

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## **OBTENCION DE PLANCHAS DE POLIPROPILENO PARA ENSAYOS DE TENSIÓN**

**Juan Fernando Rada Parra**

**Ingeniería Electromecánica**

**Director(es) del trabajo de grado**

**Juan Felipe Santa Marín**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Octubre de 2016**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

En el siguiente informe se describe el proceso para realizar diferentes mezclas de polímeros en el reómetro de torque para evaluar su comportamiento a alta temperatura. En el trabajo se analiza un polipropileno con índices MFI; 11 que fue funcionalizado con anhídrido de ácido y peróxido de dicumilo para obtener mezclas de diferentes características químicas para la elaboración de unas probetas. Se elaboró láminas con los materiales compuestos obtenidos mediante el proceso de moldeo por compresión en prensa hidráulica con control de temperatura que fueron evaluadas mediante ensayos mecánicos.

**Palabras clave:** compuestos, moldeo por compresión, polímeros, reómetro, zeolitas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi madre por lograr sacarme adelante ella sola, ya que sin ella esto no podría ser posible, sin duda alguna ella es la gran gestora y motivadora de los logros en mi vida no solo a nivel académico, ya que a nivel personal también me ha impulsado.

También quiero agradecer a todos los profesores que me acompañaron durante este proceso universitario, fueron un gran apoyo y unos excelentes mentores.

---

También quiero agradecer a todas las personas que forman parte del laboratorio de materiales poliméricos del instituto tecnológico metropolitano en especial al profesor Juan Felipe Santa.

También a mis compañeros y amigos que hice durante este periodo académico ya que son el más claro ejemplo que trabajar en equipo nos valió la pena a todos, un gran equipo y unos grandes.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## ACRÓNIMOS

---

TiO<sub>2</sub> Dióxido de titanio  
 DCP Peróxido de dicumilo  
 PP Polipropileno  
 MFI Índice de fluidez  
 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (CO)<sub>2</sub>O Anhídrido maleico  
 N Nitrógeno  
 PEBD Polipropileno de baja densidad  
 PEAD Polipropileno de alta densidad  
 HIPS Polipropileno de alto impacto

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1 Generalidades .....	6
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
2.1 Objetivo general .....	7
2.2 Objetivos específicos .....	7
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>8</b>
3.1 Polipropileno.....	8
3.2 Zeolitas.....	9
3.3 Anhídrido maleico:.....	10
3.4 Peróxido de dicumilo: .....	11
3.5 Nitrógeno:.....	11
3.6 Reología: .....	12
3.7 Prensa hidráulica:.....	13
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>14</b>
4.1 Consulta de los implementos a utilizar: .....	14
4.2 MATERIAS PRIMA UTILIZADAS: .....	14
4.3 Uso del reómetro.....	15
4.4 Molienda de l las mezclas. ....	17
4.5 Proceso de elaboracion de planchas .....	18
4.5.1 Procedimiento en la prensa hidraulica .....	19
<b>5 Resultados.</b> .....	<b>21</b>
5.1 Análisis.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.2 Analisis de placas cortadas .....	32
5.3 Limitacioness.....	32
<b>6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>33</b>
<b>7 RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO</b> .....	<b>33</b>
<b>8. REFERENCIAS</b> .....	<b>34</b>
<b>9 APÉNDICE</b> .....	<b>35</b>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **1. INTRODUCCIÓN.**

---

### 1.1 Generalidades

Las mezclas entre polímeros en el reómetro de torque (mezclador) nos brinda datos valiosos para concluir con respecto a su procesamiento, pero a su vez también es una herramienta muy útil para el desarrollo de nuevos productos.

En el reómetro de torque se estudia el flujo de los materiales poliméricos y se miden sus propiedades a altas temperaturas (230° C aproximadamente)

El reómetro de torque evalúa de una forma rápida y acertada el comportamiento del flujo de las mezclas de los polímeros, cauchos entre otros materiales por lo cual es de gran utilidad en el laboratorio de investigación de materiales poliméricos del Instituto Tecnológico Metropolitano, ya que nos ayuda en la resolución de diversas preguntas en este caso particular, los materiales apropiados para las probetas.

Sin embargo, el mayor problema que presentan los polímeros cuando son mezclados con partículas, es que no generan una mezcla uniforme. En este trabajo se utilizó uno de los polímeros termoplásticos con mayor impacto en el mercado (polipropileno) con el fin de evaluar en el laboratorio la viabilidad de usar mezclas con zeolitas con polímeros previamente modificados con anhídrido maleico y el peróxido de dicumilo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **2. OBJETIVOS**

---

### **2.1 Objetivo general**

Desarrollar un procedimiento para la obtención de planchas de polipropileno y polipropileno con zeolitas mezcladas en el reómetro de torque mediante el método de moldeo por compresión en prensa hidráulica

### **2.2 Objetivos específicos.**

Desarrollar mezclas en el reómetro utilizando polipropileno combinado con anhídrido maleico, peróxido de dicumilo, nitrógeno y diversas cargas de zeolitas.

Realizar placas con el material obtenido utilizando la prensa hidráulica y moldeo por compresión para la elaboración de las probetas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3. MARCO TEÓRICO

---

En la época actual el mercado da prioridad a productos competentes, donde sus aplicaciones sean en diferentes campos y procesos.

Tomando en cuenta este factor las investigaciones avanzan de una manera exponencial, usando diferentes mezclas con una gran variedad de productos comerciales que permitan el desarrollo de nuevas estrategias en cuanto a la industria, resultando en productos que pueden brindar utilidades máximas. Es ahí donde interviene el polipropileno dado que el uso de este producto y su demanda gracias a sus múltiples cualidades van en ascenso para la fabricación de diversos productos.

#### 3.1 Polipropileno

En la figura 1 se observa la materia prima usada en este trabajo (polipropileno en pellets). Este polímero es uno de los polímeros con mayor aplicación y usos a futuro esto debido al mercado creciente. Por medio de este polímero se pueden obtener un sinnúmero de piezas en el área de la ingeniería por sus características y principalmente por su resistencia mecánica y su capacidad de ser reutilizado.



Figura 1. polipropileno en pellets

### 3.2 Zeolitas.

Las zeolitas (figura 2) son partículas que poseen una estructura cristalina poco usual además de una gran habilidad para intercambiar iones, esta habilidad permite a las zeolitas absorber ciertos elementos contaminantes del aire, suelo y agua. La zeolita puede ser utilizada en la extracción de calcio en agua solidificada, también realizan intercambio en los iones de sodio por calcio. Estas presentan una gran afinidad con una variedad de metales pesados y corrosivos como el plomo, zinc, níquel entre otros.

Las zeolitas tienen una gran variedad de aplicaciones en la industria y en la disposición de residuos, para evitar la liberación de agentes contaminantes al medio.

Presentan una inclinación a la micro-porosidad donde sus características estructurales les facilita la transferencia de materia entre los espacios.

