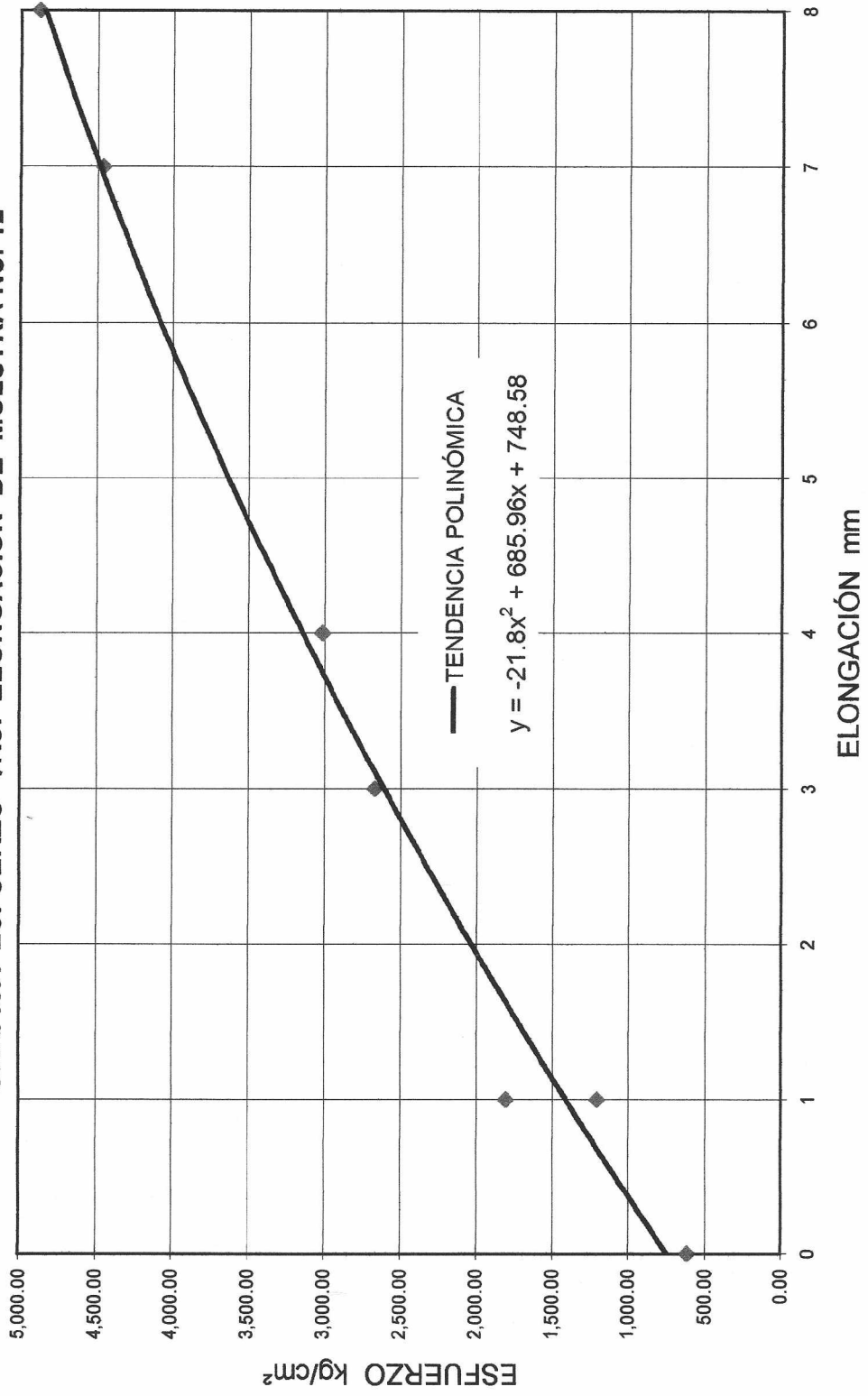


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

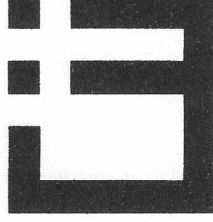
MUESTRA No. 12	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm			mm
	6.5	1	20.30	6.5	0	0.00	6.5	0	611.76	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.12	2	40.10	6.6	1	1.54	6.6	1	1,208.45	Color amarillo oscuro
		3	60.00	6.6	1	1.54	6.6	1	1,808.15	
		4	88.60	6.8	3	4.62	6.7	2	2,670.04	Textura un tanto áspera
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.065	5	100.00	6.9	4	6.15	6.7	2	3,013.58	
		6	148.00	7.2	7	10.77	7.0	5	4,460.11	Fallo en la parte central de la fibra.
		7	161.90	7.3	8	12.31	7.0	5	4,878.99	
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.13									El diámetro no se redujo de 0,055 mm

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 12





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

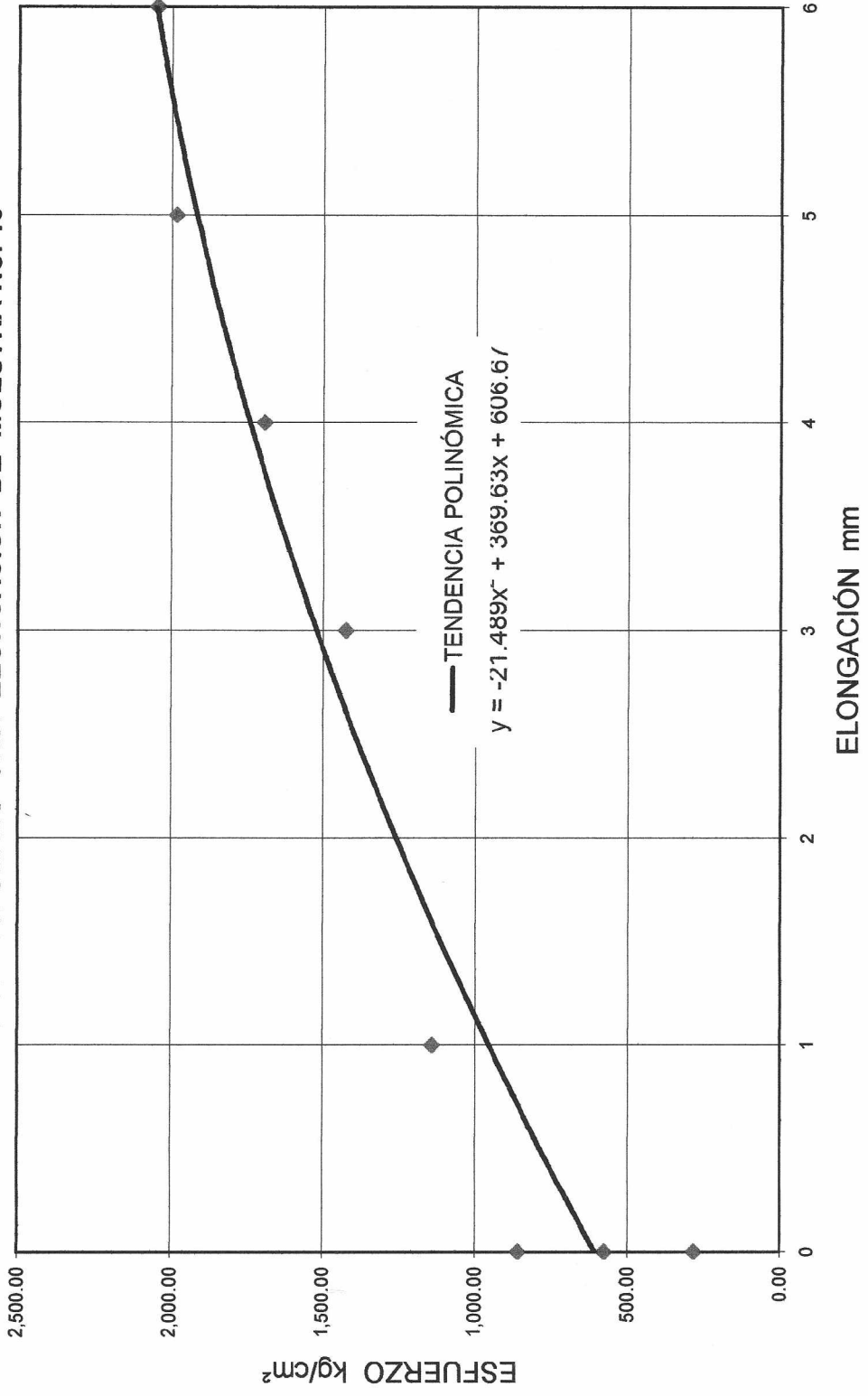


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

MUESTRA No. 13	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm	mm			
	6.5	1	20.00	6.5	0	0.00	6.5	0	282.16	Color amarillo	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.10	2	40.90	6.5	0	0.00	6.5	0	577.01		
		3	60.90	6.5	0	0.00	6.5	0	859.17		
		4	80.90	6.6	1	1.54	6.5	0	1,141.33		Textura semifina
		5	101.00	6.8	3	4.62	6.6	1	1,424.90		
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.095	6	120.00	6.9	4	6.15	6.7	2	1,692.95		Fallo en el extremo superior.
		7	140.60	7.0	5	7.69	6.8	3	1,983.57		
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.10	8	145.00	7.1	6	9.23	6.9	4	2,045.65		El diámetro se redujo a 0,09 mm

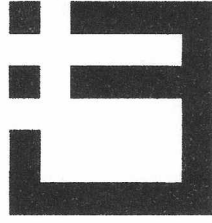
GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 13







