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

**ESTUDIO DEL EFECTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEBIDO AL PROCESO DE INYECCIÓN DE
TERMOPLÁSTICOS Y MOLDEO POR COMPRESIÓN**

KEVIN ALEJANDRO VALENCIA ARANGO

TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA

CARLOS ANDRÉS VARGAS ISAZA

JUAN CARLOS POSADA

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2015

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

RESUMEN

Durante el procesamiento de polímeros las propiedades finales de la pieza plástica se pueden ver afectadas significativamente dependiendo del tipo de proceso, por ejemplo, las propiedades mecánicas son sensibles al nivel de orientación que se generan en las macromoléculas durante el proceso de inyección de termoplásticos.

Algunos productos poliméricos son viables fabricarse por diferentes procesos, en el caso de piezas simples el moldeo por compresión puede ser una buena alternativa donde las piezas no son sometidas a condiciones de altas orientaciones con respecto al proceso convencional de inyección.

Para el presente proyecto se pretende comparar el proceso de inyección de termoplásticos con respecto al proceso de moldeo por compresión, fabricando una misma pieza (probeta de ensayos mecánicos de tensión) y realizar pruebas mecánicas, para de esta forma determinar qué efecto tienen los procesos de transformación indicados en las propiedades mecánicas de las piezas.

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

RECONOCIMIENTOS

A MIS FAMILIARES, POR OFRECERME SU APOYO INCONDICIONAL A LO LARGO DE MI CARRERA UNIVERSITARIA.

AL PROFESOR CARLOS VARGAS, POR ABRIRME LAS PUERTAS DEL LABORATORIO Y HABERME AYUDADO CON SUS CONOCIMIENTOS.

A LAS PERSONAS CON LAS QUE COMPARTÍ EN LA UNIVERSIDAD.

MUCHAS GRACIAS

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

ACRÓNIMOS

PP: polipropileno.

T30: temperatura de 30 grados.

T60: temperatura de 60 grados.

DSC: Differential Scanning Calorimetry.

PC: Computador

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

TABLA DE CONTENIDO

ESTUDIO DEL EFECTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEBIDO AL PROCESO DE INYECCIÓN DE TERMOPLÁSTICOS Y MOLDEO POR COMPRESIÓN

1. INTRODUCCIÓN

2. MARCO TEÓRICO.....

 2.1 Propiedades mecánicas de los polímeros:

 2.2 Proceso de inyección de polímeros termoplásticos:.....

 2.2.1 Ciclo de moldeo.....

 2.2.2 El molde:.....

 2.3 ORIENTACIÓN EN EL PROCESO DE INYECCIÓN.

 2.4 PROCESO DE COMPRESIÓN PARA POLÍMEROS.....

 2.5 ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D638 PARA MATERIALES POLIMÉRICOS

3. METODOLOGÍA.....

 3.1 PREPARACIÓN DE PROBETAS.

 3.1.1 MOLDEO POR COMPRESIÓN.....

 3.1.2 Moldeo por inyección.....

 3.1.2.3 APERTURA DEL MOLDE Y EXPULSIÓN DE LA PIEZA.....

 3.2 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE TRACCION:

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....

 4.1 ANALISIS Y RESULTADOS.

 4.1.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS GRAFICAS OBTENIAS POR LA PRUEBA DE TRACCION PARA LAS PROBETAS HECHAS POR MOLDEO POR INYECCIÓN CON TEMPERATURA DE MOLDE DE 30 °C.....

 4.1.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS GRAFICAS OBTENIDAS POR LA PRUEBA DE TRACCIÓN PARA LAS PROBETAS HECHAS POR MOLDEO POR INYECCIÓN CON TEMPERATURA DE MOLDE DE 60 °C.....

 4.1.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS GRAFICAS OBTENIDAS POR LA PRUEBA DE TRACCIÓN PARA LAS PROBETAS HECHAS POR MOLDEO POR COMPRESIÓN.

 4.1.4 GRAFICA PROMEDIO Y MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA LAS PROBETAS INYECCTADAS CON TEMPERATURA DE MOLDE DE 30 °C.

 4.1.4 GRAFICA PROMEDIO Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA LAS PROBETAS POR MOLDEO POR COMPRESION.

 4.2 RECOPIACIÓN DE DATOS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

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

5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

REFERENCIAS

APÉNDICE.....

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

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema estudio del efecto en las propiedades mecánicas debido al proceso de inyección de termoplásticos y moldeo por compresión, en los cuales se pueden definir los procesos de moldeo como mecanismos para hacer piezas plásticas en los cuales se le aumenta la temperatura al material que se quiere moldear, para así conseguir la forma que se quiere, en este caso forma de probetas para hacer pruebas mecánicas y de acuerdo a esto comparar procesos de moldeo.

El objetivo principal es Evaluar el efecto en las propiedades mecánicas debido al proceso de inyección de termoplásticos y moldeo por compresión.

La investigación del efecto de las propiedades mecánicas por procesos se hizo con el interés profundizar en el tema del efecto de las propiedades finales de las piezas poliméricas debido a los diferentes procesos, particularmente, en el laboratorio de polímeros del ITM es importante definir este efecto, ya que las piezas de pruebas de tensión se emplean para prestar servicios externos a empresas y se debe determinar si la influencia del proceso de fabricación de la pieza, para de esta forma minimizar fuentes de error en las pruebas mecánicas o tener en cuenta la influencia del proceso en las propiedades mecánicas.

De esta forma se tendrá una metodología que permita prever estos efectos en las propiedades finales de las piezas poliméricas, en este caso las propiedades mecánicas.

Durante la investigación experimental se realizaron una serie pruebas de tracción a unas probetas hechas por moldeo por inyección y compresión de las cuales se extrajeron propiedades mecánicas como el módulo de elasticidad y la máxima resistencia a la rotura.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Propiedades mecánicas de los polímeros:

Las propiedades mecánicas muestran como un material responde a la aplicación de una carga. Estas dependen fundamentalmente de la composición, estructura y condiciones de procesado. También influyen factores como el tiempo (velocidad de aplicación de esfuerzos) y la temperatura.

Los ensayos de laboratorio para hallar las propiedades mecánicas básicamente son 3: tracción, compresión y cizalla. En la figura 1 se ilustra cada tipo de ensayo.

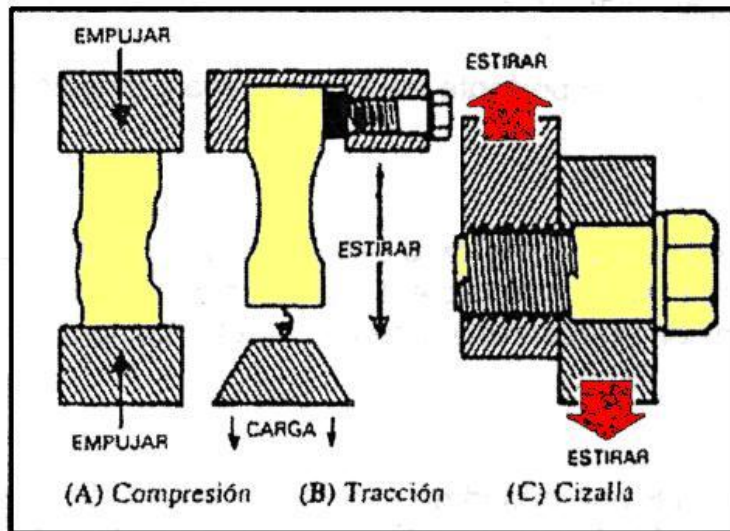


Figura 1: ensayos para obtener propiedades mecánicas.

Los materiales poliméricos tienen ciertas resistencias las cuales son importantes para analizar los distintos ensayos de laboratorio para medir las propiedades mecánicas.

- resistencia a la tracción y elongación de rotura.
- resistencia a la abrasión
- resistencia a la compresión
- resistencia a la flexión
- resistencia al impacto
- dureza

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

La resistencia a la tracción y elongación de rotura para un material polimérico, consiste en el máximo esfuerzo que este mismo puede resistir antes de su rotura por estiramiento, es decir, al estirar una probeta desde sus dos extremos va a tener una elongación considerable hasta un momento en que el punto crítico del estiramiento sea tan débil que se rompa (Mariano, 2011).