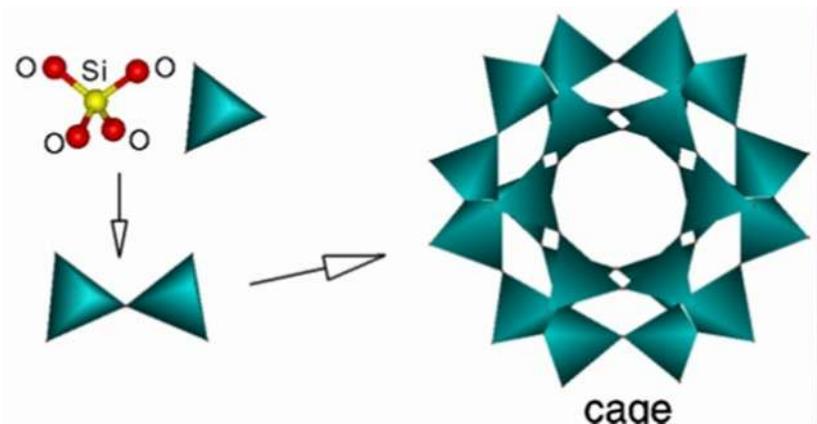


Figura 2. Estructura de una zeolita

Fuente : <https://www.upo.es>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.3 Anhídrido maleico:

Es un sólido con temperatura de fusión ( $T_f = 53^\circ\text{C}$ ). En la figura 3 se puede notar el anhídrido maleico en su forma comercial, este tiene solubilidad en agua. Hasta inicios de 1960 el Benceno era la única materia prima para su obtención, pero debido a la demanda creciente y sus diversas utilidades se han desarrollado otras alternativas para obtenciones más económicas a partir de productos básicos.

Para obtener anhídrido maleico por oxidación de benceno se procede a mezclar los vapores que produce el benceno con aire teniendo la presencia de un catalizador de  $\text{V}_2\text{O}_5$  a  $450^\circ\text{C}$  y 3 atm esto se da en aproximadamente 0.1 segundos.

Algunas fábricas logran obtener el anhídrido maleico por medio de la oxidación de 2-buteno, obtenido del craqueo de las naftas pero requiere un proceso de refrigeración eficaz debido a su alta termicidad, algunas de sus aplicaciones incluyen fabricación de poliéster para cuero artificial, partes de automóviles, depósitos para industrias químicas entre otros.



Figura 3. Anhídrido maleico

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.4 Peróxido de dicumilo.

Es un tipo de compuesto orgánico, donde su principal uso es ser un inicializador de procesos de polimerización por radicales libres esto acontece debido a su facilidad para descomponerse cuando le aplican calor formando radicales libres que reaccionan con los monómeros que forman parte del polímero en cuestión, el peróxido de dicumilo sirve como catalizador y agente de vulcanización, se recomienda conservar en lugares secos a temperatura ambiente.

El peróxido de dicumilo (figura 4). El cual se encuentra en forma de polvo.,este se puede emplear en síntesis de polímeros al ser un aditivo utilizado para la química de los plásticos, por descomposición térmica y también puede ser empleado como agente para el entrecruzamiento de polímeros de la familia de elastómeros debido a su alta eficiencia.



Figura 4. Peroxido de bis

### 3.5 Nitrógeno.

Es un elemento químico que se presenta en forma gaseosa en condiciones normales. El nitrógeno molecular es el principal constituyente de la atmósfera (aproximadamente un 78% por volumen de aire seco) esta concentración es resultado de la fijación del nitrógeno atmosférico por acción bacteriana, eléctrica y química y su liberación a través de la descomposición de materia orgánicas por bacterias o por combustión, se aprecia en la figura 5 la estructura química del nitrógeno.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 5. Nitrógeno laboratorio de polímeros

### 3.6 Reología.

La reología es la ciencia que estudia el comportamiento presente en sustancias cuando son sometidas a esfuerzos. Conocer el comportamiento reológico de un material es de gran utilidad para el procesamiento de moldes de inyección, procesar plástico entre otros.

Debido a la naturaleza de materiales poliméricos, el comportamiento entre materiales sólidos y líquidos depende de la escala de tiempo y, es muy útil para describir algunos fenómenos de flujo en polímeros fundidos y adicionalmente para predecir propiedades mecánicas en función del tiempo para el diseño de partes plásticas.

Unas de las técnicas para realizar mediciones reológicas en plástico y caucho es la reometría de torque, en las figuras 6 y 7 se observa el reómetro de torque y sus rotores utilizados para realizar las mezclas.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 6. Reómetro de torque



Figura 7. Rotores del reómetro de torque

### 3.7 Prensa hidráulica.

En la figura 8, se aprecia la prensa hidráulica que es un mecanismo constituido de unos vasos impulsados por pistones de áreas diferentes que al aplicarle una fuerza al pistón de menor área permite transmitir una fuerza mayor que el pistón de mayor área, su principio de funcionamiento de este tipo de mecanismo está basado en el principio de Pascal.



Figura 8. Prensa hidráulica

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4. METODOLOGÍA

---

### 4.1 Consulta de los implementos a utilizar

Inicialmente se realizó una indagación de los elementos o utensilios a utilizar en el laboratorio en el proceso de prácticas, además también se realizó una consulta bibliográfica del principio de funcionamiento de estas herramientas para obtener una base de su adecuado funcionamiento.

### 4.2 Materias prima utilizadas

Una vez teniendo pleno conocimiento del trabajo a realizar, se inició con las cotizaciones en los diferentes proveedores de polipropileno. En la figura 9 se observa uno suministrado por una entidad en la ciudad de Medellín, el cual se ajustó a los criterios y necesidades para realizar las actividades de laboratorio. Posteriormente se inició la actividad con el apoyo de dos estudiantes de maestría las cuales orientaron en el uso adecuado del reómetro de torque, como realizar cargas y el uso del molino industrial.



Figura 9. Polipropileno en pellets

Un dato importante a destacar es el proceso de pesaje el cual exige tener unas cantidades exactas de componentes, como se observa en las figuras (11, 12 y 13) las cuales ya están establecidas por los profesores investigadores del laboratorio siendo las siguientes.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 10  
Anhídrido maléico, 2.25gr

Figura 11  
Peróxido de dicumilo, 0.45gr



Figura 12  
Polipropileno 42.21gr

#### 4.3 Uso del reómetro.

Para el uso correcto del reómetro este debe operarse con dos personas, las cuales una vez han verificado todos los requisitos de seguridad personales y mecánicos. Proceden, Mientras una de las dos personas está usando el reómetro la otra persona será la encargada de la toma de tiempo, uso del software y apertura de la válvula del nitrógeno en los tiempos adecuados.

Tanto la persona que se encuentra en el reómetro como la que se ubica en el software deben estar coordinadas, lo primero que se procede a realizar es iniciar los rotores a una velocidad de 60rpm y el programa, en ese instante se adiciona

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

el polipropileno , mientras se introduce el eje de tipo cremallera, se inicia la toma de tiempos y el programa para la toma de datos , pasados 90 segundos se adiciona nitrógeno por medio de la tolva para dejarlo actuar otros 30 segundos se sube el eje tipo cremallera, se agrega el anhídrido maleico, peróxido de dicumilo, para hacer descender nuevamente el eje dejando a 1 atmosfera de nitrógeno en la tolva al mismo tiempo, se continua tomando el tiempo por 180 segundos, para final mente terminar el proceso pasados 300 segundos, se procede a limpiar el reómetro y retirar el material, en las figuras 13 y 14 se observan los implementos de limpieza de este.