**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

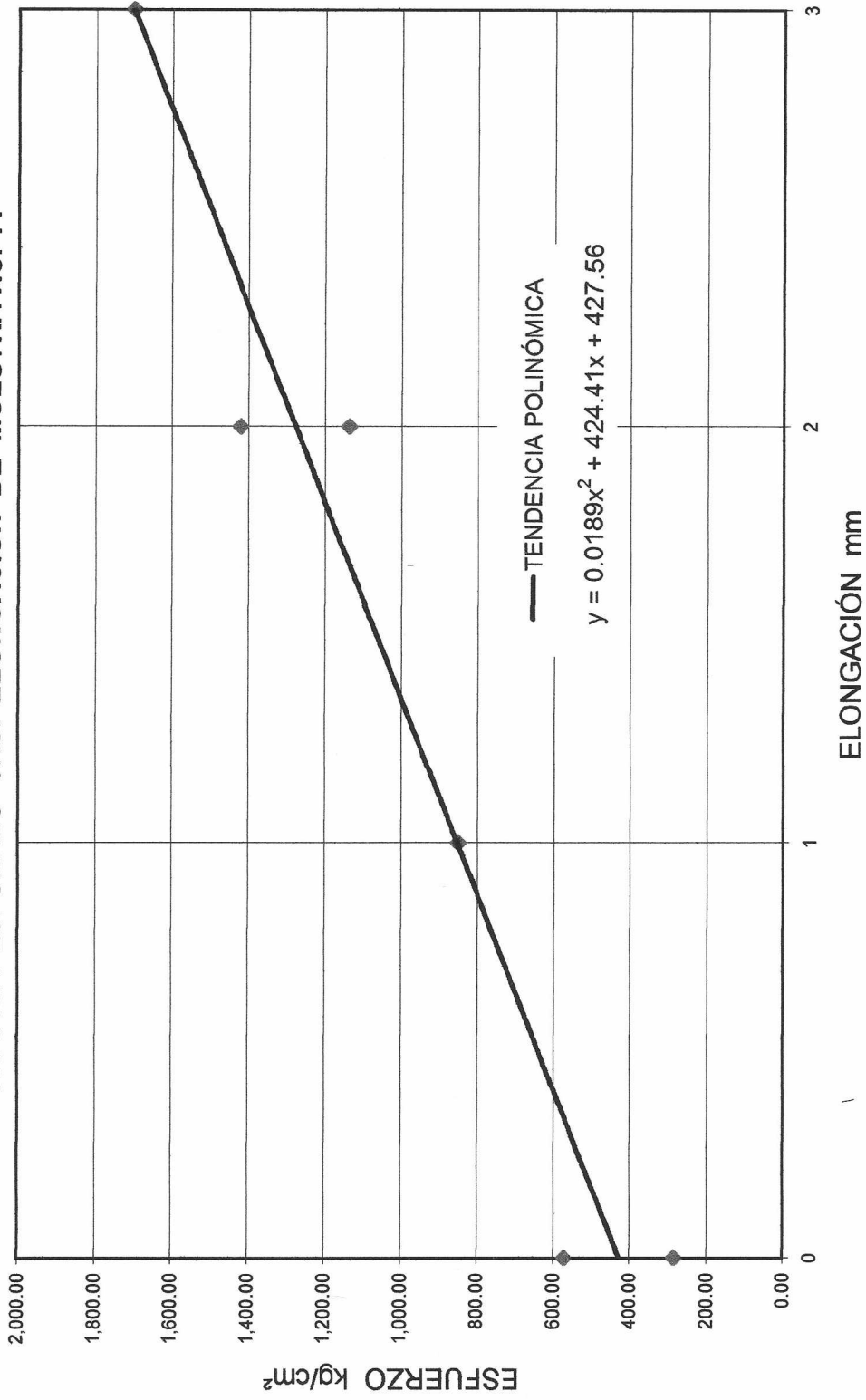


**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

MUESTRA No. 14	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm	mm			
	5.3	1	50.30	5.3	0	0.00	5.3	0	284.64	Color café claro	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.15	2	101.00	5.3	0	0.00	5.3	0	571.54		
		3	150.00	5.4	1	1.89	5.3	0	848.83		
		4	200.70	5.5	2	3.77	5.4	1	1.135.73		Textura semifina
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.22	5	251.00	5.5	2	3.77	5.4	1	1.420.37		
		6	300.40	5.6	3	5.66	5.5	2	1.699.92		Fallo ocurrió en el extremo superior a 0,9 cm
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.21									El diámetro se redujo a 0,15 mm	

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 14

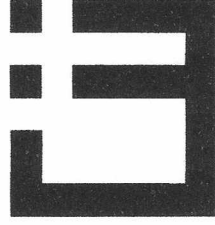




**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

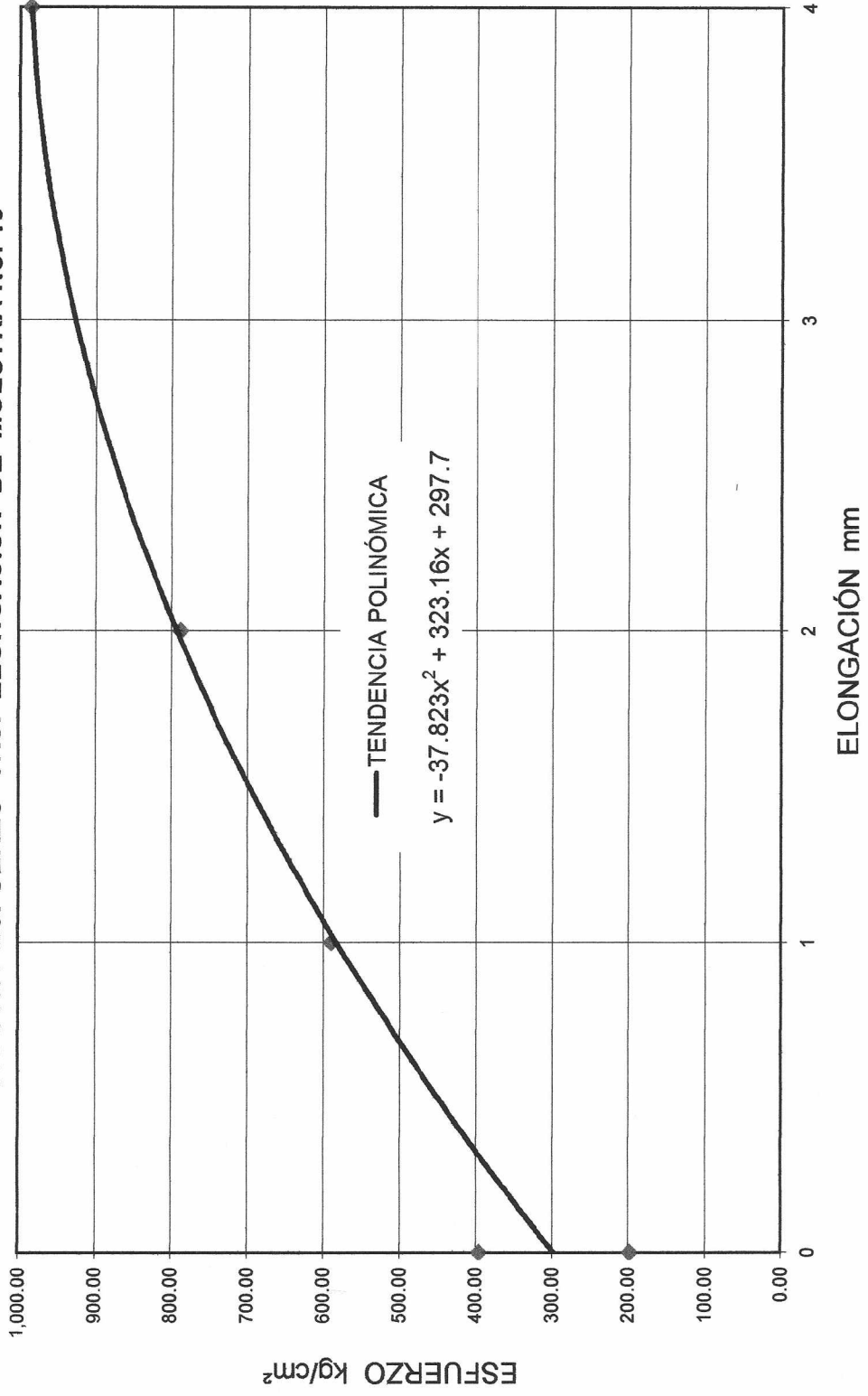
**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**



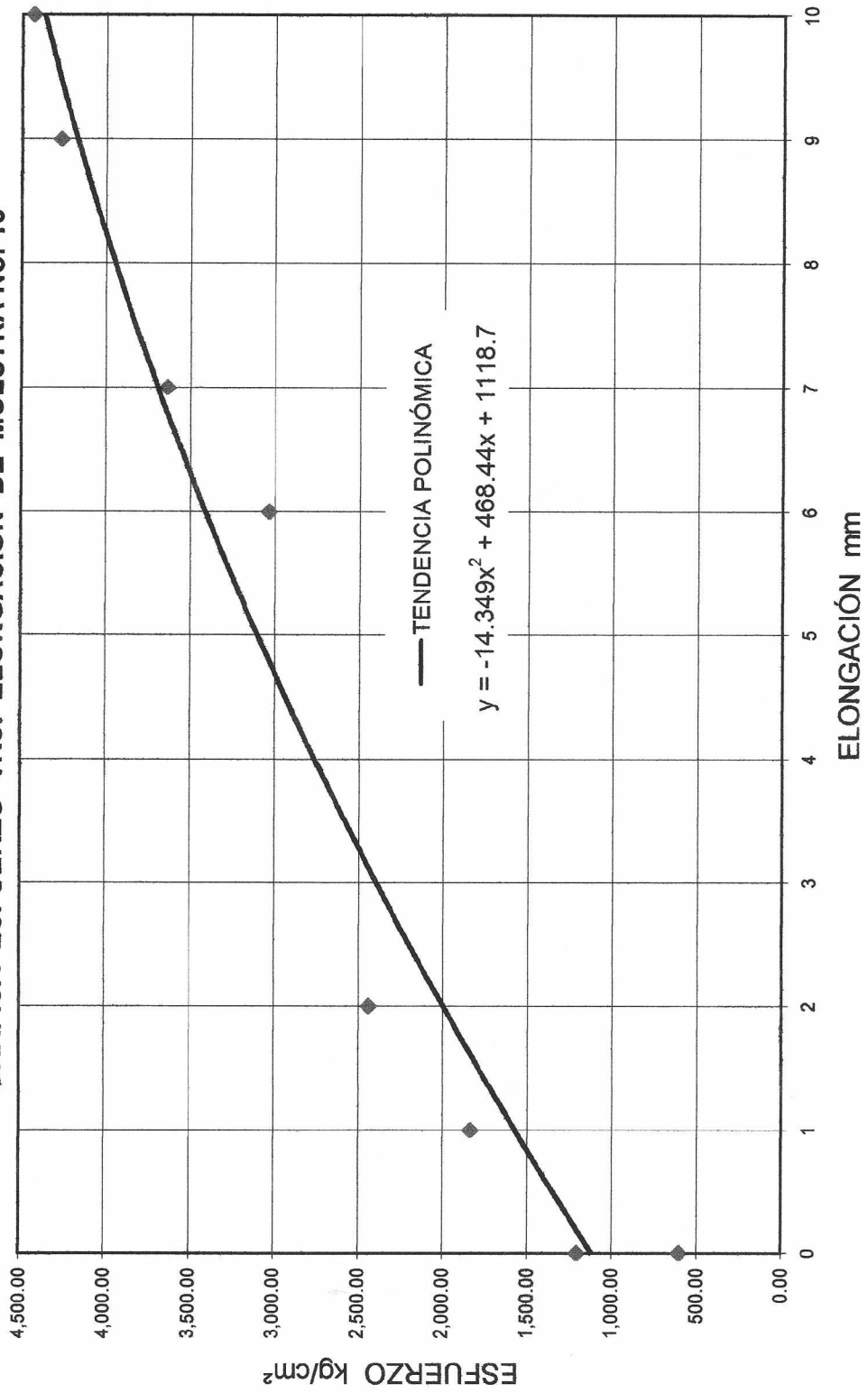
MUESTRA No. 15	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm	mm			
	7.2	1	50.30	7.2	0	0.00	7.2	0	197.67	<i>Color café claro</i>	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.18	2	100.60	7.2	0	0.00	7.2	0	395.33		
		3	150.00	7.3	1	1.39	7.2	0	589.46		
		4	200.50	7.4	2	2.78	7.3	1	787.92		<i>Textura un tanto áspera</i>
		5	250.90	7.6	4	5.56	7.4	2	985.97		
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.185									<i>Fallo en el extremo superior</i>	
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.19									<i>El diámetro se redujo a 0,14 mm</i>	