En este punto hay que ver dos conceptos importantes las cuales son:

1. recuperación elástica.
2. módulo de elasticidad.

La recuperación elástica es una medida de la extensión a la cual una sustancia recupera sus dimensiones originales después de retirado el esfuerzo. Un material perfectamente elástico se recupera 100% pero un material perfectamente plástico no tiene recuperación elástica.

El módulo de recuperación es el esfuerzo por unidad de deformación pero medidos en los límites de la deformación reversible. El método de Young (que es la relación entre esfuerzo de tensión y la respectiva deformación).

- Resistencia a la abrasión es la habilidad de un material para resistir acciones que conlleven a fricción como frotamiento, arenado o erosión que tiende a sacar consecutivamente parte del material a la superficie (desgaste de superficies).
- Resistencia a la compresión es el máximo esfuerzo de un material para resistir una carga de aplastamiento. Es decir, deformar de cierta manera el material en medio de dos fuerzas opuestas, con el fin de saber cuánto esfuerzo puede aguantar el material polimérico antes de agrietarse o deformarse hasta un punto específico. se representa en fuerza sobre unidad de área (N/m²).
- Resistencia a la flexión (también conocida como módulo de rotura) representa el máximo esfuerzo de una pieza antes de doblarse o partirse, la cual esta sujeta en sus extremos y aplicando una fuerza en la mitad de esta. se representa en fuerza sobre unidad de área (N/m²).
- La resistencia al impacto es la resistencia o la tenacidad de un material rígido para aguantar un impacto repentinamente, la energía absorbida en la fractura se expresa en joule/m.
- La dureza (resistencia a la deformación) respecto a la penetrabilidad de una superficie para hacer referencia a la posibilidad de realizar marcas con una punta. Es decir, la capacidad del material para no ser penetrado o rayado.

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

Para los polímeros así como para otros materiales hay varias pruebas que consideran las fuerzas por separado o combinadas las cuales son pruebas de tracción, compresión y cizalla estas últimas mencionadas aplican para medir fuerzas por separado mientras que las de flexión, impacto y dureza aplican para 2 o más fuerzas (Mariano, 2011).

2.2 Proceso de inyección de polímeros termoplásticos:

Esto consiste en introducir un tipo de plástico en gránulos (pellets) o polvo dentro de un cilindro, donde se calienta. En este cilindro hay un tornillo sinfín el cual cuando el plástico se vuelve suficientemente viscoso, el tornillo lo inyecta a una alta presión en el interior de un molde para darle forma (hernandez, metrio, & mazo, 2015).

2.2.1 Ciclo de moldeo

- se cierra el molde
- se calienta para plastificar el material, manteniendo la temperatura en la unidad de plastificación.
- se empuja el material hacia la cavidad del molde
- el tornillo mantiene la presión hasta que se enfría el plástico
- el tornillo retrocede para coger más material y plastificar nuevamente
- se abre el molde y se extrae la pieza

Una máquina de moldeo por inyección consta de 3 secciones esenciales:

- unidad de inyección
- unidad de plastificación
- unidad de cierre

La unidad de inyección consta de la parte plastificante del proceso, la cual es la encargada de fundir o derretir el polímero en una masa homogénea y uniforme. Sus partes son: la tobera, tornillo de empuje, válvula de retención, bandas calefactoras y cilindro hidráulico.

La unidad de cierre es la encargada de sostener el molde y generar fuerza de cierre mientras se inyecta el material, además permite la expulsión de la pieza. El cierre del molde se realiza por medio de una prensa controlada. La fuerza de cierre requerida depende de la máxima área proyectada de la pieza a inyectar y la presión de moldeo. Esta contrarresta la resistencia que genera el material cuando se inyecta.

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

2.2.2 El molde:

Sus características generales son:

- cavidad o impresión: aquí se moldea el material, puede existir más de una cavidad.
- canales: por donde fluye el material fundido a inyectarse
- canales de enfriamiento: por donde llega el líquido refrigerante en este caso agua.
- expulsores: sacan la pieza moldeada de la cavidad.

En la tabla 1 se muestra un resumen de como es el proceso de inyección.

UNIDAD DE INYECCIÓN	UNIDAD DE CIERRE	MOLDE
	Cierre de molde.	
	Mantenimiento de la fuerza de cierre.	Ajuste de la abertura a la boquilla.
Desplazamiento del pistón.		Inyección.
Mantenimiento de la presión.		Consolidación bajo presión.
Se cierra la válvula.		Enfriamiento del molde.
Giro y retroceso del husillo para plastificación y acumulación del material.	Separación de boquilla.	
	Apertura del molde.	Expulsión de la pieza moldeada, y material de conductos.
		Calentamiento del molde si es necesario.

Tabla 1: resumen proceso de inyección.

2.3 ORIENTACIÓN EN EL PROCESO DE INYECCIÓN.

Uno de los aspectos más importantes en el moldeo por inyección es la orientación del polímero al entrar en la cavidad del molde y después, cuando solidifica. En los productos obtenidos por extrusión, por lo común se desea esta orientación que intensifica las propiedades, pero en el moldeo por inyección en algunos casos puede ser inconveniente. Entonces, (alvarez) “lo normal es minimizar la orientación, pero esto tiene que balancearse contra el factor económico de utilizar ciclos rápidos de moldeo, lo cual a su vez representa un enfriamiento rápido de las piezas moldeadas y la consiguiente congelación de las distribuciones orientadas”. Las moléculas de polímeros en su forma normal, en estado relajado, existen como cadenas enmarañadas; cuando se aplica presión al polímero fundido las cadenas tienden a “desenredarse” y a orientarse paralelamente a la dirección de flujo, lo cual permite a las moléculas deslizarse más fácilmente unas sobre otras. Esta acción de corte de una capa de polímero fundido sobre otra capa es lo que causa la orientación (figura 2).

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

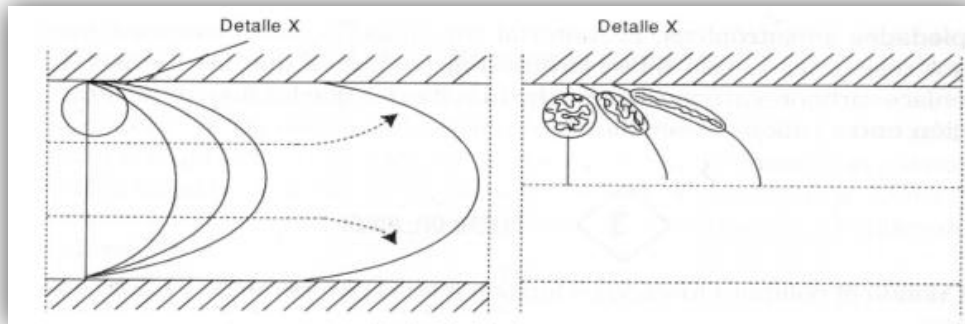


Figura 2: Orientación de cadenas durante el flujo de polímeros

Al cesar el esfuerzo y si se mantiene el polímero fundido por un tiempo suficientemente largo, las moléculas tienden a recobrar su forma original enrollada, debido a movimientos térmicos (movimiento browniano). A este proceso se le llama relajación. Sin embargo, en procesos tales como el moldeo por inyección, las moléculas no tienen el tiempo suficiente para regresar completamente a su forma original, es decir, no tienen oportunidad de relajarse de forma total. A la orientación residual que permanece en la pieza se le conoce como tensiones o deformaciones congeladas. como dice (alvarez) Si la orientación es marcada, en especial con polímeros cristalinos, estas tensiones podrían provocar la distorsión de las piezas moldeadas, ya sea con lentitud si los esfuerzos se alivian espontáneamente, o con rapidez si el material se somete a temperaturas de servicio elevadas. Al encontrarse las moléculas del polímero más alineadas en una dirección que en la otra, las propiedades en la pieza son diferentes en las dos direcciones, es decir, el producto presentará propiedades aniso-trópicas. El material será más fuerte (presentará mayor resistencia) en la dirección de flujo, debido a que las fuerzas de enlace carbono-carbono son mucho más fuertes que las fuerzas de atracción entre cadenas vecinas.