Figura 13  
Guantes resistentes a temperaturas



Figura 14  
Espátula y cepillos de bronce

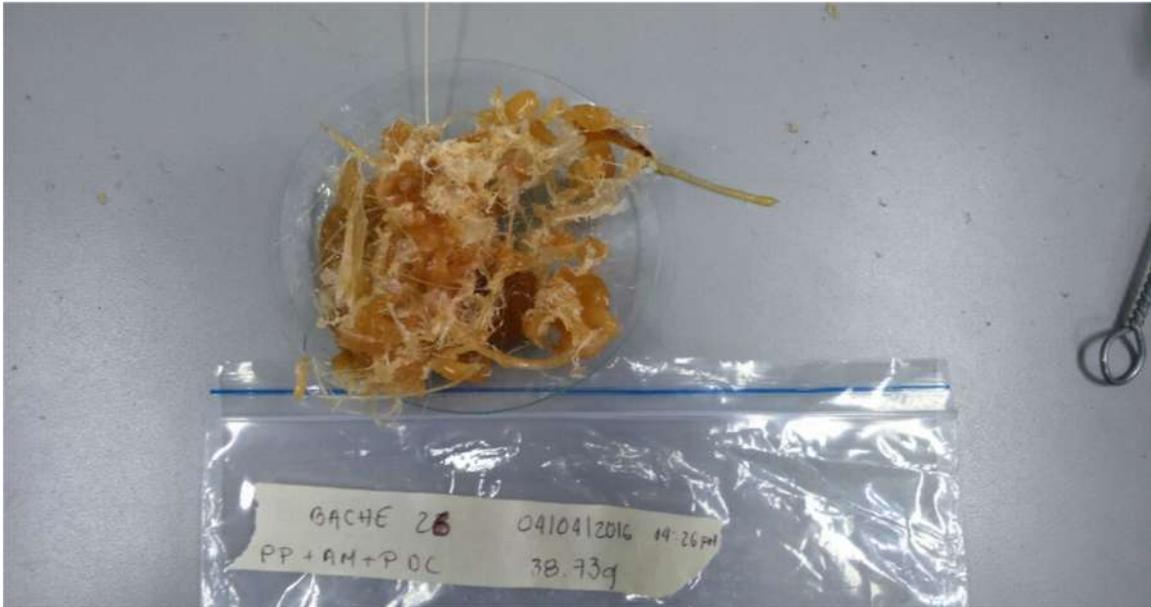


Figura 15. Mezcla obtenida en el reómetro de torque sin carga

El material obtenido (figura 15) es polipropileno sin cargar se debe pesar y posteriormente moler o triturar para saber cuánta cantidad de material se desperdicia antes de hacer una segunda polimerización cargada con zeolitas para etiquetar.

Una vez se realiza esto, el material vuelve a pasar por el reómetro con el procedimiento anterior pero esta vez (figura 16), muestra cargas con zeolita al 1%, 3% y 5%, para proceder a hacer las placas.



Figura 16 .Mezclas listas par fucionalizar

#### 4.4 Molienda de las mezclas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Otra de las partes importantes del proceso, tanto al inicio como en la parte intermedia es la molienda del polipropileno para facilitar la mezcla en forma de pellets. Para este proceso se utilizó (figura 17) un molino alemán ubicado en el laboratorio y (figura 18), una licuadora industrial.



Figura 17. Molino alemán



Figura 18. Licuadora industrial

#### 4.5 Proceso de elaboración de planchas

Para este proceso se utiliza (figura 20). La prensa hidráulica, la cual posee dos placas que se observan en la figura 19, configuradas para que una vez la prensa este encendida su temperatura suba a una ya previamente establecida por un control manual y dependiendo del uso que se desee darle (procedimiento en el anexo 1).



Figura 19. Placas de la prensa



Figura 20. Prensa hidráulica

#### 4.5.1 Procedimiento en la prensa hidráulica

Lo primero que se procede a realizar es colocar como se observa en la figura 21, el sensor de la prensa en la temperatura adecuada. Mientras esto sucede el polipropileno se esparce en forma homogénea sobre las placas de la figura 22 y 23 las cuales están cubiertas de aluminio, una vez las placas llegan a la temperatura necesaria se inserta el material en la prensa y se procede a realizar los procedimientos establecidos en el (anexo 1) .



Figura 21  
Temperatura para prensar PP



Figura 22  
Polipropileno en forma homogénea

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 23  
Placas cubiertas de aluminio.

Durante este proceso de aproximadamente media hora con las placas bajo la presión, en la figura 24 se observa la prensa a 100 bar como parte de este proceso. Se debe tratar de mantener dicha presión para asegurar una plancha homogénea y con pocas fisuras que sea de buen uso para los estudios mecánicos necesarios. En la figura 25 se observa la plancha de polipropileno una vez se han retirado las placas y transcurrido el tiempo para proceder a sacarla y obtener los moldes.



Figura 24  
Prensa hidráulica con placas



Figura 25  
Placas obtenidas durante el proceso

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 5 RESULTADOS .

---

Las figuras 26 y 27 muestran las planchas obtenidas después del proceso de moldeo por compresión. Las figuras muestran el aspecto de las planchas que se diferencian por el color siendo las de polipropileno puro de un color claro y las de polipropileno funcionalizado con zeolitas un tono café, notándose que las características finales de las placas no solo depende de las cargas y el polipropileno adecuado sino también del proceso de prensado. También se observa la generación de algunos defectos inducidos durante el procesamiento por prensado que serán discutidos posteriormente en las recomendaciones.

En una de las placas (placa numero 1) se puede notar lo indispensable que es para este proceso el desmoldante ya que sin este se forman muchas burbujas (ver flechas en figura) de aire en está dando como resultado una placa no adecuada para el trabajo, además esta placa era de polipropileno puro. Para el caso de la última placa, no se adiciona ninguna carga.