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 15



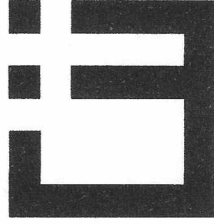


GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 16





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

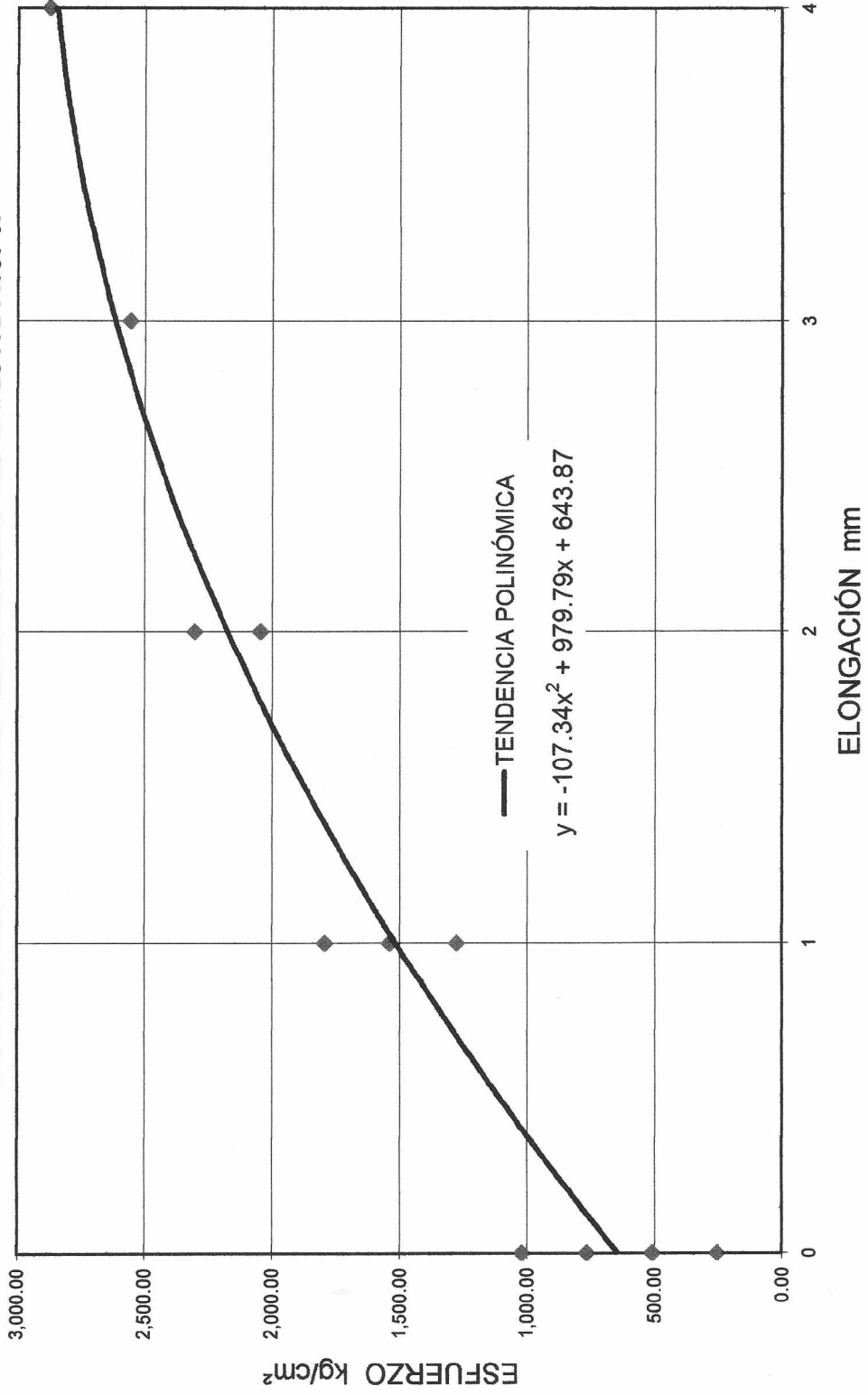


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

MUESTRA No. 17	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES		
				cm	mm	%	cm			mm	
	7.2	1	20.00	7.2	0	0.00	7.2	0	254.65	<i>Color café claro</i>	
	DIAMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.10	2	40.00	7.2	0	0.00	7.2	0	509.30		
		3	60.00	7.2	0	0.00	7.2	0	763.94		
		4	80.00	7.2	0	0.00	7.2	0	1,018.59		<i>Textura semifina</i>
		5	100.20	7.3	1	1.39	7.2	0	1,275.79		
	DIAMETRO AL MEDIO mm 0.135	6	120.80	7.3	1	1.39	7.2	0	1,538.07		<i>Fallo en el extremo superior</i>
		7	140.80	7.3	1	1.39	7.2	0	1,792.72		
		8	160.70	7.4	2	2.78	7.2	0	2,046.10		
		9	180.90	7.4	2	2.78	7.2	0	2,303.29		<i>El diámetro no se redujo de 0,10 mm</i>
	DIAMETRO EXTREMO INFERIOR 0.16	10	200.90	7.5	3	4.17	7.3	1	2,557.94		
		11	225.80	7.6	4	5.56	7.3	1	2,874.97		

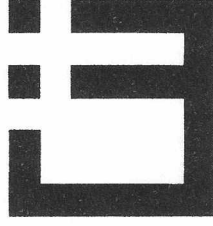
GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 17