El molde produce un gran efecto en la orientación. Cuando el polímero fundido es forzado a entrar en él y hace contacto con las paredes, se solidifica. A pesar de la orientación causada por el flujo a través de la entrada, la turbulencia es suficiente para que la primera capa de polímero solidifique sin orientar. Por lo tanto, la superficie del polímero inmediatamente adyacente a la superficie del molde tendrá un bajo grado de orientación, pero aquellas capas cercanas a la superficie estarán bastante orientadas, debido al rápido enfriamiento que sufren. Por otro lado, las regiones del centro que tendrán más tiempo para que ocurra la relajación (permanecen más tiempo calientes) se encontrarán menos orientadas. Esto conducirá a que se forme un gradiente de orientación a través del espesor del artículo moldeado, con bajos niveles de orientación en el centro y niveles mayores a ambos lados del centro (figura 3).

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

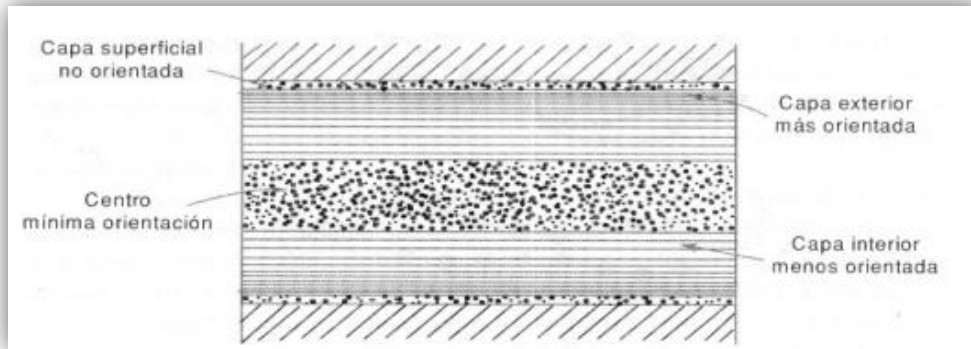


Figura 3: Gradiente de orientación en una pieza moldeada.

De acuerdo con lo expuesto hasta ahora, como lo dice (alvarez) la orientación es el resultado neto del alineamiento de las moléculas en una dirección (por efecto de los esfuerzos de corte) y la relajación de ese alineamiento. Por lo tanto, cualquier cosa que se haga para propiciar una mayor relajación dará como resultado una reducción en la orientación. Es importante considerar las siguientes condiciones de operación como factores que influyen en la orientación: Altas temperaturas del molde y del material disminuyen la orientación, pues a mayor temperatura mayor es la oportunidad para que ocurra la relajación de las cadenas orientadas. Además, después de sacar la pieza del molde puede ocurrir una cantidad apreciable de relajación. Por ejemplo, si se colocan piezas moldeadas de secciones gruesas en agua caliente, se permitirá la relajación y disminuirá la orientación. La presión aumenta la orientación. Altas presiones dan lugar a altos esfuerzos y velocidades de corte, lo cual provoca una mayor orientación.

El tiempo de compactación tiene un efecto importante en la orientación, debido a que mientras la entrada no se cierre, la presión del pistón provoca que el flujo continúe; es decir, se generan más esfuerzos de corte y mayor orientación, principalmente en el área de entrada. De manera usual, ésta es el área más orientada de la pieza, donde existe la mayor cantidad de orientación residual (esfuerzos congelados). El espesor de la pieza también influye en la orientación. Debido a la baja conductividad térmica de los plásticos, las paredes gruesas actuarán como aislantes de la zona central, la cual se mantendrá más tiempo caliente. Esto promoverá la relajación en esta zona, disminuyendo la orientación. Las velocidades de flujo (velocidad de inyección) son críticas. A mayor velocidad, más rápido se llenará la cavidad y cerrará la entrada. Una vez que el flujo se detiene, empieza la relajación, es decir, disminuye la orientación. La tabla 2 resume gráficamente la influencia de las variables del molde y del proceso de inyección sobre la orientación.

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

ORIENTACIÓN	
TEMPERATURA	
Alta temperatura del material	Disminuye
Alta temperatura del molde	Disminuye
Enfriamiento rápido de la pieza	Aumenta
PRESIÓN	
Alta presión de inyección	Aumenta
Tiempo de sostenimiento	Aumenta
GEOMETRÍA	
Mayor espesor de la pieza	Disminuye
Entradas grandes	Aumenta
OTROS	
Baja velocidad de llenado del molde	Aumenta

Tabla 2: resumen de la influencia de las variables del molde y de proceso.

Generalmente, la orientación puede mejorar algunas propiedades en la dirección de flujo, pero a costa de reducir esta misma propiedad en dirección transversal, lo cual no es lo más conveniente. Lo que se requiere es una pieza que tenga buenas propiedades en todas direcciones. En general, puede observarse que al aumentar la orientación, aumenta la resistencia de tensión, la elongación y la resistencia al impacto en la dirección de flujo. En la tabla 3 se puede observar el efecto que tiene la orientación sobre algunas propiedades.

Propiedades	Dirección perpendicular	Dirección longitudinal
Resistencia a la tensión	Disminuye	Aumenta
Resistencia al impacto con muesca	Disminuye	Aumenta
Resistencia al impacto por caída de peso	Disminuye	Disminuye
Resistencia a la flexión	aumenta	aumenta
Fluencia	Disminuye	disminuye

Tabla 3: efecto de la orientación en algunas propiedades.

2.4 PROCESO DE COMPRESIÓN PARA POLÍMEROS

El moldeo por compresión es un proceso de conformación que consiste en colocar un material plástico directamente en un molde de metal, y mediante aplicación de calor y presión se obliga a que el material adopte la forma del molde cuando se cierra.

El moldeo por compresión se inicia, con una cantidad determinada de material introducido en un molde. Luego el material se calienta a un estado maleable y moldeado. Poco después, la prensa hidráulica comprime el plástico flexible contra el molde, dando como resultado una pieza perfectamente moldeada que mantiene la forma de la superficie interior del molde. Después la prensa hidráulica retrocede, un pin eyector en el fondo del molde rápidamente expulsa la pieza final fuera del molde y entonces, el proceso concluye.

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

CICLO DE MOLDEO:

- se prepara el molde, esto incluye limpiarlo y lubricarlo para sacar más fácil la siguiente pieza más el líquido en forma de polvo.
- se cierra al molde caliente y aplicación de presión.
- se abre el molde para dejar respirar la pieza y así salga la humedad y materias volátiles.
- se aplica toda la presión del molde a una temperatura elevada y se mantiene hasta que el material se haya curado totalmente.
- se remueve la pieza y se sigue el ciclo.

LOS FACTORES MÁS IMPORTANTES EN EL PROCESO SON:

- la temperatura del molde.
- la presión aplicada.
- el diseño de la pieza.
- la velocidad de cierre de la prensa.
- la plasticidad del material.
- las condiciones del molde.

2.5 ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D638 PARA MATERIALES POLIMÉRICOS

ENSAYO DE TRACCIÓN:

El ensayo de tracción es, probablemente, el más utilizado para caracterizar mecánicamente un material. La base del ensayo consiste en estirar una probeta desde sus extremos hasta producir su rotura, registrando continuamente la fuerza aplicada y el alargamiento producido. A partir de estas dos magnitudes se puede determinar la curva tensión-deformación característica del comportamiento mecánico de los polímeros. Los parámetros básicos a determinar son el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción (DeWolfe, 2010).

Equipamiento requerido:

Máquina universal de ensayo (máquina de ensayo de tracción).

- Necesita ser servo controlado para mantener una velocidad constante de velocidad.
- Capacidad debe ser suficiente para este material.

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



Figura 4: maquina universal de ensayo

Adquisición de datos

Se requiere un software adecuado para operar la máquina y para tomar las medidas para que muestre el gráfico de tensión-deformación. El uso de estas fuentes de datos, se puede determinar y calcular todos los análisis mencionados anteriormente. Sin embargo, los sistemas completamente basados en PC tienen la capacidad para calcular todos estos automáticamente.

Mordazas de tracción

Cualquier agarre con las caras dentadas suele ser adecuado para esta prueba. Puede usar la cuña, neumáticos, tornillo de banco, u otros apretones auto apriete tales como empuñaduras de rodillos o tijera excéntricos (ver figura 5).