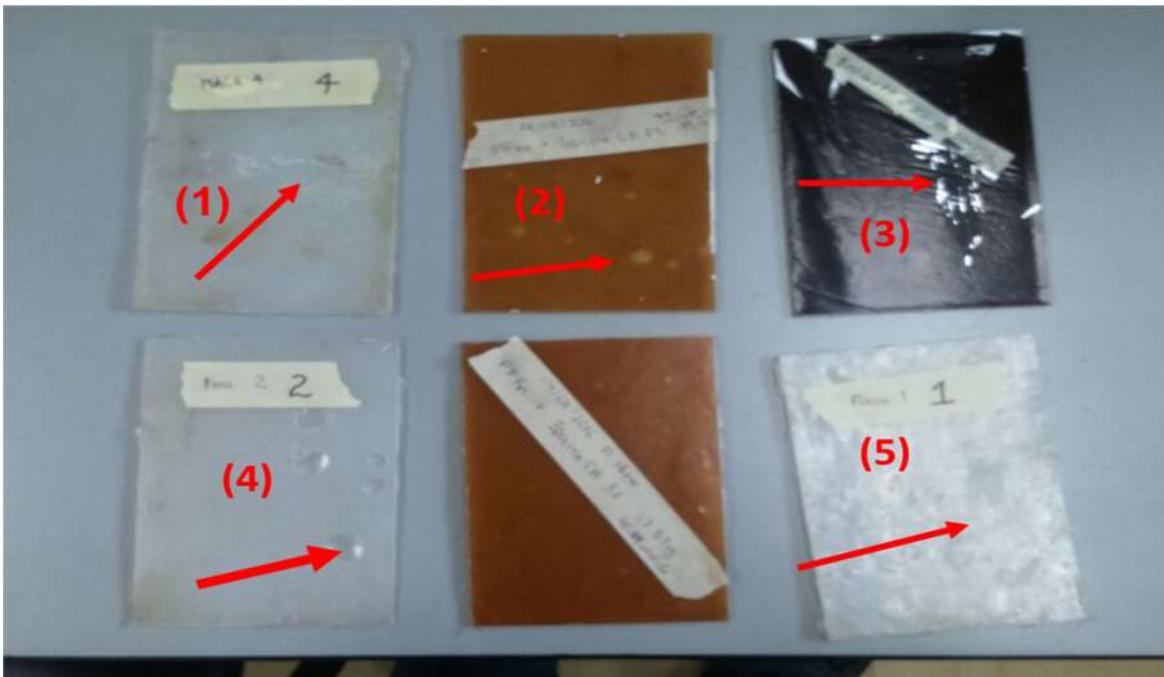


Figura 26. Planchas con diferentes cargas de zeolita y con aplicación y sin aplicación de desmoldante.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La figura 27 muestra el aspecto de las láminas finales .Se observa que ya no se tienen tantos defectos como en los primeros. Esto se debe al uso del desmoldante.



Figura 27. Planchas con zeolita y polipropileno solo

La placa número dos, presenta el mismo proceso que la placa anterior pero utilizando en este proceso una placa de mayor uniformidad, las burbujas que quedaron al terminar el proceso obedecen a un fallo en la toma de tiempos (gracias al desmoldante el aluminio fue de fácil retiro), esta plancha tuvo condiciones para pasar a pruebas de probeta.

Las planchas 3 y 4 cargadas con zeolitas al 3% y al 1% además de eso en estos procesos se respetan los tiempos y se aplican desmoldantes (las burbujas restantes ocurrieron por una diferencia de temperaturas entre las placas de la prensa) y ambas planchas son actas para probetas.

## 5.2 Análisis de placas cortadas

En las figuras 29 y 30 se observa las probetas ya cortadas sobre las placas tanto de polipropileno solo como de polipropileno fucionalizado con zeolita, estas placas son utilizadas en ensayos mecánicos para determinar sus diferentes cualidades mecánicas a las cuales haremos referencia en las imágenes posteriores

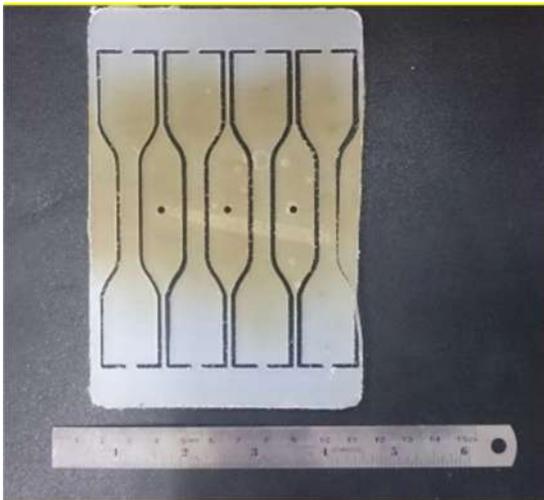


Figura 29  
Placa cortada de polipropileno y Zeolita

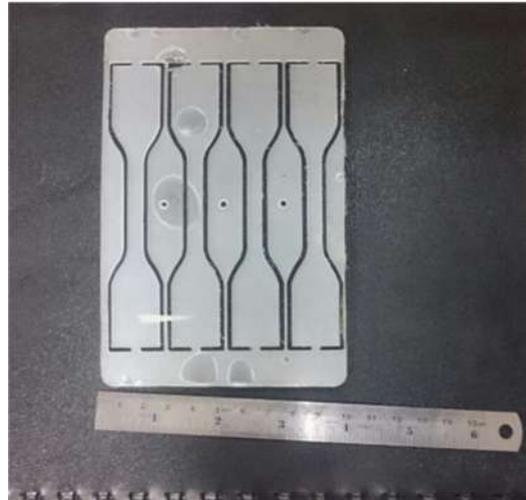


Figura 30, Placa cortada de polipropileno

Una vez son sometidas a pruebas (figura 31), se observa que las probetas se deforman significativamente hasta llegar a un punto de ruptura como se observa en la figura 32, la cual es una probeta de polipropileno puro probeta #1. Si se compara esta muestra con las figuras 32 y 33 que son de polipropileno puro (probeta número 2 y 3) se observa una mayor deformación a pesar de estar todas compuestas de igual manera.



Figura 31  
Polipropileno a diferentes tensiones

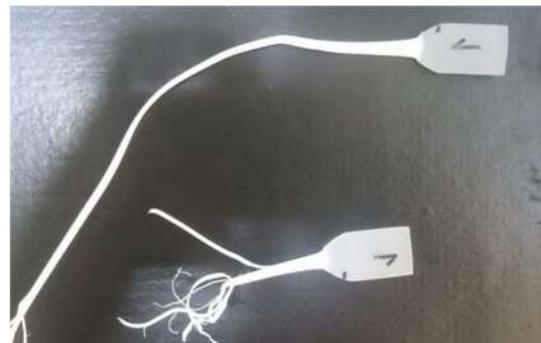


Figura 32 polipropileno en forma de probeta # 1

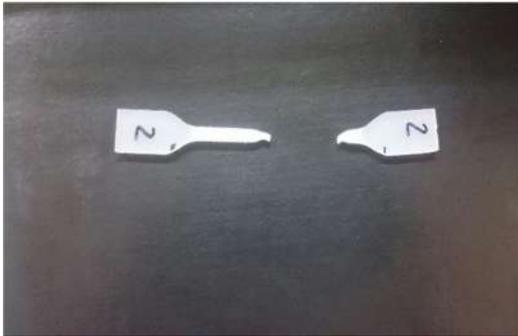


Figura 33  
 polipropileno en forma de probeta#2  
 luego de pruebas de tensión

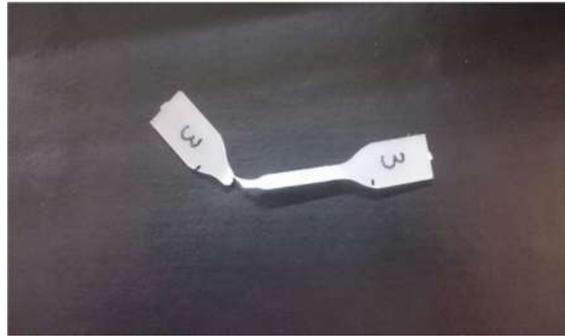


Figura 34  
 Polipropileno en probeta #3  
 luego de probeta de tensión

En las figuras 34 y 35 se observan probetas funcionalizadas con zeolitas (probeta número 6 y probeta número 7), las cuales presentan una ruptura diferente. Debido a las cargas que se adicionan con respecto a las que no tienen zeolitas demostrando ser más rígidas y menos dúctiles lo cual se observa en su módulo de elasticidad.