**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

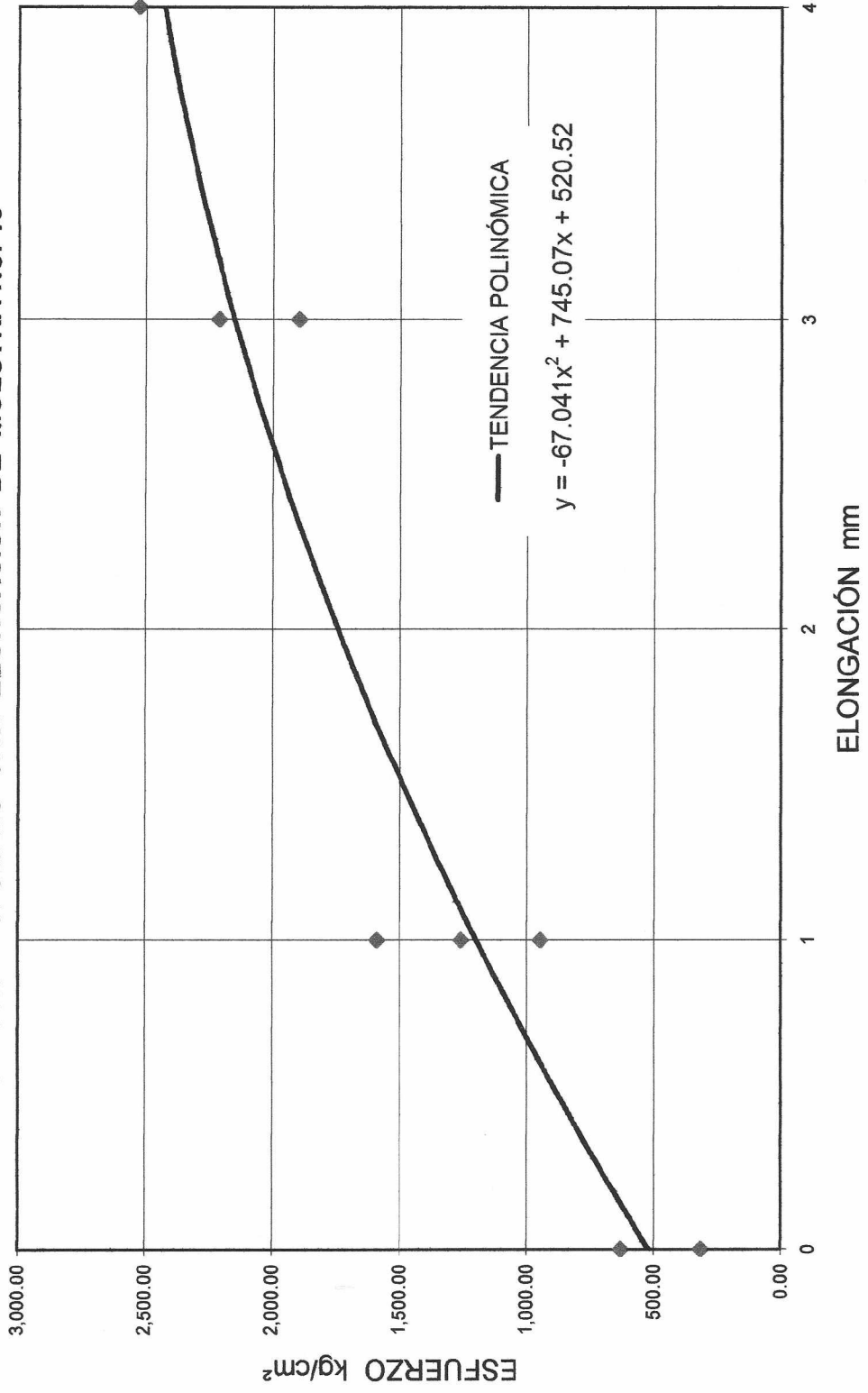


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

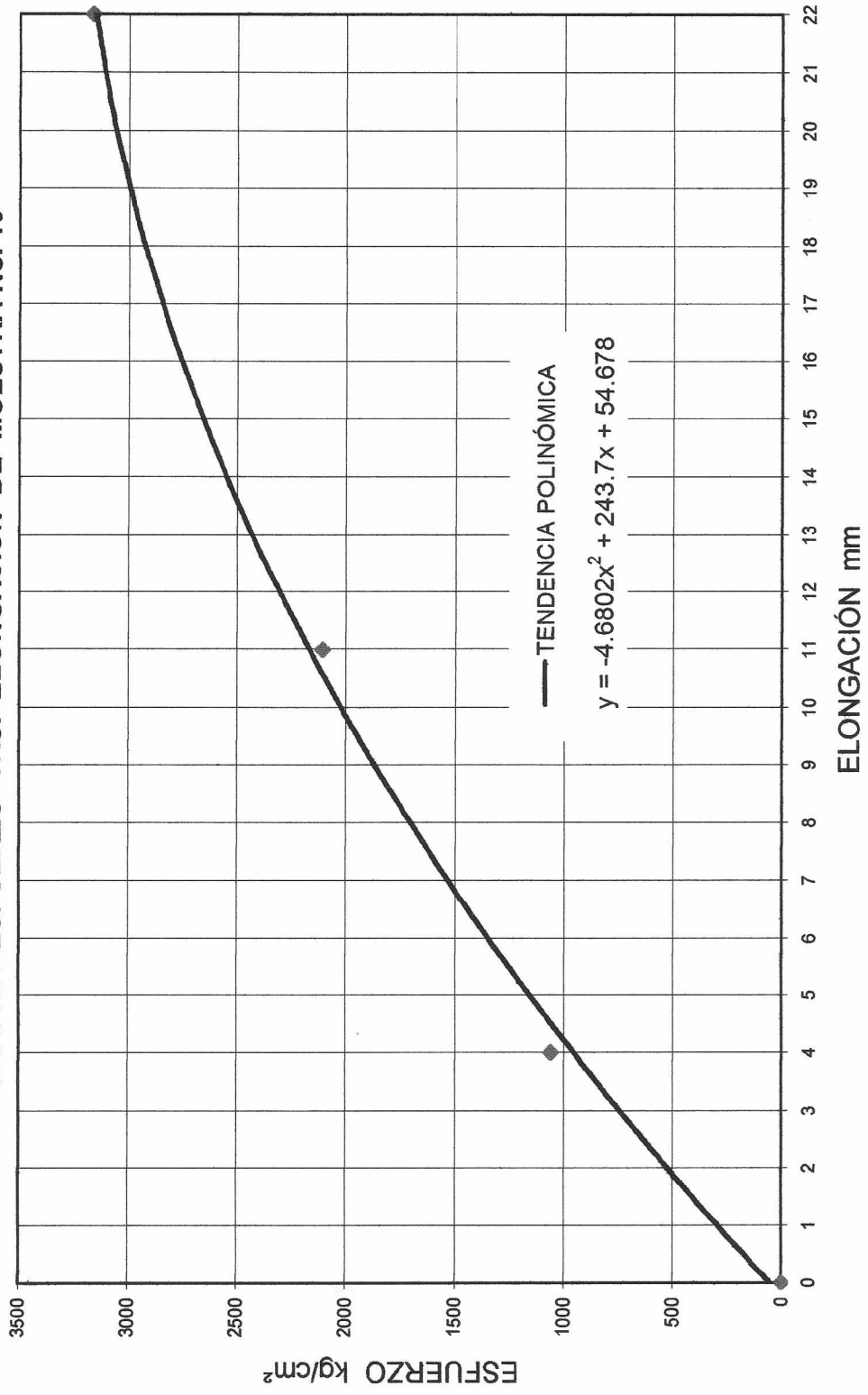
MUESTRA No. 18	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	cm	mm			
	5.5	1	20.00	5.5	0	5.5	0	314.38	Color amarillo	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.115	2	40.00	5.5	0	5.5	0	628.76		
		3	60.10	5.6	1	5.5	0	944.71		
		4	80.10	5.6	1	5.5	0	1,259.09		Textura semifina
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.115	5	101.00	5.6	1	5.6	1	1,587.62		
		6	120.70	5.8	3	5.6	1	1,897.28		Fallo en el extremo inferior
		7	140.70	5.8	3	5.7	2	2,211.66		
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.09	8	160.70	5.9	4	5.8	3	2,526.04		El diámetro no se redujo de 0,09 mm

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 18



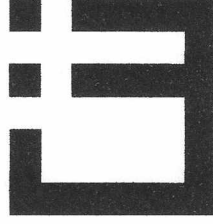


GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 19





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

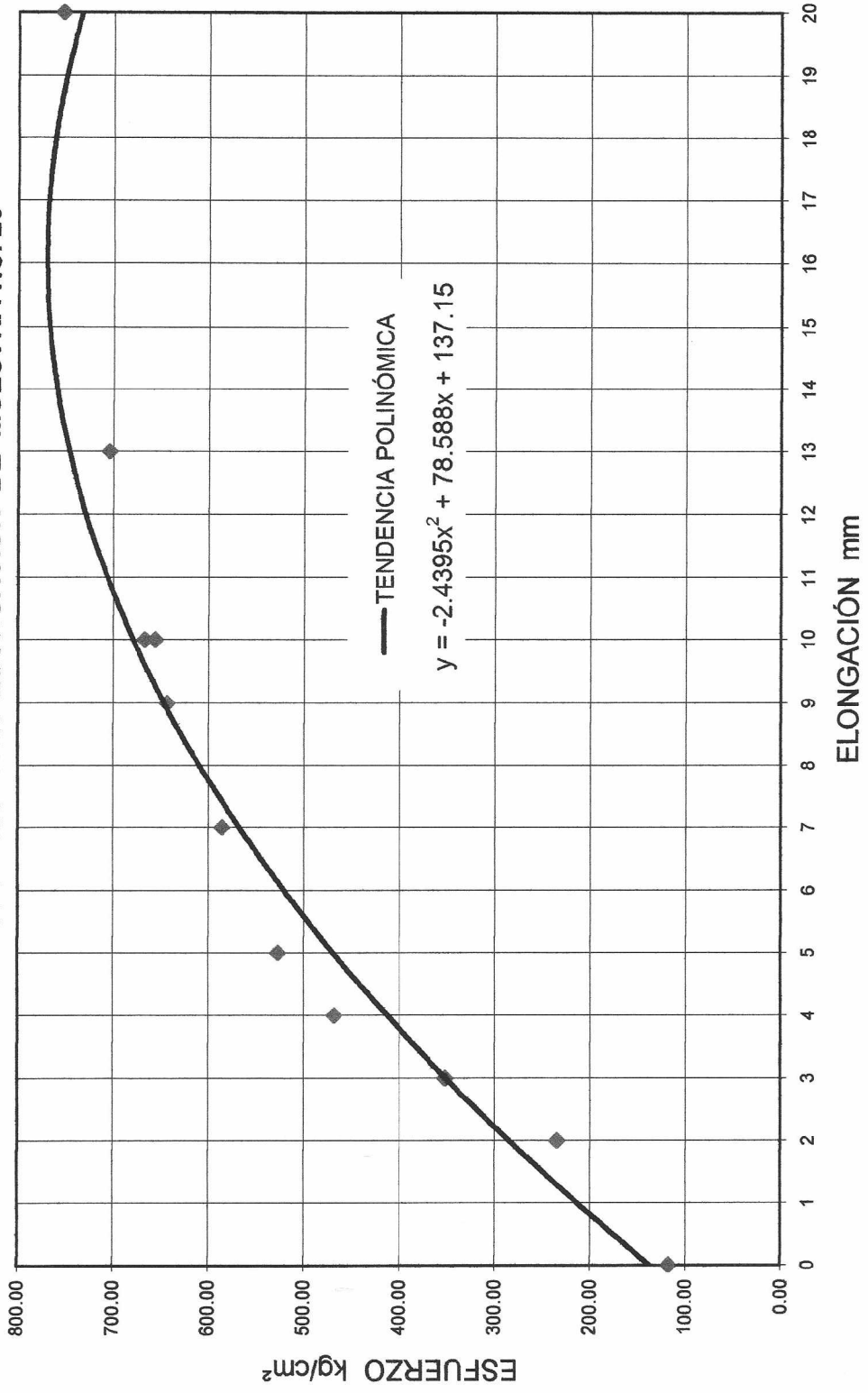


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

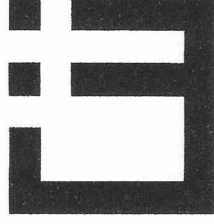
MUESTRA No. 20	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
				cm	mm	cm	mm		
10.1 DIAMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.33  DIAMETRO AL MEDIO mm 0.395  DIAMETRO EXTREMO INFERIOR 0.44	1	100.00	10.1	0	0.00	10.1	0	116.92	Color café oscuro  Textura semifina  Fallo en el extremo inferior
	2	200.20	10.3	2	1.98	10.1	0	234.07	
	3	300.60	10.4	3	2.97	10.2	1	351.46	
	4	400.40	10.5	4	3.96	10.2	1	468.14	
	5	450.90	10.6	5	4.95	10.3	2	527.18	
	6	501.00	10.8	7	6.93	10.5	4	585.76	
	7	550.20	11.0	9	8.91	10.5	4	643.28	
	8	560.90	11.1	10	9.90	10.6	5	655.79	
	9	570.40	11.1	10	9.90	10.7	6	666.90	
	10	602.10	11.4	13	12.87	10.9	8	703.96	
	11	644.10	12.1	20	19.80	11.7	16	753.07	