Figura 5: mordazas de tracción.

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

3. METODOLOGÍA

3.1 PREPARACIÓN DE PROBETAS.

El desarrollo del proyecto se comienza elaborando varias probetas por dos métodos distintos los cuales son: moldeo por compresión y moldeo por inyección. Con el fin de observar las propiedades mecánicas más críticas para cada proceso. Para cada moldeo se tuvo un procedimiento riguroso el cual será mencionado a continuación.

3.1.1 MOLDEO POR COMPRESIÓN.

La elaboración de las probetas usando el método de compresión se inició pesando el material que se iba a utilizar para hacer cada placa. Para lo cual se estipuló que eran 5 gramos por cada abertura del molde.

3.1.1.1 PREPARACION DEL MOLDE.

El molde que se encuentra en el laboratorio de polímeros del ITM está compuesto por 3 placas metálicas, dos de ellas son placas planas y otra que tiene 2 aberturas. Además de esto, para que el material empleado no se pegue con las placas metálicas se debe poner un material que no se funda y que permita sacar las placas de plástico más fácilmente, en este caso usamos papel aluminio.



Figura 6: material polipropileno homopolímero para hacer las probetas.

Con esta información se dispuso a preparar el molde en el cual se utiliza una placa metálica y una capa de papel aluminio, teniendo esto se pone la placa que tiene las 2 aberturas y se vierte el material en cada abertura que en este caso es polipropileno homopolímero. Por último se agregó otra capa de aluminio y otra placa metálica plana.

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

3.1.1.2 MOLDEO:

Ya con el molde preparado con el material se lleva a la máquina, esta es una prensa hidráulica que viene con un sistema de calentamiento, donde se puede cambiar la temperatura y además un sistema de enfriamiento el cual viene con un sistema de mangueras y este hace pasar agua por estas para enfriar las prensas como se muestra en la figura 7.



Figura 7: máquina para moldeo por compresión.

Se coloca el molde centrado en la prensa, se cierra y se le aplica una presión de 90 a 100 bares establecidos para el polipropileno y se enciende el sistema de calentamiento en el cual se le ponen los datos de temperatura a 230 °C, a la cual se funde el polipropileno. La temperatura empieza a subir a partir 24 °C que es la temperatura ambiente y se espera a que llegue a 230 °C.

Cuando se llega a la temperatura establecida, el material está en un estado viscoso y por la presión toma la forma de las aberturas que tiene el molde, se deja un tiempo de 5 minutos en esa temperatura manteniendo la presión que en este caso es la de mantenimiento, se apaga el sistema de calentamiento y se activa el sistema de enfriamiento con una llave para que el agua empiece a circular por las mangueras y se enfríen las prensas, y por consiguiente el molde con las piezas moldeadas. Para que este sistema de enfriamiento cumpla su cometido se debe esperar un tiempo de 20 minutos para disponerse a sacar el molde de la prensa.

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

Ya teniendo el molde enfriado, se sacan las piezas plásticas rectangulares como se muestra en la figura 8 y se cortan a la forma que se busca.



Figura 8: placas plásticas rectangulares hechas por moldeo por compresión.

3.1.2 Moldeo por inyección

Este proceso se hizo en una inyectora (figura 9) que se encuentra en el laboratorio de polímeros del ITM la cual es totalmente automatizada.



Figura 9: maquina inyectora encontrada en el laboratorio de polímeros del ITM.

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

Para empezar este proceso se deben de determinar las condiciones de proceso. Estas fueron proporcionadas por el profesor Carlos Vargas. Las condiciones se mostraran en la tabla 4.

CONDICIONES DE PROCESO DE INYECCIÓN							
Material	Temperatura de inyección [°c]	Temperatura de molde [°c]	Tiempo de inyección. [s]	Tiempo presión de mantenimiento [s]	Tiempo de enfriamiento restante [s]	Tiempos de movimientos de la maquina [s]	Tiempo de ciclo [s]
PP	225	30 y 60	3.26	2	20	11.14	36.4
	Presión de inyección (bar)	Pos presión (bar)					
	35 a 45	45					

Tabla 4: condiciones iniciales para ingresar en el panel de la inyectora.

Con estas condiciones de proceso se procede a ingresar los datos al tablero para empezar el ciclo de inyección. El cual consta de las siguientes etapas:

3.1.2.1 Cierre del molde

Con esto se inicia el ciclo, preparándolo para recibir la inyección del material fundido y aumentándole la temperatura, que para este estudio fueron 2, una de 30°C y la otra de 60°C. En esta fase se aplica la fuerza de cierre, que es aquella que hace la máquina para mantener cerrado el molde durante la inyección.

3.1.2.2 FASE DE LLENADO

Una vez cerrado el molde y aplicada la fuerza de cierre, se inicia la fase de llenado del molde (inyección). El husillo de la unidad de inyección aplica el material fundido dentro del molde a una presión elevada, al inyectar, el husillo avanza sin rotación. La duración de esta etapa puede ser de décimas de segundo hasta varios segundos, dependiendo de la cantidad de material a inyectar y de las características del proceso. La finalidad de esta fase es llenar el volumen del molde con una cantidad suficiente de material.

En la inyección son muy importantes las siguientes variables (hernandez, metrio, & mazo, 2015):

Velocidad de inyección: 18 a 30%

Presión de inyección: 35 a 40 bares

Temperatura del material: 225° C

En el comienzo de la operación de inyección, el material fundido está localizado en la cámara de inyección, de esta manera, la unidad de inyección se desplaza contra el molde para dejar pasar material dentro de este. El sistema hidráulico ejerce presión sobre el husillo, el cual se mueve axialmente. Esta presión hace que el mismo se mueva hacia delante o hacia la boquilla.

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

El material se expulsa fuera de la cámara de inyección y se introduce en la cavidad dentro del molde. El material fundido solidifica dentro de la cavidad para que la pieza moldeada pueda ser expulsada. Los moldes usados para materiales termoplásticos están sujetos al control de temperatura (enfriamiento).

Tan pronto como el material que se moldea contacta con el molde en la operación de inyección, comienza a enfriarse y a solidificar. Por este motivo la inyección debe ocurrir rápidamente, con lo que la cavidad se llena mientras que el material se encuentre fundido.

La fase de mantenimiento condiciona ciertas características de la pieza final, tales como el peso total, sus tolerancias dimensionales y características internas.

Después de aplicar la presión de mantenimiento, comienza a girar el husillo; de forma que el material va pasando progresivamente de la tolva de alimentación a la cámara de inyección, homogeneizándose tanto su temperatura como su grado de mezcla. Esta fase se realiza en forma paralela a la etapa de enfriamiento, acelerando así el tiempo total de ciclo. En este momento ya está todo preparado para poder inyectar la siguiente pieza.

3.1.2.3 APERTURA DEL MOLDE Y EXPULSIÓN DE LA PIEZA

Cuando se considera que el material de la pieza ha alcanzado la temperatura denominada de expulsión, el molde se abre y la expulsa de su interior para reiniciar el ciclo. Se muestra una pieza terminada en la figura 10.

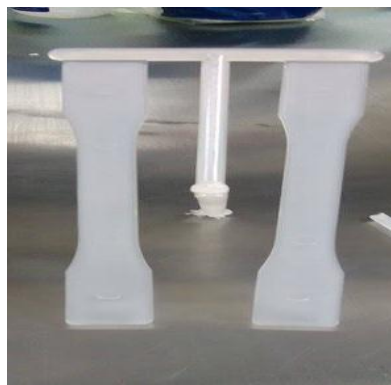


Figura 10: pieza terminada elaborada por el proceso de inyección.

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

3.1.2.4 ENFRIAMIENTO

Esta fase comienza simultáneamente con la de llenado (inyección), dado que el material empieza a enfriarse tan pronto toca la pared del molde. Finaliza cuando la pieza alcanza la temperatura adecuada para su expulsión. De esta forma, esta fase del ciclo se une con las anteriores. En ocasiones es necesario esperar un tiempo, entre la etapa de plastificación y la de apertura de molde, para que se produzca el enfriamiento requerido de la pieza. El objetivo de ello es conseguir una consistencia tal, que impida su deformación al ser expulsada.