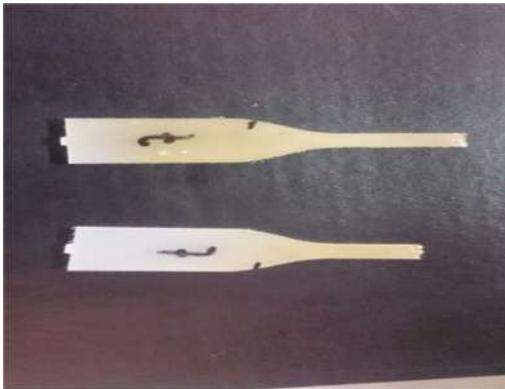


Figura 34 probeta # 7 de polipropileno  
 zeolita luego de ensayos mecánicos

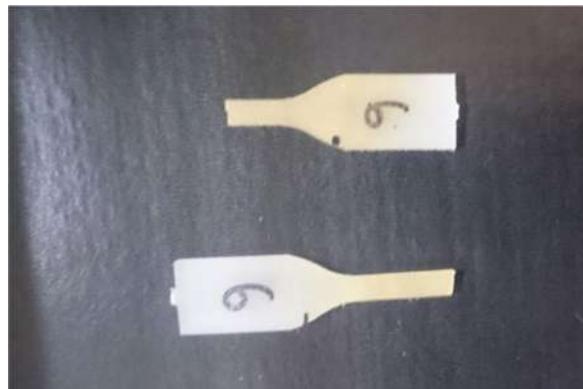


Figura 35 probeta # 6 de polipropileno y  
 zeolita luego de ensayos mecánicos.



Figura 36. Ensayos con polipropileno



Figura 37. Ensayo con PP y zeolita

Los resultados de las propiedades mecánicas se observan en las figuras 38 y 39, además se puede ver el módulo de elasticidad de la probeta número 1 y su punto de ruptura se observa en la gráfica esfuerzo vs deformación. La figura a demás muestra la regresión lineal de ajuste para obtener el valor de la pendiente de la gráfica el cual es reportado como módulo de elasticidad de dichas muestras. La tabla 1 muestra el resumen de las propiedades obtenidas en los ensayos mecánicos.

Tabla 1. Resumen de las propiedades obtenidas en los ensayos mecánicos

Número de probeta	Tipo de probeta	Esfuerzo máximo /MPa	Módulo de elasticidad/ MPa	Deformación máxima
1	PP. puro lámina	32,6	1107	29%
2	PP moldeado	30,4	1281	41%
3	PP puro	27,8	908	29%
6	PP Zeolita	32,6	1394	6%
7	PP Zeolita	15,5	1152	14%

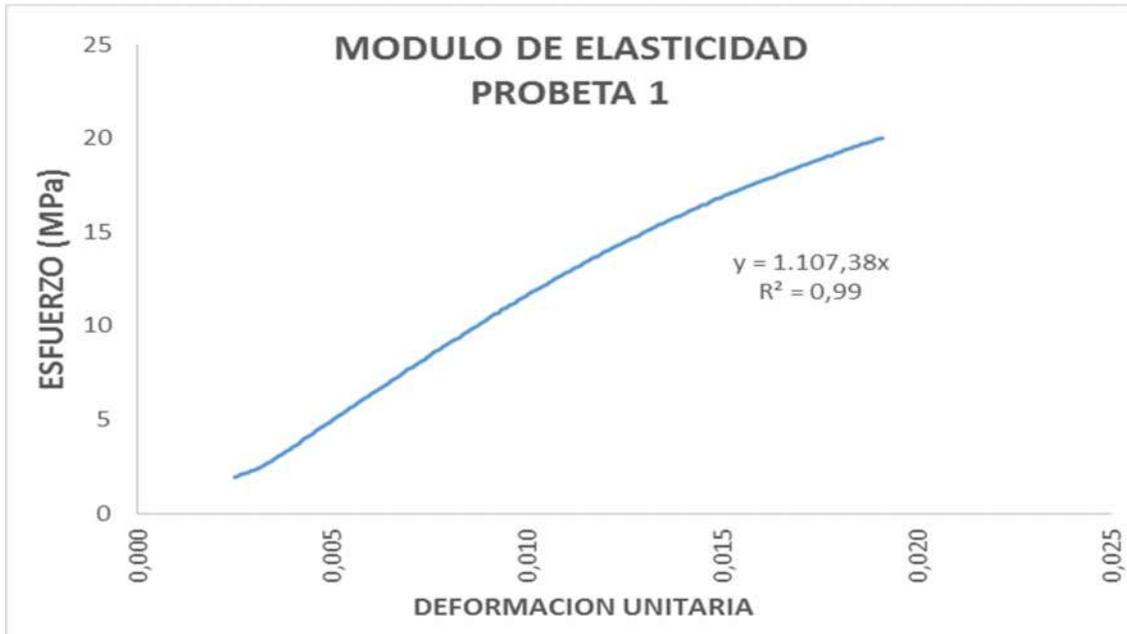


Figura 38, Probeta número 1 (módulo de elasticidad) Eje Y MPa.



Figura 39 Probeta número 1 (Punto de ruptura)

Para la probeta número dos (polipropileno moldeado) y número tres (figuras 40 a 43) se pueden observar los siguientes resultados.

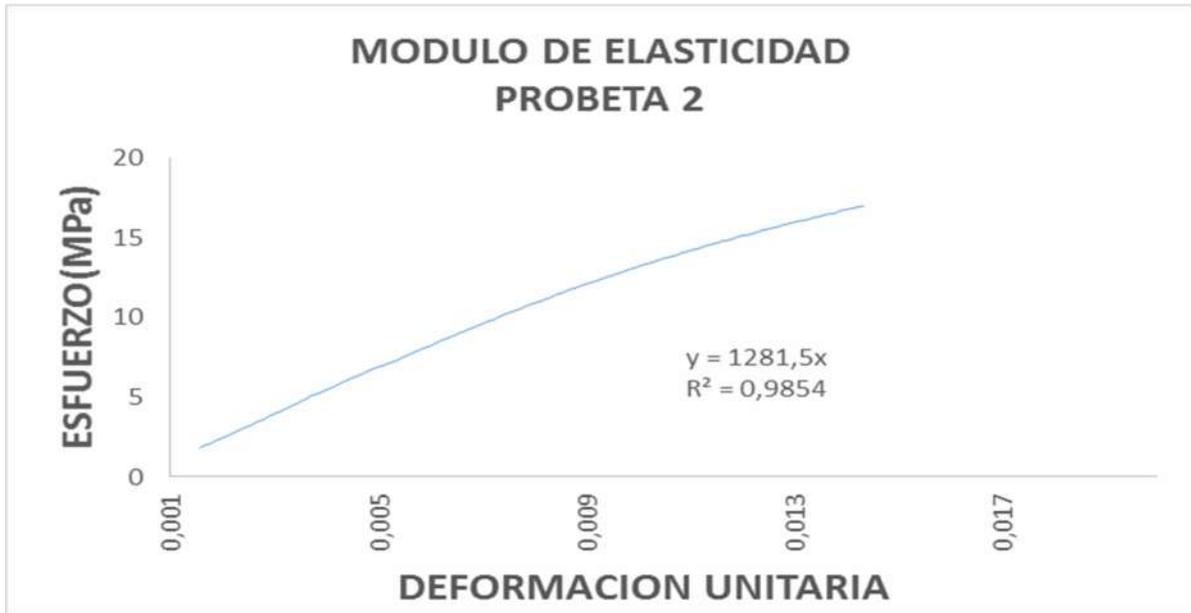


Figura 40 Grafica probeta número 2(Módulo de elasticidad).