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 20





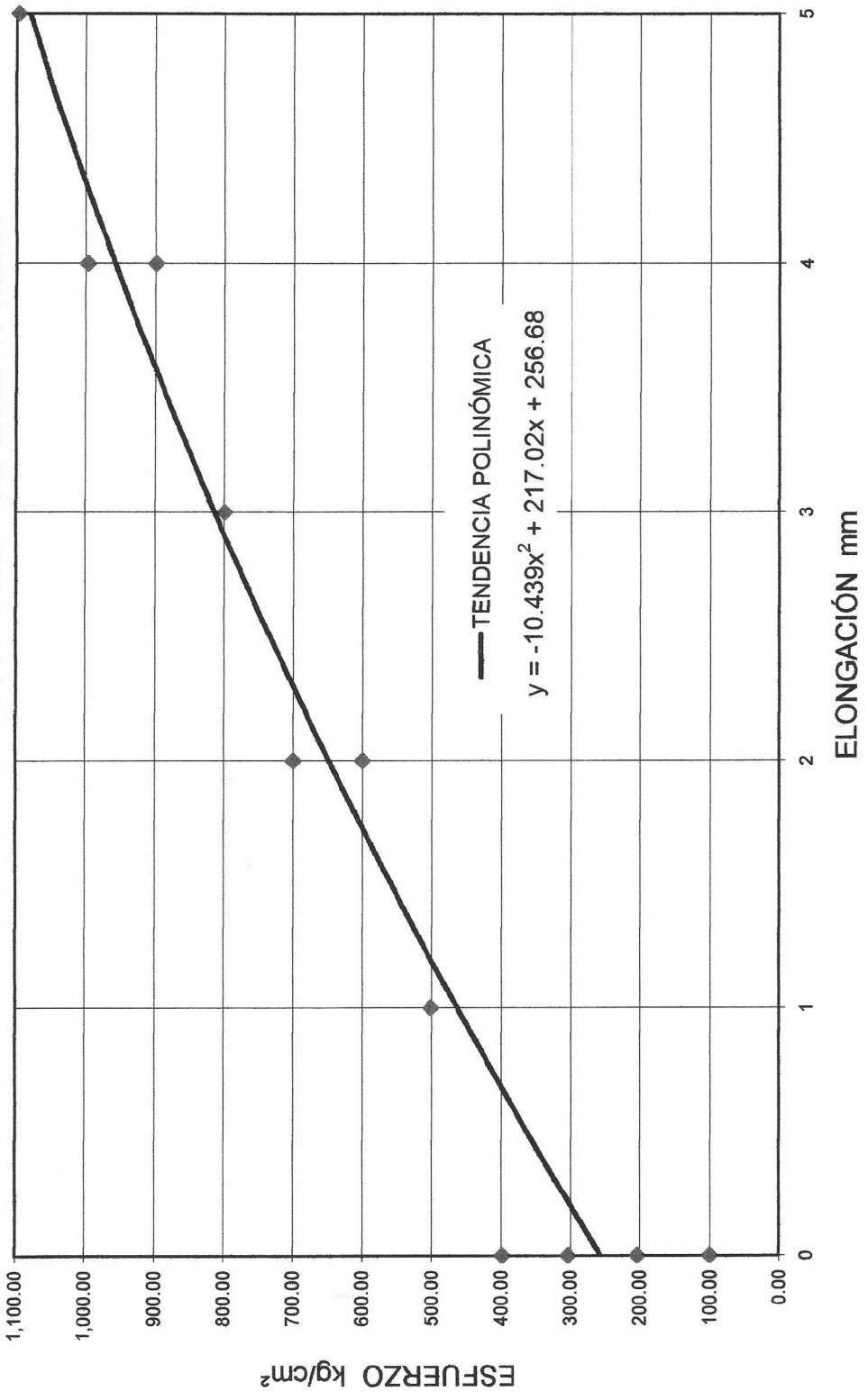
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ  
ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

MUESTRA No. 21	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	mm			cm
	9.6	1	20.00	9.6	0	0.00	9.6	0	99.47	Color amarillo  Textura semifina  Fallo en el extremo superior  El diámetro se redujo a 0,14 mm  El tiempo de absorción fue de 5
	<b>DIAMETRO EXTREMO SUPERIOR</b> 0.16	2	41.00	9.6	0	0.00	9.6	0	203.92	
		3	61.00	9.6	0	0.00	9.6	0	303.39	
		4	80.00	9.6	0	0.00	9.6	0	397.89	
	<b>DIAMETRO AL MEDIO</b> mm 0.19	5	100.80	9.7	1	1.04	9.6	0	501.34	
		6	120.70	9.8	2	2.08	9.7	1	600.31	
		7	140.70	9.8	2	2.08	9.7	1	699.78	
		8	160.70	9.9	3	3.13	9.7	1	799.26	
		9	180.70	10.0	4	4.17	9.7	1	898.73	
	<b>DIAMETRO EXTREMO INFERIOR</b> 0.16	10	200.50	10.0	4	4.17	9.8	2	997.21	
		11	220.50	10.1	5	5.21	9.8	2	1.096.68	

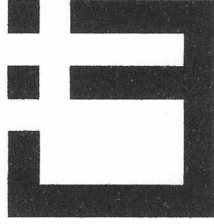
GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 21