Terminada la elaboración de las probetas se dispone, a hacer las pruebas de tracción para cada una de estas.

3.2 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE TRACCION:

Con las probetas listas, se procede a medirlas y a tomar los datos de longitud, ancho y espesor a cada una de ellas; con el fin de encontrar el área trasversal y este será el dato primordial para encontrar la deformación y la tensión al hacer la prueba de tracción.

Ya con las probetas marcadas se procede a abrir el software para ubicar los datos de velocidad a las cuales se va a abrir la mordazas que para este estudio es de 50 mm/min para todas las probetas, se colocan las escalas de los ejes de la gráfica y las variables que queremos ver en este, en este caso tensión vs deformación, además, se deben poner los datos de la longitud, el ancho y del espesor.. El software queda preparado para empezar la prueba.

Ya con el software listo, se dispone a abrir las mordazas y poner las probetas para que las mordazas la agarren en las zonas marcadas. Con esto podemos observar que los puntos donde se espera que la probeta se rompa serán en los 100 mm marcados. Debido a que se realiza un apriete manual inicial, al sujetar las mordazas, se debe realizar una operación de ajuste a niveles de ceros en las variables de fuerza y desplazamiento de la probeta a ensayar.

Cuando empieza la prueba la mordaza inferior queda fija y la mordaza superior empieza a halar hacia arriba con una fuerza que va aumentando a medida que la mordaza va subiendo. Con esto se empieza a deformar la probeta hasta que llega al punto en el que se rompe y con esto termina la prueba. En la figura 11 se muestran algunas probetas después de hacerle la prueba de tracción.



Figura 11: probetas después del ensayo de tracción.

Después de esto el software denominado TRAPEZIUM nos da una curva de tensión vs deformación. De la cual se puede sacar las propiedades mecánicas para cada probeta como se muestra en la figura 12

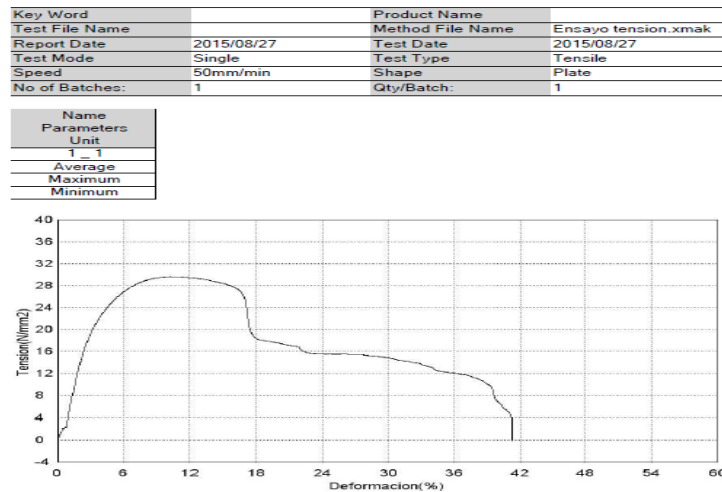


Figura 12: curva tensión deformación proporcionada por el software.

Análisis que se obtiene:

1. Resistencia a la tracción
2. Módulo de elasticidad

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANALISIS Y RESULTADOS.

Para un mejor análisis, ya que la escala del software no nos proporciona una buena vista para observar las propiedades mecánicas, se dispone a pasar los datos del software a Excel como se muestra en la figura 13.

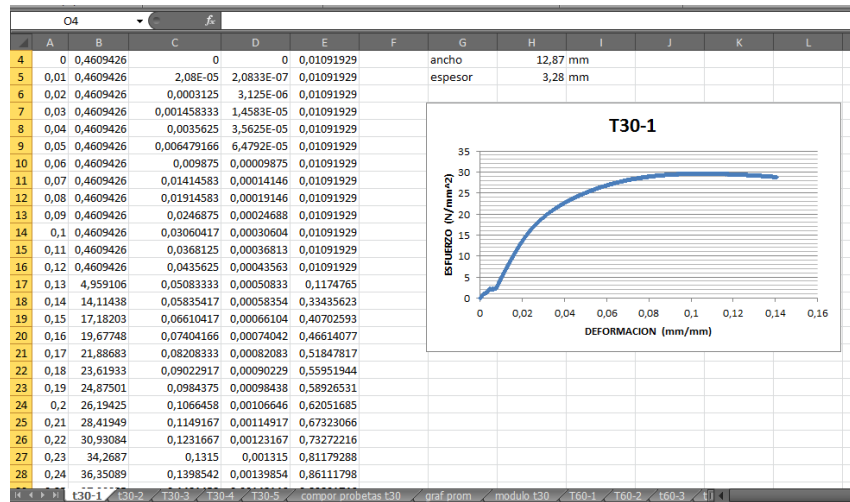


Figura 13: datos y grafico mostrados en Excel.

Esto se hace para cada probeta a la cual se le aplico la prueba de tracción con el fin de hacer un análisis más detallado. Con los datos introducidos en Excel para cada probeta se analizan 5 repeticiones por cada condición de proceso (30°C y 60°C) para ver si hay variación significativa de una a la otra.

4.1.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS GRAFICAS OBTENIAS POR LA PRUEBA DE TRACCION PARA LAS PROBETAS HECHAS POR MOLDEO POR INYECCIÓN CON TEMPERATURA DE MOLDE DE 30 °C.

Para las de moldeo por inyección que fueron hechas con la temperatura de molde de 30 °C no hubo cambios notorios en los resultados de las pruebas como lo muestra la figura 14.

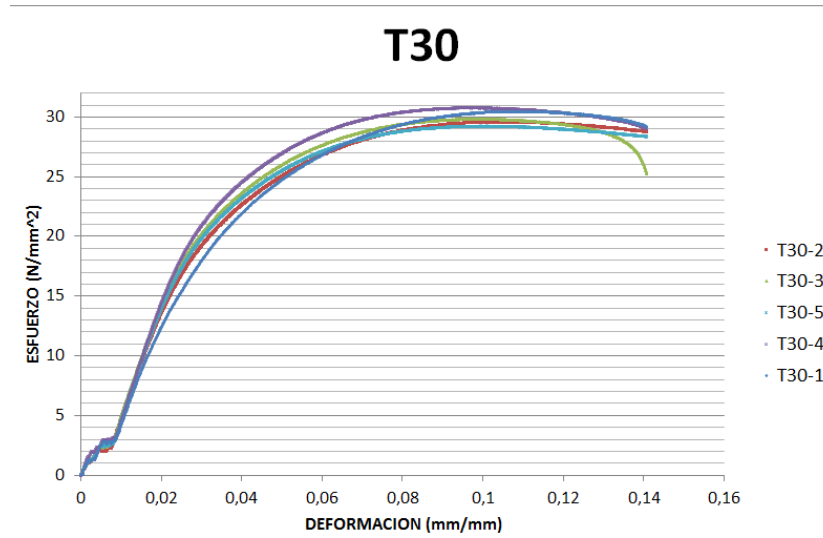


Figura 14: resultados de pruebas de tracción para las probetas hechas con temperatura de molde de 30 grados.

Siguiendo el análisis se obtienen los puntos de máxima resistencia a la rotura para cada una de las probetas y se busca la desviación estándar (tabla 5), la cual para este caso dio un valor de 0.62%, lo que nos lleva a decir que los datos tienen coherencia y se puede seguir con el análisis.

T30-1	T30-2	T30-3	T30-4	T30-5	DESV
29,6210226	29,8286217	30,7788612	29,2479898	30,4904567	0,6295768

Tabla 5: desviación estándar para los resultados de la máxima resistencia a la rotura para las probetas hecha con temperatura de molde de 30 °C.

Estos 2 análisis se implementan igualmente para las probetas restantes (5 por moldeo por inyección con temperatura de molde 60 °C y 5 por moldeo de compresión) que se mostraran a continuación.

4.1.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS GRAFICAS OBTENIDAS POR LA PRUEBA DE TRACCIÓN PARA LAS PROBETAS HECHAS POR MOLDEO POR INYECCIÓN CON TEMPERATURA DE MOLDE DE 60 °C.

Para el análisis de las probetas hechas con la temperatura de molde a 60 °C hubo un cambio significativo en la probeta 1 la cual arrojo un resultado de resistencia a la tracción muy bajo como se muestra en la figura 15.