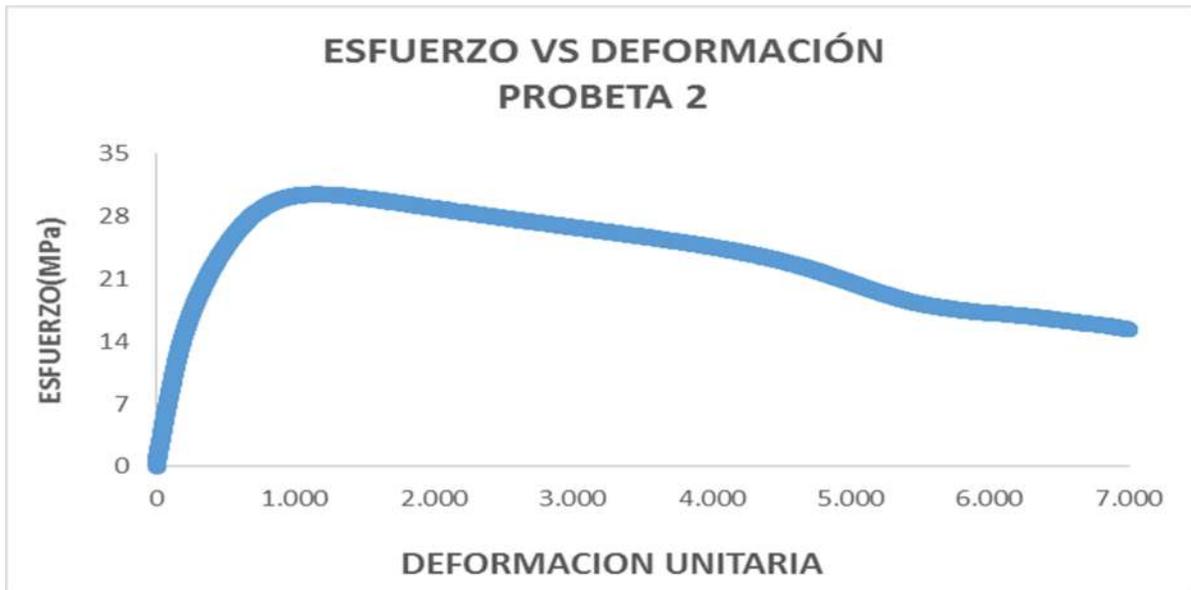


Figura 41. Probeta número 2(Esfuerzo vs deformación).

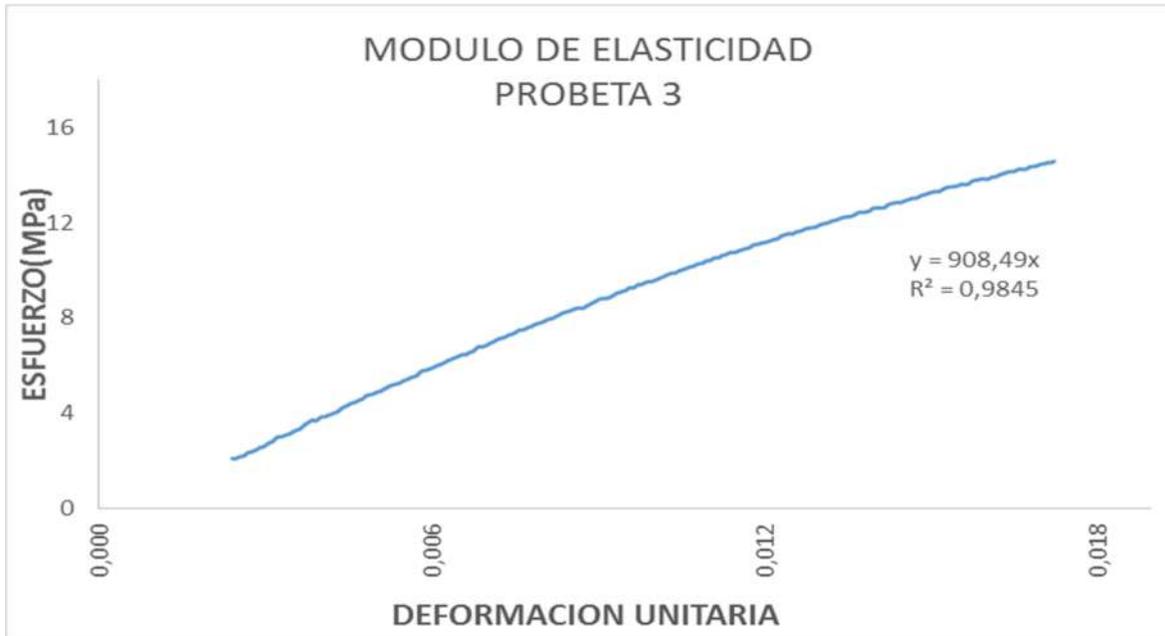


Figura 42, Probeta número 3(Módulo de elasticidad).



Figura 43 .Probeta número 3(Esfuerzo vs Deformación)

Con la información de estas graficas se procede a comparar con las gráficas de las probetas de polipropileno con zeolitas figuras (44 a 47) ,notando que la probeta

6 tiene el módulo de elasticidad más alto en comparación a las demás , como también su esfuerzo máximo es mayor a todas .



Figura 44, Probeta 6 con zeolita (Módulo de elasticidad).



Figura 45, Probeta 6 con zeolita (Esfuerzo vs Deformación ).

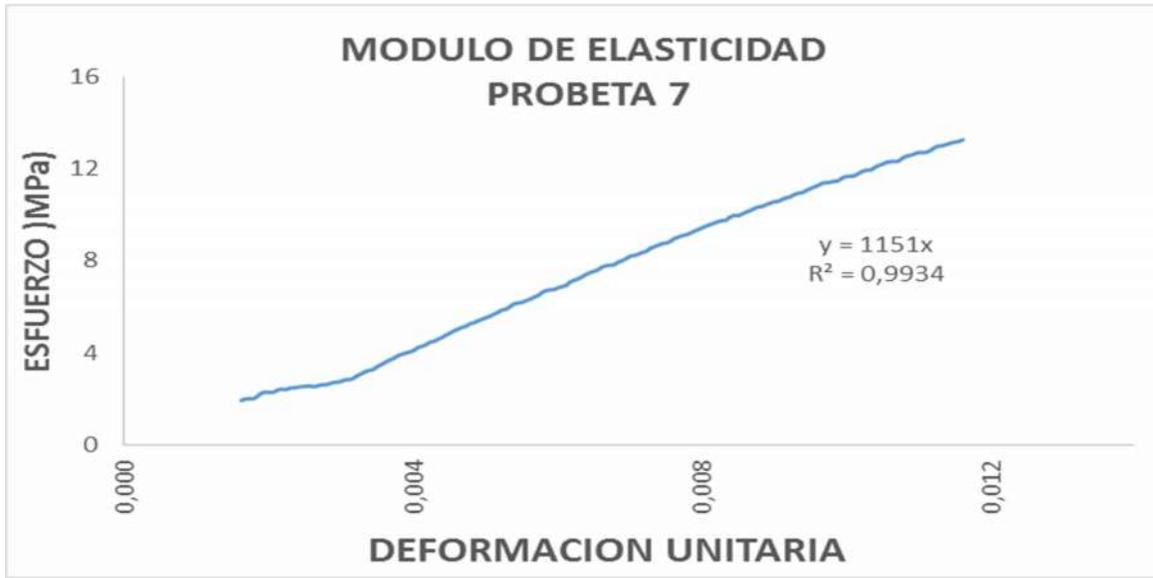


Figura 46, Probeta 7 con zeolita (Módulo de elasticidad).