**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

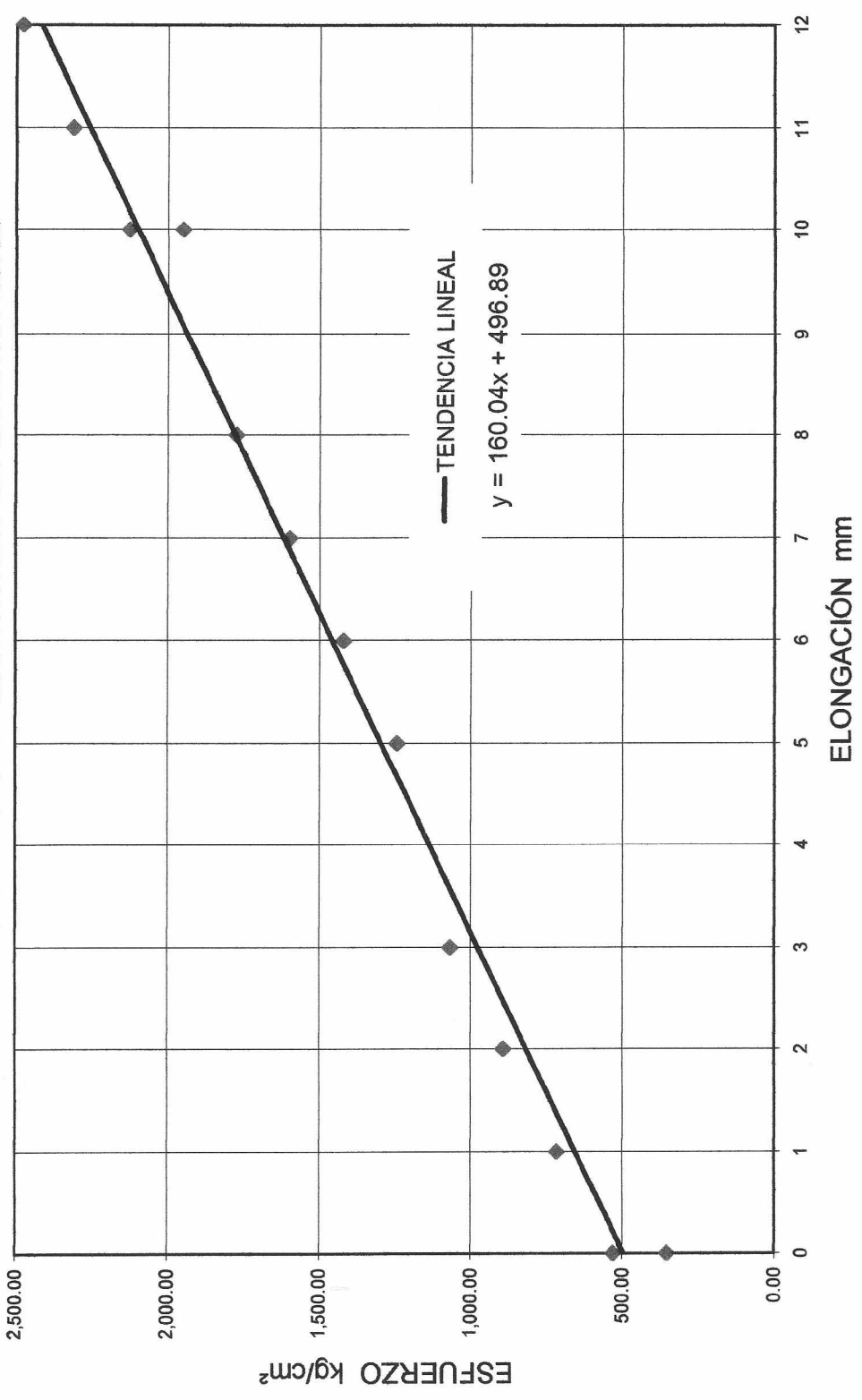


**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

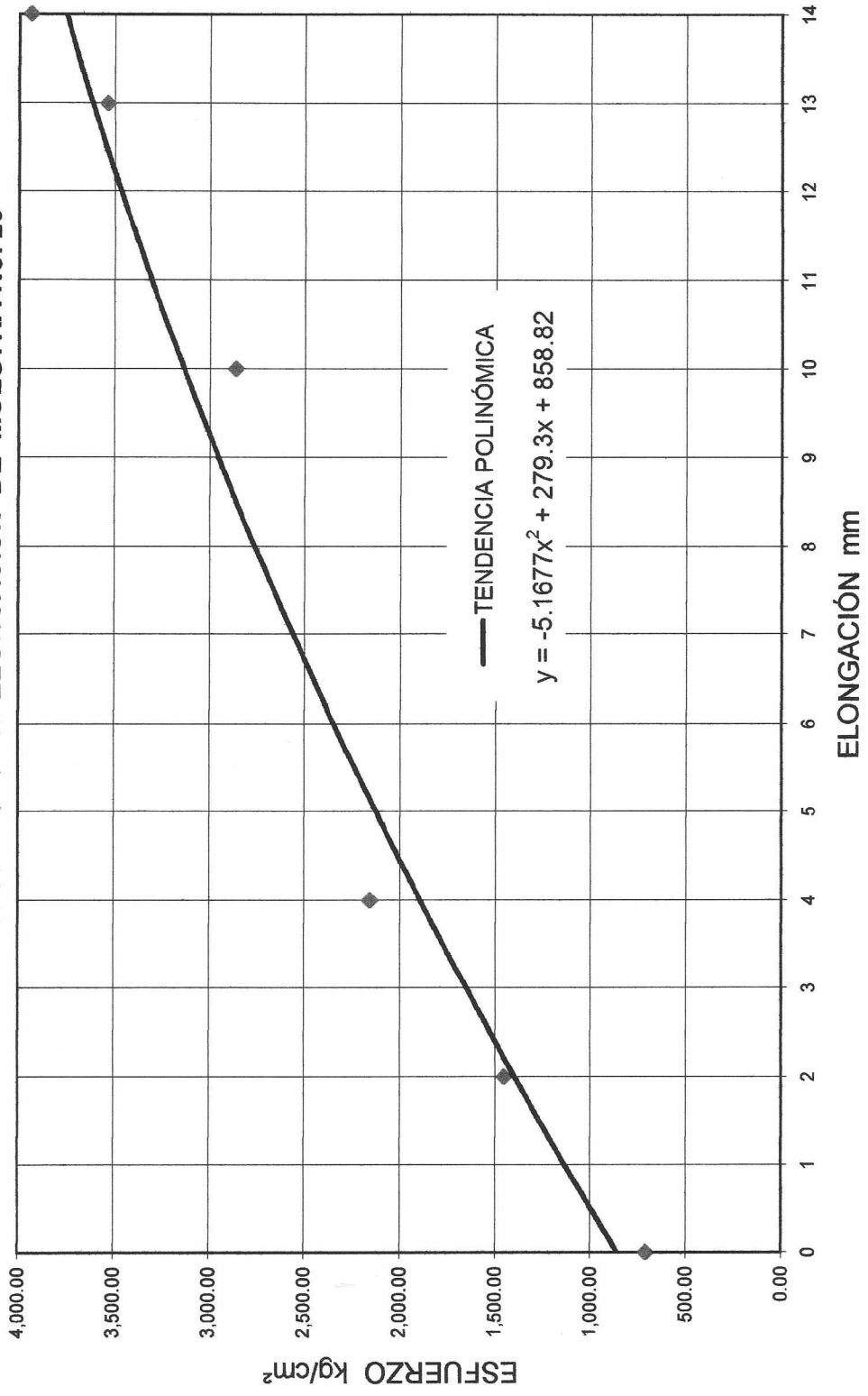
MUESTRA No. 22	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	mm			cm
	6.2	1	40.00	6.2	0	0.00	6.2	0	353.68	Color café claro
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR	2	60.00	6.2	0	0.00	6.2	0	530.52	
	0.12	3	81.00	6.3	1	1.61	6.2	0	716.20	
		4	100.80	6.4	2	3.23	6.3	1	891.27	Textura semifina
		5	120.70	6.5	3	4.84	6.4	2	1,067.22	
		6	140.60	6.7	5	8.06	6.5	3	1,243.18	Fallo en el extremo superior
	DIÁMETRO AL MEDIO mm	7	160.70	6.8	6	9.68	6.5	3	1,420.90	
	0.14	8	180.70	6.9	7	11.29	6.6	4	1,597.74	El diámetro se redujo a 0,10 mm
		9	200.50	7.0	8	12.90	6.7	5	1,772.81	
		10	220.50	7.2	10	16.13	6.8	6	1,949.65	
		11	240.50	7.2	10	16.13	6.8	6	2,126.49	
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR	12	261.60	7.3	11	17.74	6.9	7	2,313.05	
	0.18	13	280.50	7.4	12	19.35	7.0	8	2,480.16	El tiempo de absorción fue de 5 min.

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 22



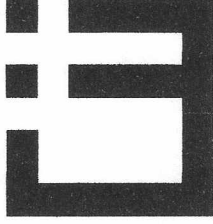


GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 23





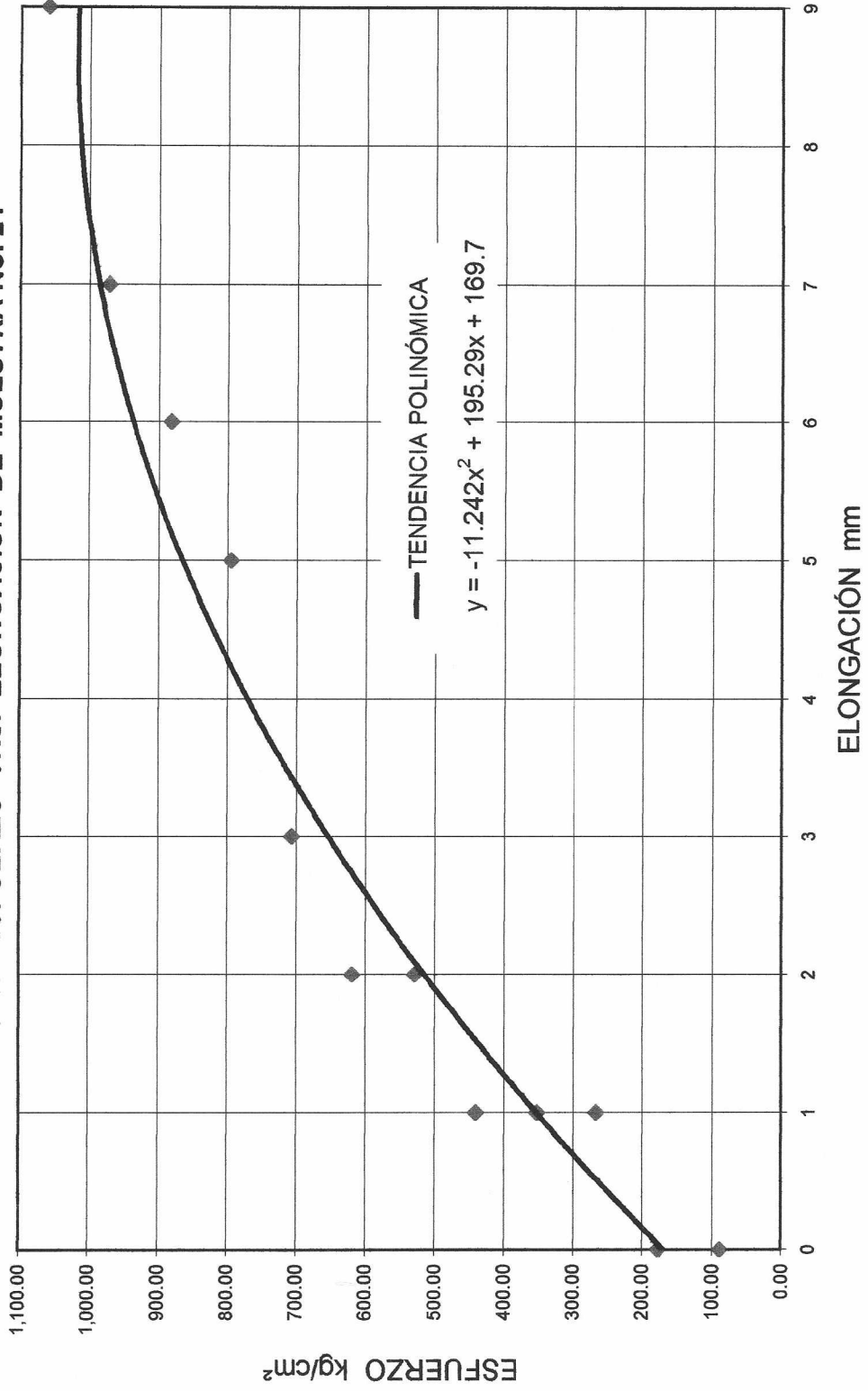
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ  
ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

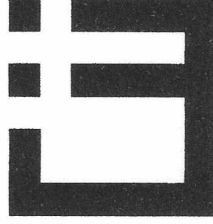
MUESTRA No. 24	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
				cm	mm	cm	mm		
	6.1	1	25.00	6.1	0	6.1	0	88.17	Color café  Textura un tanto áspera  Fallo en el extremo interior  El diámetro se redujo a 0,16 mm  El tiempo de absorción fue de 5 min.
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR	2	50.30	6.1	0	6.1	0	177.41	
	0.19	3	75.80	6.2	1	6.1	0	267.35	
		4	100.00	6.2	1	6.1	0	352.70	
		5	125.00	6.2	1	6.2	1	440.87	
		6	150.10	6.3	2	6.2	1	529.40	
	DIÁMETRO AL MEDIO	7	175.60	6.3	2	6.2	1	619.34	
	mm	8	200.40	6.4	3	6.2	1	706.81	
	0.19	9	225.40	6.6	5	6.3	2	794.98	
		10	250.00	6.7	6	6.4	3	881.74	
		11	275.40	6.8	7	6.5	4	971.33	
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR	12	300.50	7.0	9	6.6	5	1,059.86	
	0.21								