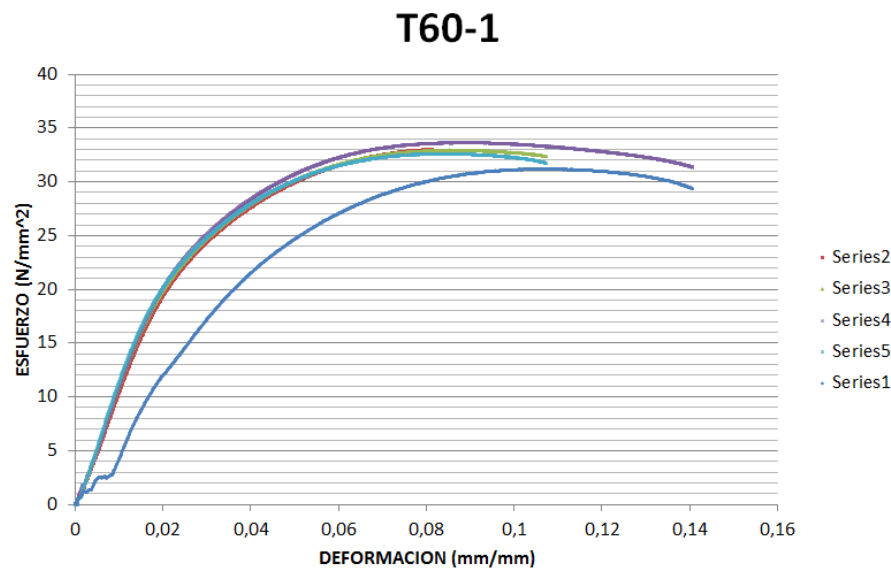


Figura 15: resultados de pruebas de tracción para las probetas hechas con temperatura de molde de 60 °C. Por este motivo se desprecio la primera prueba y se trabajo con las 4 que tuvieron un comportamiento parecido. Con este cambio la desviación estándar (tabla 6) paso de 0.91% a 0.433% y con esto darle mayor credibilidad a los resultados.

T60-1	T60-2	T60-3	T60-4	T60-5	DESV
	32,6220157	33,6614019	32,9599127	33,0256006	0,43378413

Tabla 6: desviación estándar para los resultados de la máxima resistencia a la rotura para las probetas hecha con temperatura de molde de 60°C.

4.1.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS GRAFICAS OBTENIDAS POR LA PRUEBA DE TRACCIÓN PARA LAS PROBETAS HECHAS POR MOLDEO POR COMPRESIÓN.

Estas Mostraron con un comportamiento similar lo que quiere decir que los resultados están bien establecidos. A continuación se muestra el comportamiento de los resultados en la Figura 16.

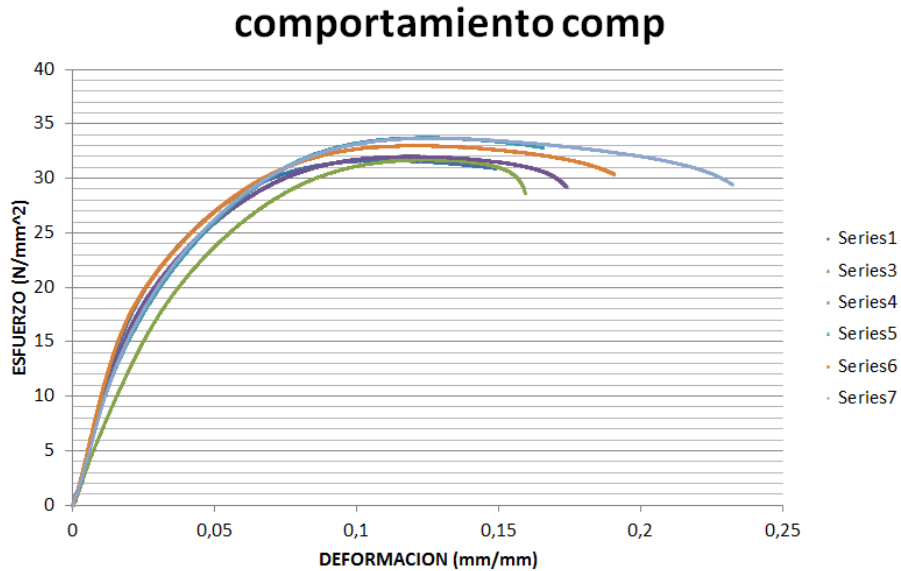


Figura 16: resultados de pruebas de tracción para las probetas hechas por moldeo por compresión.

Se muestra la desviación estándar mirando la resistencia a la tracción y esto nos arroja que la esta es de 0.933% la cual con respecto a las otras es un poco mayor pero está en los parámetros establecidos.

comp-1	comp-2	comp-3	comp-4	comp-5	DESV
31,7166051	32,0122318	33,7244905	33,0016593	33,6929329	0,9330897

Tabla 7: desviación estándar para los resultados de la máxima resistencia a la rotura para las probetas hecha por moldeo por compresión.

Con los datos encontrados y teniendo en cuenta que los datos tienden a ser parecidos podemos hacer una gráfica promedio por cada proceso estudiado para hacer una comparación de las propiedades mecánicas encontradas.

4.1.4 GRAFICA PROMEDIO Y MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA LAS PROBETAS INYECTADAS CON TEMPERATURA DE MOLDE DE 30 °C.

Empezamos con la figura promedio de las probetas hechas por el proceso de inyección hechas con la temperatura de molde de 30 °C. Como se muestra en la figura 17.

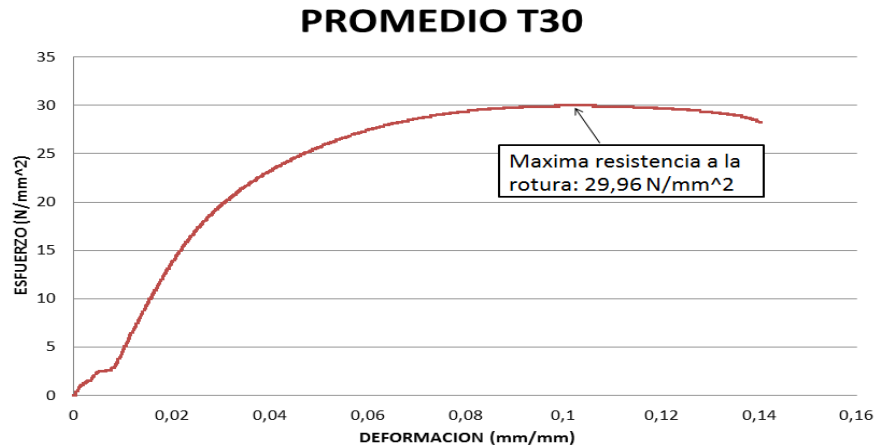


Figura 17: grafica promedio para las probetas hechas por moldeo por inyección y temperatura de molde de 30 °C.

De esta gráfica se puede obtener la otra propiedad mecánica que estamos buscando la cual es el módulo de Young o módulo de elasticidad. En este caso se obtendrá sacando la parte lineal de la curva y encontrando la ecuación de la recta como se muestra en la figura 18.

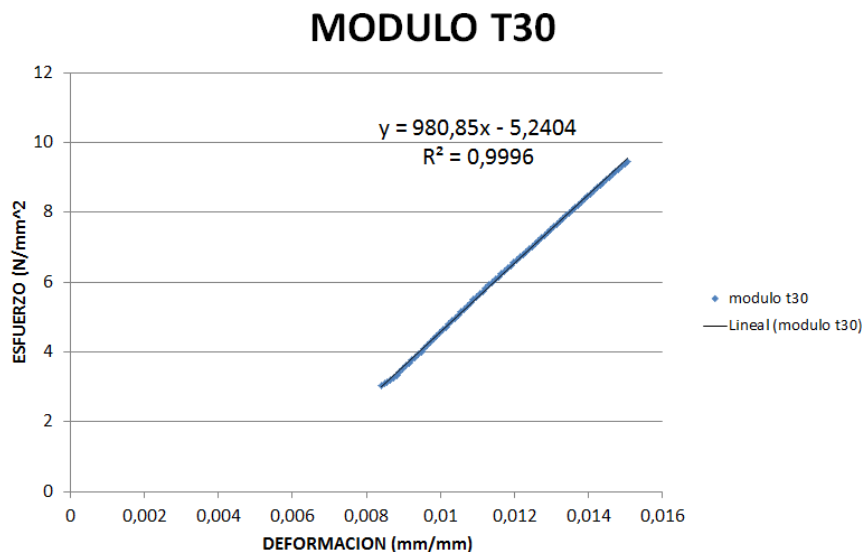


Figura 18: grafica donde se muestra el módulo de elasticidad para las probetas hechas por moldeo por inyección y temperatura de molde de 30 grados.

