



SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA  
DIRECCION GENERAL DE INSTITUTOS TECNOLOGICOS  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MERIDA

**ITM**

---

---

**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO  
ESTRUCTURAL DE UN MATERIAL  
COMPUESTO HDPE-CaCO<sub>3</sub> FIBRA NATURAL”**

**OPCION III**  
(PROYECTO DE INVESTIGACION)

PARA OPTAR AL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO**



PRESENTA:

**JUAN CARLOS NIETO VARGAS**

MÉRIDA, YUCATÁN, MEXICO  
1999

# INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>Indice.</b>	<b>1</b>
<b>Introducción.</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I Aspectos Teóricos.</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Introducción a Materiales Compuestos.</b>	<b>7</b>
1.1.1 Compuestos Rellenos de Partículas.	9
1.1.2 Compuestos Reforzados con Fibra.	10
1.1.3 Comentarios.	13
<b>1.2 Teoría de Placas y Cascarones.</b>	<b>14</b>
1.2.1 Estado de Deformación y Esfuerzo de un Sólido.	14
1.2.2 Ley de Hooke Generalizada.	17
1.2.3 Teoría General de Placas.	18
1.2.3.1 Ecuaciones Básicas e Identidades.	19
1.2.4 Teoría General de Cascarones Delgados.	24
1.2.4.1 Teoría General de Análisis.	24
<b>1.3 Principios de Extensometría.</b>	<b>29</b>
1.3.1 Sistema de la Galga Extensométrica.	29
1.3.2 Diseño de la Galga Extensométrica.	30
1.3.2.1 Elemento Deformante.	30
1.3.2.2 Unión de la Galga Extensométrica.	30
1.3.2.3 Cables Guía.	31
1.3.2.4 Material de Recubrimiento y Manejo.	32
1.3.2.5 Sobrecapa y Encapsulado.	32
1.3.2.6 Galga Extensométrica en Forma de Lámina.	33
1.3.3 Factor de Galga.	34
1.3.4 Circuito de la Galga Extensométrica.	34

1.4	Teoría de Modelado en Elementos Finitos	35
<b>Capítulo II Parte Experimental.</b>		37
2.1	Proceso de Laminación del Material Estructural.	38
2.1.1	Formulación del Compuesto.	38
2.1.1.1	Materia Prima.	38
2.1.1.2	Acondicionamiento de la Materia Prima.	40
2.1.1.3	Preparación del Compuesto.	40
2.1.2	Proceso de Extrusión.	41
2.1.3	Compuestos Extruidos.	43
2.1.4	Ondulación de la Lámina.	44
2.2	Determinación de Propiedades Mecánicas Efectivas.	47
2.2.1	Ensayo a Tensión.	47
2.2.2	Ensayo a Flexión.	48
2.2.3	Cálculo de la Relación de Poisson.	49
2.2.4	Cálculo del Módulo de Rigidez.	49
2.2.5	Determinación del Estado de Deformación.	49
2.2.5.1	Estudio Preliminar y Características de Galgas Extensométricas.	49
2.2.5.2	Proceso de Instalación de Galgas Extensométricas.	51
2.2.5.3	Medición de Deformaciones.	53
2.2.5.4	Graficación de la Deformación.	54
2.3	Montado de Equipo para Medición de Deflexiones en Estructuras.	55
2.4	Caracterización de Material Estructural.	56
2.5	Modelado.	58
<b>Capítulo III. Resultados.</b>		59
3.1	Material Obtenido de la Extrusión.	60
3.2	Propiedades Mecánicas Efectivas.	62
3.2.1	Módulo Elástico y Resistencia a Tensión.	62
3.2.2	Módulo Elástico y Resistencia a la Flexión.	70

3.2.3 Relación de Poisson.	79
3.2.4 Módulo de Rigidez.	80
3.3 Caracterización de Material Estructural.	81
3.4 Modelado.	83
3.5 Discusión de Resultados.	85
<b>Conclusiones.</b>	86
<b>Anexos.</b>	87
I. Norma ASTM D638-82a. Ensayo de Tensión.	88
II. Norma ASTM D790-82a. Ensayo de Flexión.	90
III. Norma Oficial Mexicana NOM-C-118-1982.	92
IV. Secuencia de Extrusión y Laminación por Compresión.	94
<b>Bibliografía.</b>	101

## Introducción

HDPE -  $\text{CaCO}_3$  - Fibra de Henequén (*Agave Fourcroydes*) es un material que utiliza una carga mineral y un refuerzo fibroso en una matriz polimérica, el cual fue desarrollado en la Unidad de Materiales del Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C., que en el presente trabajo se caracteriza como un material estructural de espesor delgado, bajo un estudio de propiedades mecánicas efectivas y su respuesta como material estructural (lámina acanalada) con base a normas estandarizadas.

Entonces, el objetivo de la investigación consiste en verificar que los estudios realizados para la optimización de las propiedades en el material compuesto, se reflejen en un buen comportamiento estructural con el fin de presentar un producto que satisfaga las demandas actuales de casa habitación construidas con este tipo de materiales utilizando recursos naturales de la región, como por ejemplo, un tinglado o el techado completo de una estancia.

El compuesto propuesto se obtuvo por extrusión en forma de lámina continua y conformada al diseño estructural ondulado mediante moldeo por compresión. Y es a ambas láminas (continua y acanalada) que, sometidas a los ensayos estandarizados se les determinarán las propiedades mecánicas y la respuesta del material estructural.

En este documento se describirá primeramente la teoría sobre la que está basada la naturaleza y el comportamiento de los materiales compuestos, los principios utilizados en la medición de las deformaciones y el modelado por medio del método de elementos finitos.