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 24





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

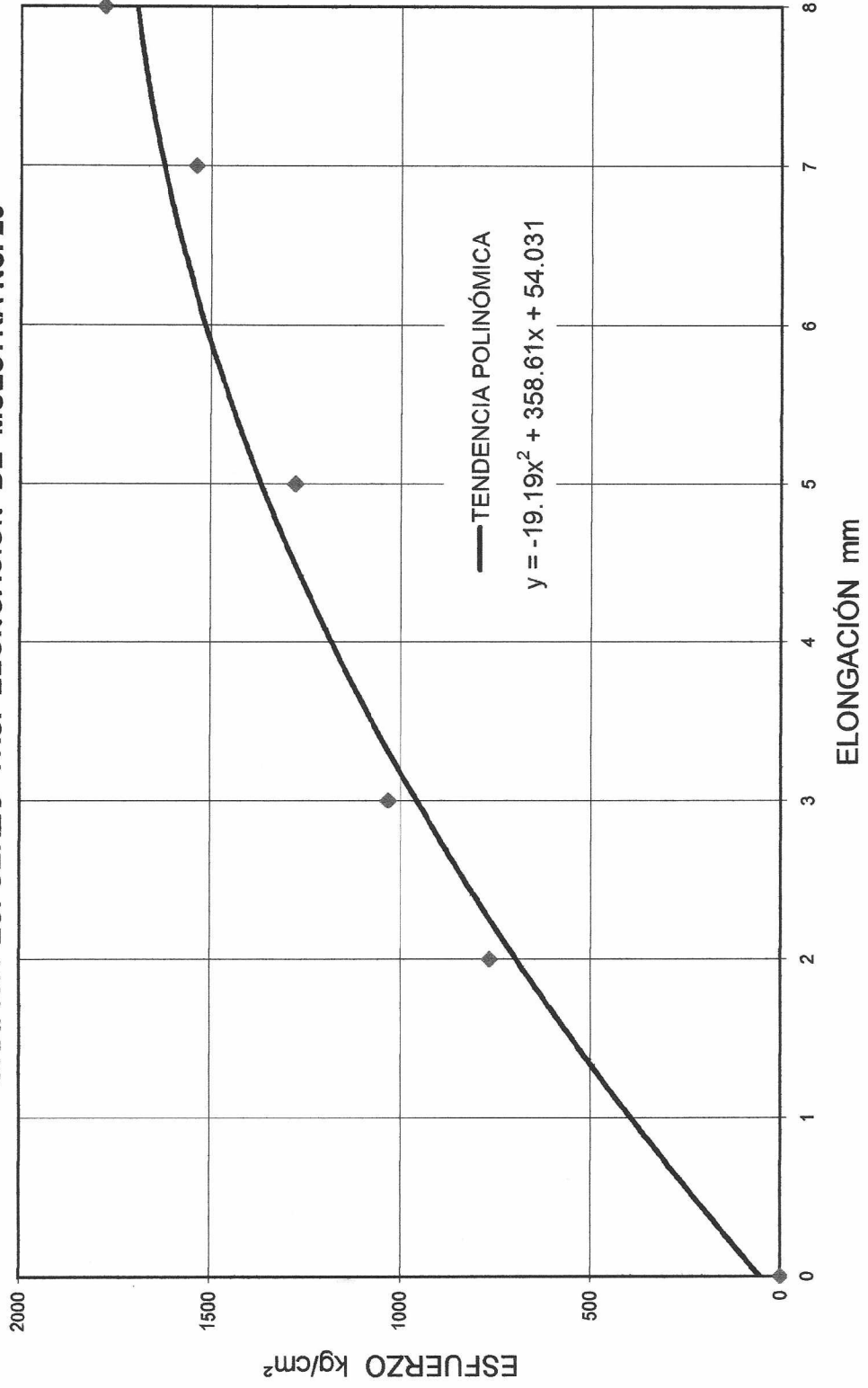


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

MUESTRA No. 25	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
				cm	mm	cm	mm		
	7.0	1	60.00	7.2	2	7.0	0	763.94	Color amarillo
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.14	2	81.00	7.3	3	7.1	1	1,031.32	
		3	100.30	7.5	5	7.2	2	1,277.06	
		4	120.90	7.7	7	7.3	3	1,539.35	
		5	139.80	7.8	8	7.4	4	1,779.99	
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.11								Fallo en el extremo superior
									El diámetro se redujo a 0.09 mm
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.10								El tiempo de absorción fue de 5

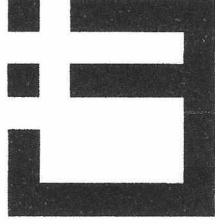
GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 25







**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

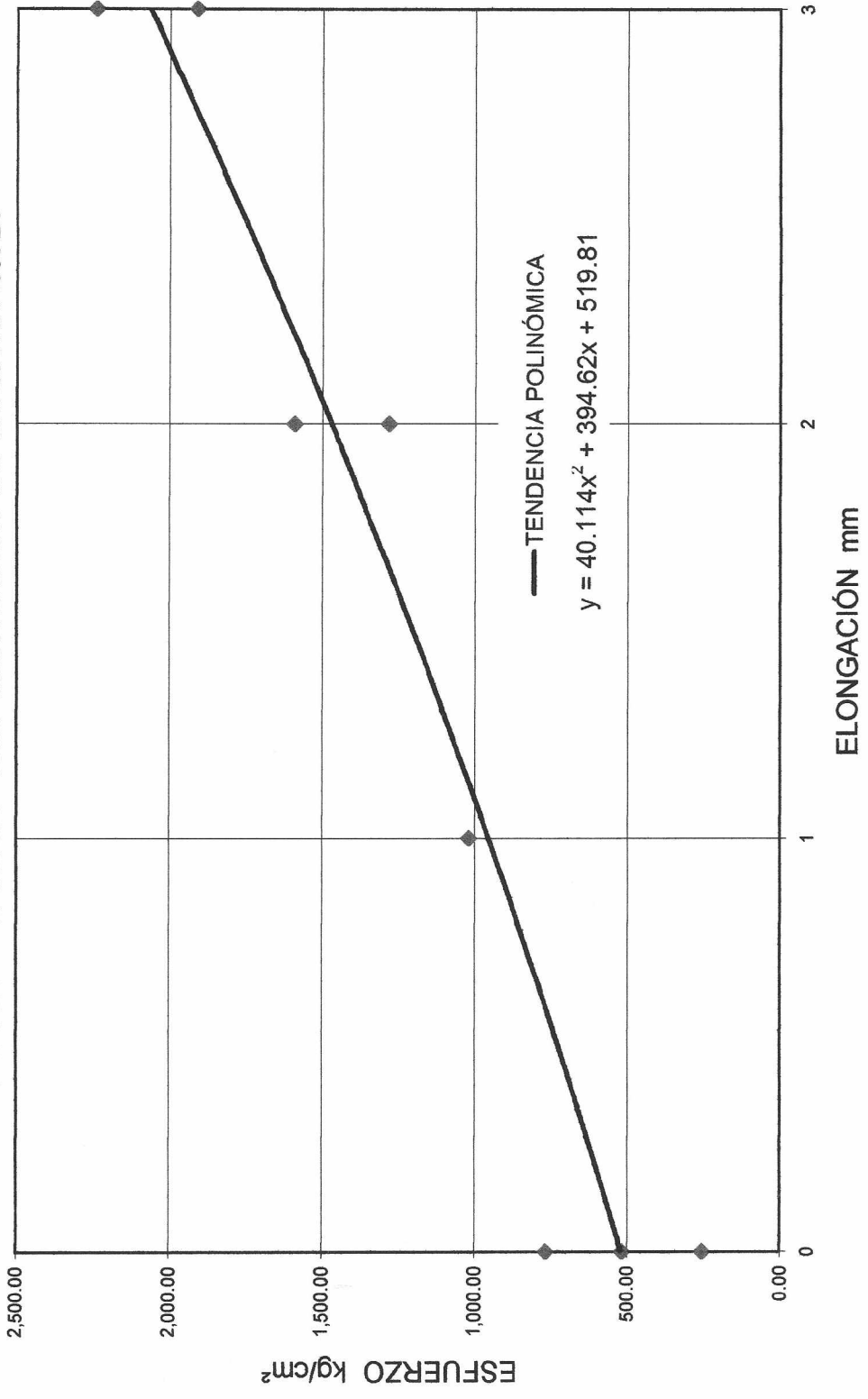


TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

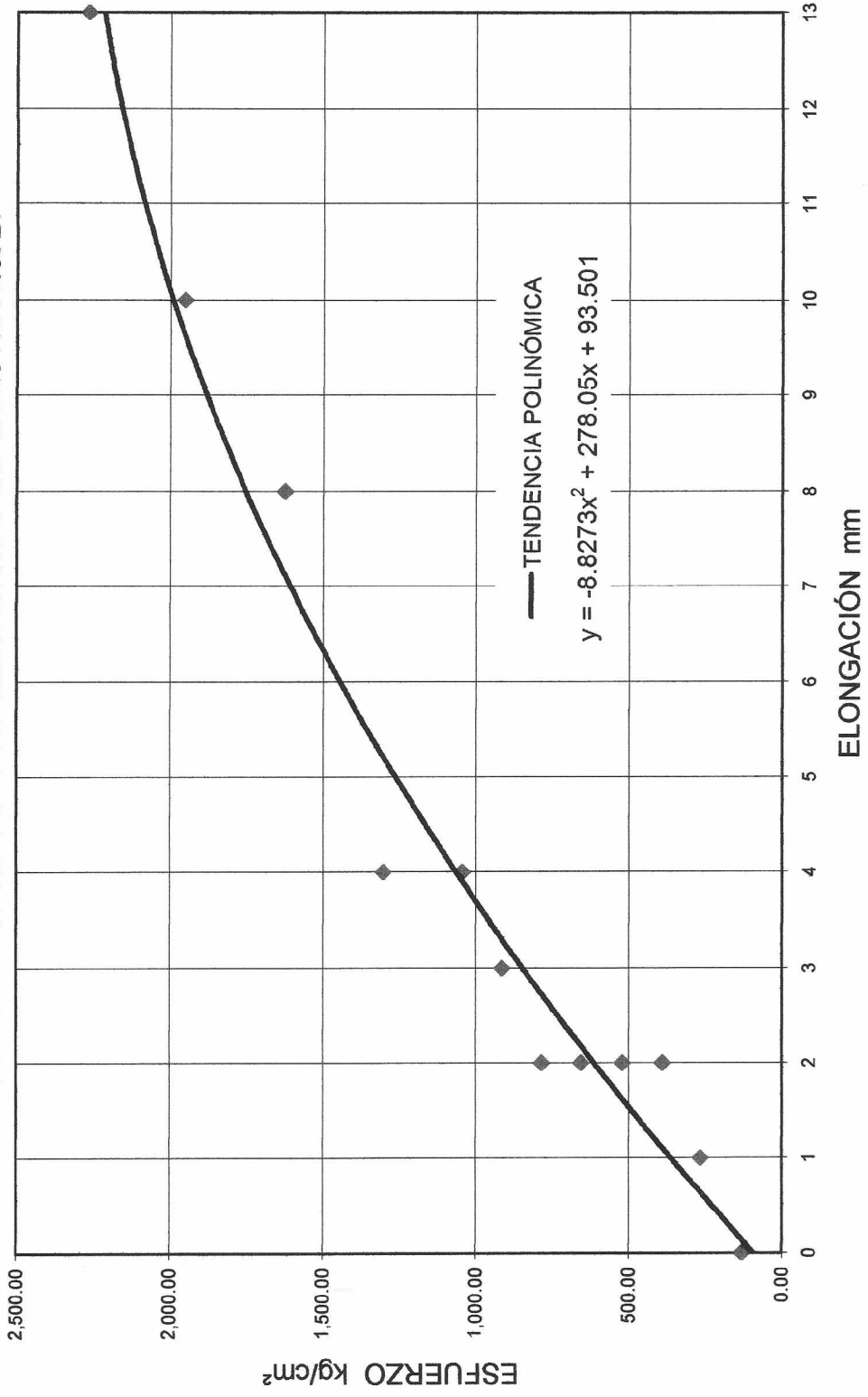
MUESTRA No. 26	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
				cm	mm	cm	mm		
	5.3	1	20.00	5.3	0	5.3	0	254.65	Color amarillo
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR	2	40.60	5.3	0	5.3	0	516.94	
	0.12	3	60.20	5.3	0	5.3	0	766.49	
		4	80.00	5.4	1	5.4	1	1,018.59	Textura fina
		5	100.80	5.5	2	5.4	1	1,283.43	
	DIÁMETRO AL MEDIO mm	6	125.00	5.5	2	5.5	2	1,591.55	Fallo en el extremo superior
	0.12	7	150.00	5.6	3	5.5	2	1,909.86	
		8	176.00	5.6	3	5.5	2	2,240.90	El diámetro se redujo a 0,11 mm
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR								
	0.10								El tiempo de absorción fue de 5