El módulo de Young o de elasticidad es la pendiente de la recta y para este caso sería 980,85 N/mm². Resumiendo esto las propiedades mecánicas a analizar desde la gráfica promedio serían el módulo que arrojó un resultado de 980,85 N/mm² y tensión máxima. Que según los datos obtenidos dio 29,96 N/mm² para las probetas hechas con la temperatura de 30 °C.

4.1.3 GRÁFICA PROMEDIO Y MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA LAS PROBETAS INYECTADAS CON TEMPERATURA DE MOLDE DE 60 GRADOS.

Siguiendo con las probetas hechas echas por moldeo de inyección y con temperatura de molde de 60 la gráfica promedio se muestra a continuación con su respectivo módulo de Young, como se muestra en las figuras 19 y 20.

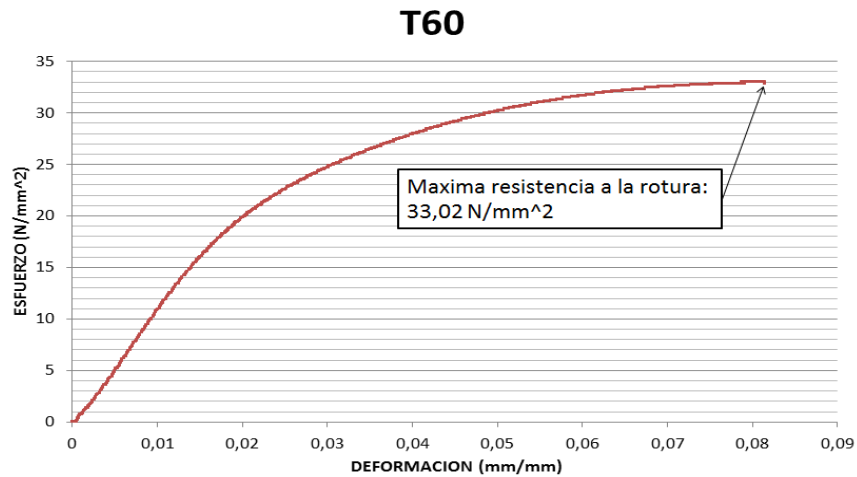


Figura 19: gráfica promedio para las probetas hechas por moldeo por inyección y temperatura de molde de 60 grados.

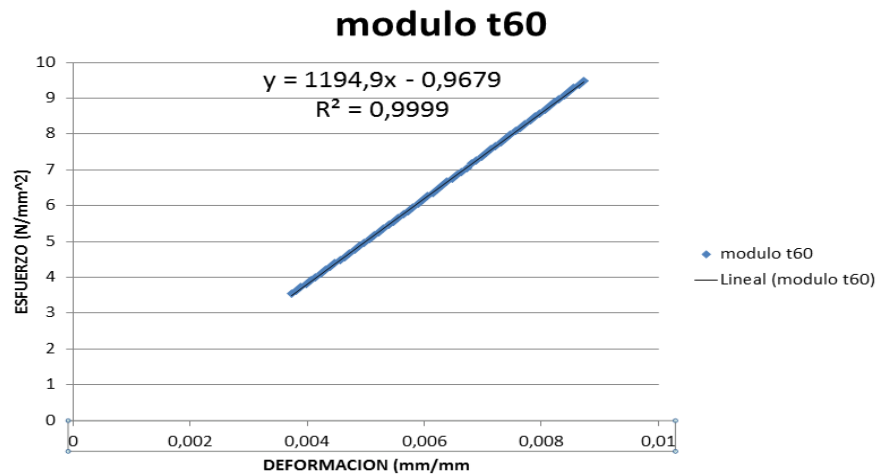


Figura 20: gráfica donde se muestra el módulo de elasticidad para las probetas hechas por moldeo por inyección y temperatura de molde de 60 grados.

Las propiedades mecánicas extraídas de las gráficas serían resistencia a la rotura que nos da un dato de 33,02 N/mm² y su módulo el cual es 1194.9 N/mm².

4.1.4 GRAFICA PROMEDIO Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA LAS PROBETAS POR MOLDEO POR COMPRESION.

Al igual que con las probetas hechas por moldeo por inyección se hace una gráfica promedio para las probetas hechas por moldeo por compresión. La grafica promedio se muestra a continuación con su respectivo módulo de Young como se muestra en las figura 21 y 22.

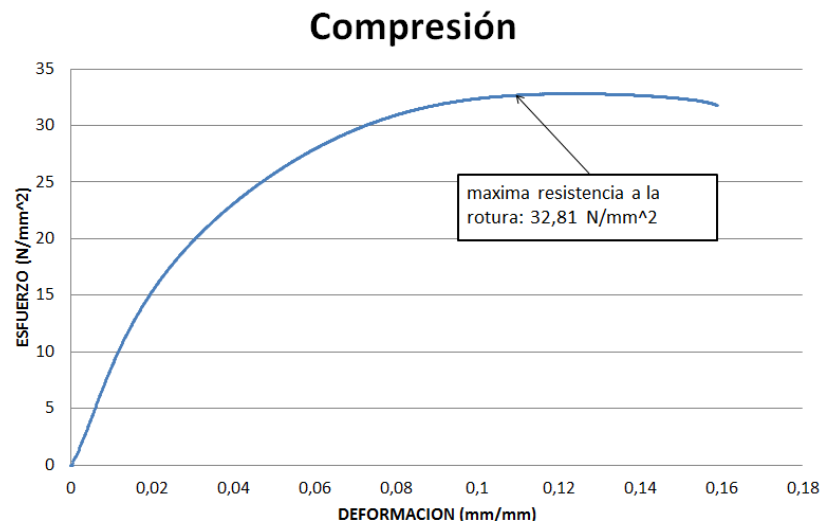


Figura 21: grafica promedio para las probetas hechas por moldeo por compresión.

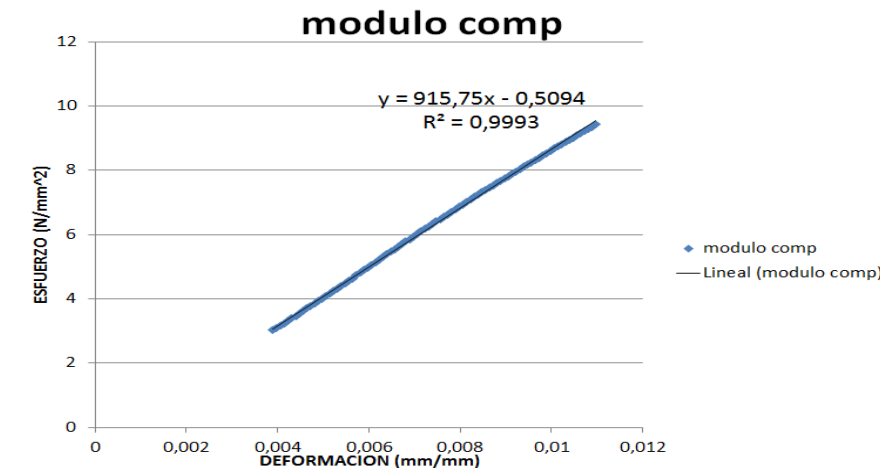


Figura 22: gráfica donde se muestra el módulo de elasticidad para las probetas hechas por compresión.

Los resultados promedio son resistencia a la rotura que nos da un dato de 32,81 N/mm² y su módulo el cual es 915.75 N/mm².

4.2 RECOPIACIÓN DE DATOS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Se dispone a mostrar en 2 figuras la compilación de resultados con el objetivo de comparar resultados de los distintos procesos propuestos en este trabajo.