Figura 47, Probeta 7 con zeolita (Esfuerzo vs deformación)

Además en la gráfica figura 48, se nota en una comparación de esfuerzos vs deformación unitaria, de cada una de las probetas y se observa como presentan variaciones y sus puntos de ruptura haciendo notar que la probeta número uno y la seis son las que presentan un esfuerzo mayor .

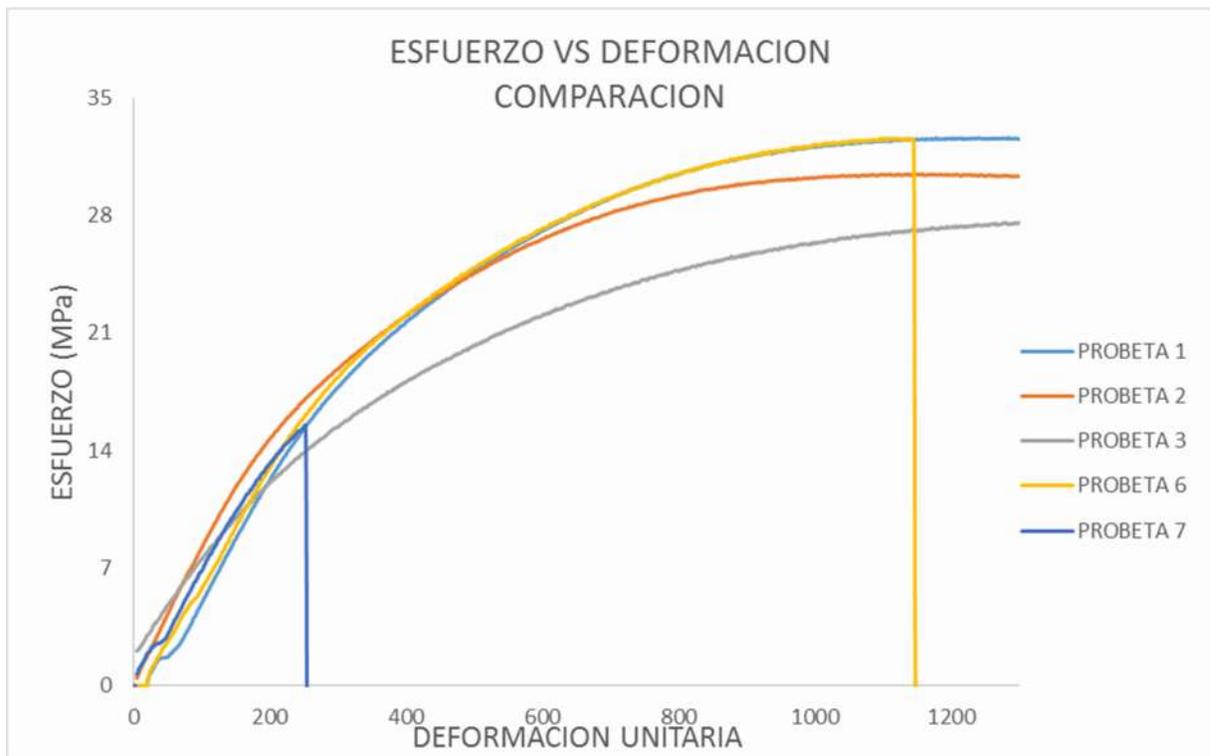


Figura 48, Comparación de las probetas

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

#### **5.4 Limitaciones**

La mayor limitación que se encontró es las faltas de coordinación para que todos los miembros del laboratorio para poder trabajar de forma ordenada en el reómetro.

Pero además de esto, existen limitaciones en la prensa de moldeo por compresión. El equipo presenta muchas fugas y está quedando cada vez más obsoleta para el proceso de las placas ya que entre una y otra hay una diferencia de por lo menos 10°C.

La necesidad de un sistema de placas que facilite el moldeo por compresión, sin necesidad de factores ajenos al proceso como lo puede llegar a ser el aluminio y el desmoldante.

#### **5.4 Restricciones**

La única restricción encontrada fue que no encontrar en el mercado un polipropileno con el índice de fluidez (FMI) adecuado para hacer el proceso más simple y de mejor calidad

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **6 CONCLUSIONES.**

Se desarrollaron mezclas de polipropileno solo y polipropileno con diferentes cargas de zeolita en el reómetro observando que las mezclas variaban en su color de acuerdo a la carga adicionada.

Se obtuvieron planchas de dichas mezclas en las cuales se observó que su calidad depende del correcto procedimiento para realizarlas que de su material.

Se lograron obtener 4 planchas para ser utilizadas como pruebas para las probetas y ensayos de tensión de las cuales se pudo obtener su módulo de elasticidad y esfuerzos máximos.

Los resultados de los ensayos mecánicos indican que las probetas que contenían zeolitas presentan una menor deformación con respecto a las que no se les adicionaban estas cargas.

De aproximadamente 30 muestras que se pudieron sacar se pudo notar que las cargadas con zeolita al 5% son las que responden de mejor manera al proceso de prensado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **7 RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO**

Se recomienda que el proceso de triturado del polipropileno sea realizado dos veces por el molino antes de pasar por la licuadora industrial, esto con el fin de no generar mucho desgaste en el eje de esta.

Se recomienda además la adquisición de una nueva prensa automatizada totalmente, con el fin de generar mejores resultados en las plancha

Se recomienda una bitácora para la prensa hidráulica, con el fin de evitar tantos daños y conocer las causas de una manera más acertada.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 8. REFERENCIAS

F.W. Bill Meyer, “Ciencia de los Polímeros”, 2da Ed. Reverte, Barcelona (1973).

Valdés, M. G., Pérez-Cordoves, a. I., & Díaz-García, M. E. (2006).

Zeolites and zeolite-based materials in analytical chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 25(1), 24–30. doi:10.1016/j.trac.2005.04.016.

Zhang, C., Liu, Q., Xu, Z., & Wan, K. (2003). Synthesis and characterization of composite molecular sieves with mesoporous and microporous structure from ZSM-5 zeolites by heat treatment. *Microporous and Mesoporous Materials*, 62(3), 157–163. Doi: 10.1016/S1387-1811(03)00427-X.