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 26



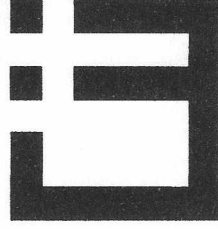


GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 27





**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**

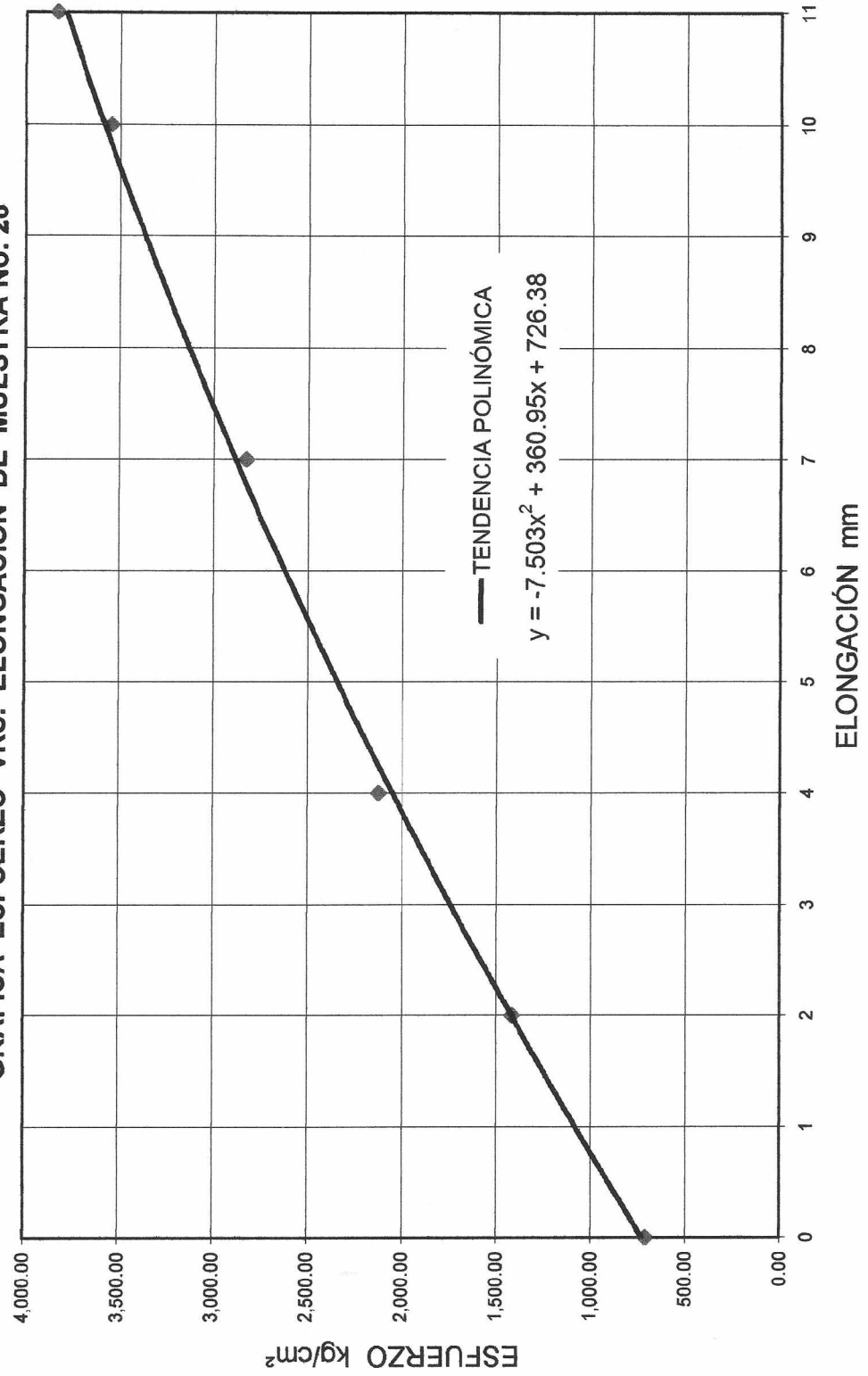


**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ**

**ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

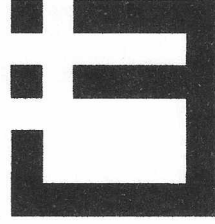
MUESTRA No. 28	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN			DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
				cm	mm	%	cm	mm			
	8.3	1	20.00	8.3	0	0.00	8.3	0	707.36	Color amarillo claro	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.06	2	40.00	8.5	2	2.41	8.4	1	1,414.71		
		3	60.00	8.7	4	4.82	8.5	2	2,122.07		
		4	80.00	9.0	7	8.43	8.6	3	2,829.42		Textura fina
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.06	5	100.30	9.3	10	12.05	8.9	6	3,547.39		Fallo en el extremo superior a 1,5 cm de la sujeción
		6	108.40	9.4	11	13.25	8.9	6	3,833.87		
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.07									El tiempo de absorción fue de 5	

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 28





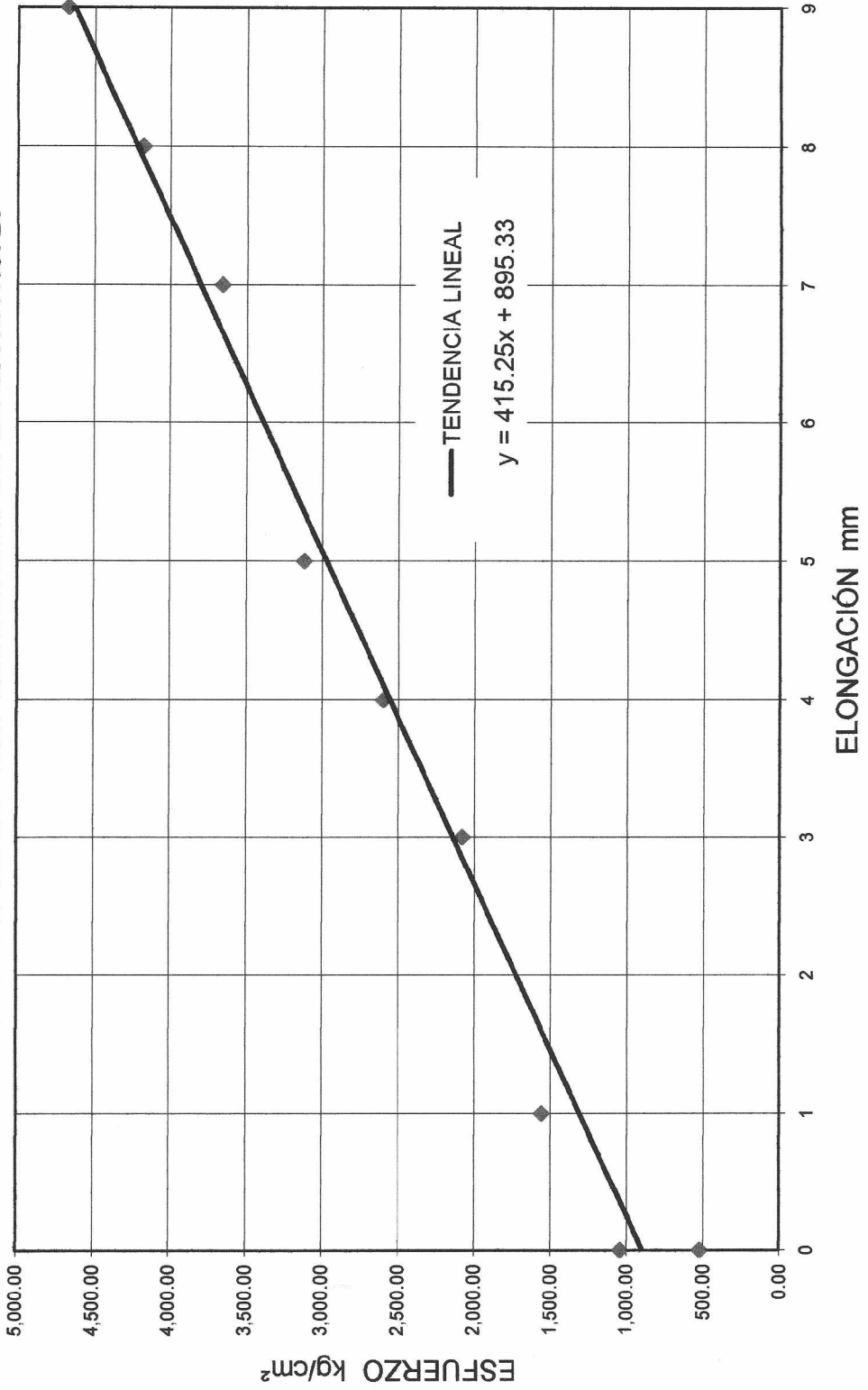
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y QUÍMICA DE FIBRAS DE  
DESECHO DEL FRUTO DEL COCO PARA UTILIZACIÓN EN MATRICES  
FIBRO-REFORZADAS**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN - OSCAR DAVID TOJ ATZ  
ENSAYOS DE FUERZA-ELONGACIÓN EN FIBRAS DE COCO**

MUESTRA No. 29	LONGITUD INICIAL cm	PRUEBA	PESO gramos	ELONGACIÓN		DEFORMACIÓN		ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES		
				cm	mm	%	cm			mm	
	7.2	1	20.00	7.2	0	0.00	7.2	0	519.69	Color café oscuro	
	DIÁMETRO EXTREMO SUPERIOR 0.16	2	40.00	7.2	0	0.00	7.2	0	1,039.38		
		3	60.00	7.3	1	1.39	7.2	0	1,559.07		
		4	80.00	7.5	3	4.17	7.3	1	2,078.76		Textura áspera
		5	100.00	7.6	4	5.56	7.5	3	2,598.45		
	DIÁMETRO AL MEDIO mm 0.09	6	120.00	7.7	5	6.94	7.5	3	3,118.14		Fallo en el extremo inferior
		7	140.80	7.9	7	9.72	7.6	4	3,658.61		
		8	160.80	8.0	8	11.11	7.6	4	4,178.30		
	DIÁMETRO EXTREMO INFERIOR 0.07	9	179.80	8.1	9	12.50	7.8	6	4,672.01		Tiempo de absorción 5 min

GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 29







GRÁFICA ESFUERZO VRS. ELONGACIÓN DE MUESTRA No. 30