Sanz S, PP: el mismo polímero, sus nuevas aplicaciones y desarrollos, *Revista de Plásticos Modernos*, 75, 365 (1998)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 9 APÉNDICE

### Anexo 1

#### PROCEDIMIENTO PARA ELABORACIÓN DE PLANCHAS

Metodología de prensado de planchas de polipropileno

1. Se inicia con la estabilización del medidor a 240 C.
2. Envolver las placas en aluminio y añadir una capa de desmoldeante.
3. De la mezcla obtenida mediante el procedimiento del reómetro de torque y molido, poner el material en la placa de manera distribuida, teniendo en cuenta que las partes gruesas del mismo van a la parte central de la placa.
4. Cuando se tiene el medidor estable en 240 °C, se procede a poner las placas en la prensa.
5. Trabajar con una sola cavidad, la cual se ubica en el centro de la prensa.
6. se debe dejar 4 minutos manteniendo las placas en contacto con el material para garantizar que el material se funda sin hacer presión, si no se ve bien fundido dejar más tiempo manteniendo las placas en contacto.
7. luego de transcurrido el tiempo de 4 minutos se sube la presión lentamente durante 1 min, hasta llegar a los 100 bar.
8. Seguidamente se debe dejar 2 min a presión constante.
9. Cumplido este tiempo se apaga el medidor y se abre la llave de agua dándole vuelta y media a esta; durante el proceso de enfriamiento se debe sostener la presión en 100 Bar.
10. Dejar enfriando hasta que llegue a 40°C para evitar contracción a temperatura ambiente; (esta temperatura se alcanza aproximadamente en 30 min, pero es necesario verificar con el medidor de temperatura).
11. Para finalizar se debe cerrar la llave de agua y la prensa se debe abrir lentamente.

NOTA: Para polietileno se sube el medidor a 200°C Hay una diferencia de 10°C entre el medidor y la temperatura de la placa inferior para garantizar así que se llegue a la temperatura de fusión del material.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Medellín, 4 de OCTUBRE 2016

Señores  
**Comité de trabajo de grado**  
 Facultad de Ingeniería  
 Tecnología e Ingeniería Electromecánica

**ASUNTO:** Entrega de trabajo de grado en Ingeniería Electromecánica

Como estudiantes del programa en ingeniería Electromecánica hacemos entrega del trabajo de grado denominado "OBTENCION DE PLANCHAS DE POLIPROPILENO PARA ENSAYOS DE TENSION " realizado durante el semestre 01-2016 bajo la asesoría del docente Juan Felipe Santa Marín del Grupo MATyER como requisito para optar al título de Ingeniero Electromecánico.

**NOTA:** Se entregan dos copias en CD con el texto final.

Gracias por la atención y quedamos atentos a cualquier solicitud

*Juan Fernando Rada Parra*

Juan Fernando Rada Parra  
 CC 1.042.767.551  
 Estudiante Ingeniería Electromecánica

*Juan Felipe Santa Marín*

Ing. Juan Felipe Santa Marín, M.Eng, Ph.D.  
 Grupo de Investigación Materiales Avanzados y  
 Energía – MATyER

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	<b>EVALUACIÓN DE MODALIDAD TRABAJO DE GRADO Y PRÁCTICAS PROFESIONALES</b>	Código	FDE 090
		Versión	04
		Fecha	2015-10-05

### INFORMACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

**1. Título:**

Procedimiento para la obtención de Planchos de Polipio Pileno		
Programa Académico:	Tecnología	Ingeniería

**2. Modalidad Trabajo de Grado:**

Proyecto de Grado	Práctica Profesional	Emprendimiento	
Producto de Investigación	Producto obtenido en Talleres o Laboratorios ITM	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasantías
Certificación	Reconocimiento Laboral		Cursos de Posgrado
Ingeniería para la Gente			
Grupo de investigación:		Código proyecto	
Tipo de Informe	Propuesta de Proyecto de Grado	Informe Final de Proyecto de Grado	<input checked="" type="checkbox"/>

**3. Información estudiante(s):**

Nombre	Cédula	Correo electrónico
Juan Fernando Rada Pavia	1092 767551	rada891015@gmail.com

**4. Información asesor:**

Nombre	Institución	Correo electrónico
Juan Felipe Santa	Instituto Tecnológico	JFSanta@gmail.com

### CONCEPTO DEL JURADO EVALUADOR

Concepto inicial sobre el trabajo de grado				
Aprobado sin modificaciones		Se requieren modificaciones		Mención honorífica
<b>Observaciones</b> Se puede anexar hojas adicionales para una descripción más amplia de las observaciones. Justificar en esta parte porqué otorgar mención honorífica.				
Nombre jurados evaluadores	Juan Felipe Santa			
Firma				
FECHA: octubre 12 2016				

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	<b>MODALIDAD TRABAJO DE GRADO</b> <b>PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM</b>	Código	FDE 146
	<b>Registro de actividades y cumplimiento de horas / Talleres o Laboratorios de DOCENCIA</b>	Versión	02
		Fecha	2015-09-30

Documento de identidad:	1042767551		
Nombre completo del estudiante:	Juan fernando rada parra		
Programa académico ITM:	Ingeniería electromecánica		
Nombre completo del Docente Asesor:	Juan Felipe Santa Marín		
Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd):	23/02/2016	Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd):	
Nombre Taller o Laboratorio:	laboratorio de materiales poliméricos		
Ubicación:	calle 54a #1-30(sotano m-2)		
Campus:	fraternidad		

Fecha			Actividad desempeñada por el estudiante	Hora Ingreso	Hora salida	Total horas	Firma Laboratorista	Firma Estudiante
A	M	D						
16	2	23	calculos de fuerza y presion de cilindros ubicados en galilei y en cuarto de bodega	8	12	4		Juan fernando rada p
16	2	25	calculo de presion y area , molde de prensa hidraulica	8	12	8		Juan fernando rada p
16	2	26	toma de muestras en el reometro (profesora jeni y lina)	14	18	12		Juan fernando rada p
16	2	29	se inicia el trabajo escrito a entregar al final	14	18	16		Juan fernando rada p
16	3	1	llamadas ,toma de datos para cotizar prensas de 30 toneladas y polipropileno en pellets	8	12	29		Juan fernando rada p
16	3	3	diseño en( creo parametric) de los moldes de la prensa hidraulica manual	8	12	24		Juan fernando rada p
16	3	4	se tritura material en el molino para pruebas el lunes en el reometro	8	12	28		Juan fernando rada p
16	3	7	compra de polipropileno en pellet y asistencia a la profesora jeny en el reometro	14	18	32		Juan fernando rada p
16	3	8	toma de muestras en el reometro	8	12	36		Juan fernando rada p
16	3	10	trituracion de material para muestras en el reometro	8	12	40		Juan fernando rada p

3/1

16	3	11	Adelanto trabajo final	8	12	44	
16	3	14	Prensado fibras (Natalia) (Recundar) <sup>*comp. PLA</sup> y Recundar	14	19	45	
16	3	15	Prensado fibras (Natalia)	8	12	49	
16	3	16	Realizar Mezclas (2) para leña	12	16	53	
16	3	17	Prensado Mezclas (2)	8	12	57	
16	3	28	Mezclas en secreteo	8	13	62	
16	3	29	Molido de mezclas	9	12	65	
16	3	31	adelanto trabajo, ensamble mesa	8	12	69	
16	3	1	prensado con desmoldante	10	15	74	
16	4	4	mezclas funcionalizadas y con coque	10	17	86	
16	4	7	Prensado y mezclas	10	16	87	
				9	12	90	
TOTAL HORAS							

Juan Fernando Roda P.

ma Estudiante

JUAN FELIPE SANTA MARTA

bre y firma Laboratorista

Nombre y firma Profesional Universitario - Centro de Laboratorios

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES

Juan Fernando Rada P.

---

FIRMA ASESOR

Juan Felipe Santa Marín  
 CC 9866096

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_\_\_ ACEPTADO \_\_\_\_\_

ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_