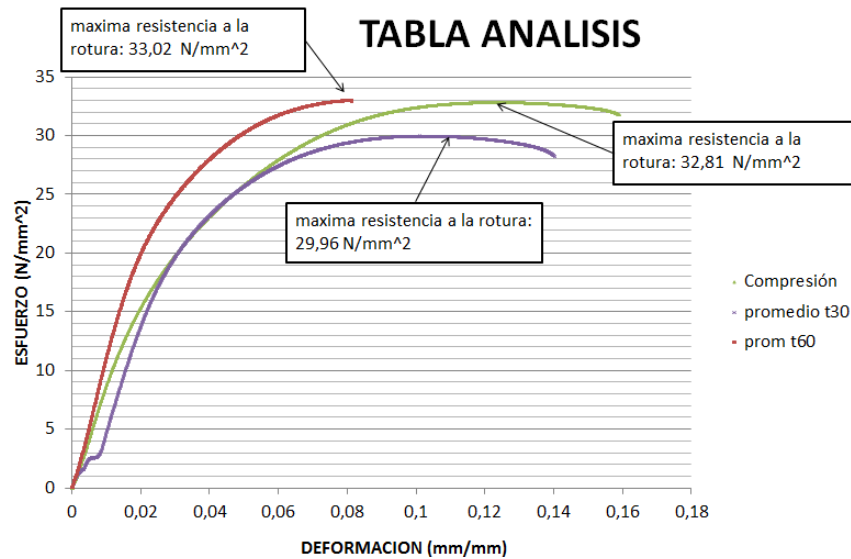


Figura 23: compilación de resultados para comparación de procesos.

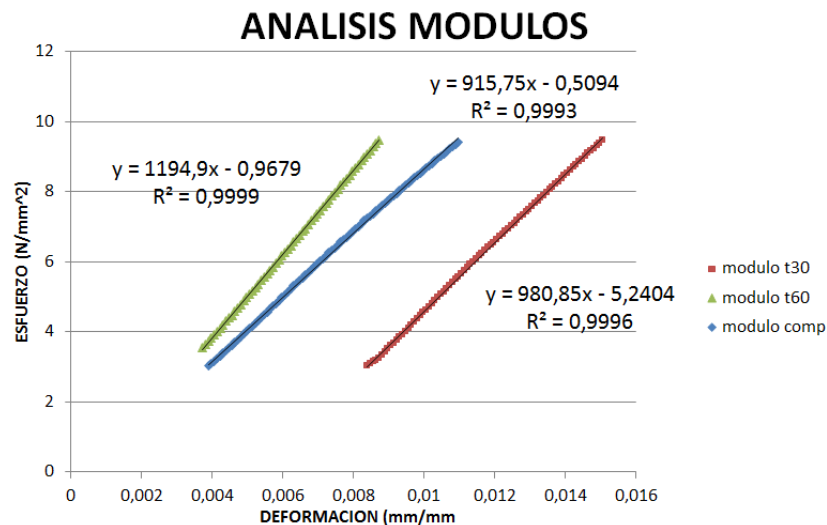


Figura 24: compilación de resultados para comparación de procesos.

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

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE PROCESOS.

Se dispone a mostrar en un cuadro comparativo los resultados obtenidos

Procesos	T30	T60	Compresión
Resistencia a la tracción	T30 < comp	T60 > comp	Comp > T30
	T30 < T60	T60 > T30	Comp < T60
Modulo de elasticidad	T30 < T60	T60 > T30	Comp < T30
	T30 < Comp	T60 > comp	Comp < t60

Tabla 8: tabla comparativa de resultados vs procesos.

Para el análisis de resultados se debe conocer 2 cosas muy importantes las cuales son porcentaje de cristalinidad y si las probetas por el proceso de moldeo tienen orientación de macromoléculas. Se mostrara en una tabla los porcentajes de cristalinidad para las probetas hechas por cada proceso de moldeo.

probetas	% de cristalinidad
Hechas por el método de Moldeo por inyección con temperatura de molde de 60 grados.	53 %
Hechas por el método de Moldeo por inyección con temperatura de molde de 30 grados.	45.4%
Hechas por el método de Moldeo por compresión.	58%

Tabla 9: tabla sobre porcentajes de cristalinidad para las probetas hechas por los diferentes procesos.

Sabiendo que las probetas hechas por inyección tienen una orientación de macromoléculas en el sentido en el cual el material entra al molde (sentido de inyección), esta condición favorece un mejor desempeño mecánico en esta dirección, lo cual se analizará con los resultados encontrados en el trabajo experimental.

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

Como era de esperarse las probetas hechas con temperatura de molde de 60°C mostraron mayor módulo de elasticidad y máxima resistencia a la rotura, ya que por el proceso de moldeo por inyección tuvo una orientación de las macromoléculas en el sentido de inyección y combinando esto con su porcentaje de cristalización se aumentó más las propiedades mecánicas a comparación de las probetas hechas con molde de 30 grados que tiene también una orientación de las macromoléculas pero su porcentaje de cristalización fue más bajo y las hechas por moldeo por compresión que tienen una orientación mínima pero un porcentaje de cristalinidad mayor a comparación de las probetas hechas por el proceso de inyección con temperatura de molde de 60. Con esto se puede decir que pesó más la orientación de las macromoléculas que el aumento mínimo de cristalización que tienen las probetas hechas por moldeo por compresión.

Siguiendo con los demás resultados mirando solo la máxima resistencia a la rotura entre el proceso de inyección con temperatura de molde de 30°C y el proceso de compresión. Pesó más el porcentaje de cristalización que la orientación de las macromoléculas por este motivo las probetas hechas por moldeo por compresión tuvieron mayor máxima resistencia a la rotura.

Aunque en el análisis de los resultados del módulo de elasticidad entre las probetas hechas por inyección con temperatura de molde de 30 °C y las probetas hechas por moldeo por compresión mostró como resultado mayor módulo de elasticidad en las probetas hechas por el proceso de inyección con temperatura de molde de 30°C. De lo cual se puede decir que es posible que se comporten de esa manera o se pueda causar por un error experimental en la medición de tensión, por deslizamiento de las probetas con las mordazas durante el ensayo. En estudios posteriores, se puede validar con una técnica más precisa de medición de módulos de elasticidad con extensómetros biaxiales.

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

5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Las investigaciones recogidas en el presente trabajo hacen una aportación al conocimiento de las propiedades mecánicas bajo los procesos de inyección y compresión, ya que ambos establecieron conocimientos sobre la influencia de las condiciones del proceso en las propiedades mecánicas. al momento de inyectar se generan orientaciones de macromoléculas, que aumenta las propiedades mecánicas en sentido de flujo de inyección, sumado a esto, el porcentaje de cristalización del material durante el proceso es también importante a la hora de tener unas buenas propiedades mecánicas.
- Al evaluar el desempeño mecánico por tensión de piezas termoplásticas, fabricadas por el proceso de inyección y el moldeo por compresión, se concluye que de acuerdo a las pruebas hechas en la maquina universal de ensayos y los resultados obtenidos, las probetas hechas por inyección con temperatura de molde de 60-°C tuvieron mejores propiedades mecánicas que los otros procesos, ya que tuvo menor porcentaje de cristalización que las probetas hechas por compresión pero mayor orientación de macromoléculas y esto fue suficiente para tener mayores propiedades mecánicas.
- El presente trabajo supone un avance en el camino de comprender el efecto de las propiedades mecánicas en los procesos de inyección y compresión. Sin embargo, a pesar de la acumulación de datos experimentales y las particularidades de los resultados, en este caso sigue abierto a posteriores desarrollos, ya que la forma de encontrar la propiedad mecánica módulo de elasticidad no fue la más correcta. Se sugiera emplear otra técnica, como lo es el uso de extensores biaxiales.
- Entre los aspectos que pueden considerarse en futuros trabajos de investigación se debería incluir en las pruebas de tensión el uso de extensómetro para poder encontrar y confirmar si el modulo de Young encontrado en este trabajo si se comporta de esa manera para cada proceso de moldeo. Además de eso en la elaboración de las probetas hechas por compresión al momento de cortarlas encontrar un método más eficiente para sacar probetas normalizadas con mejores proporciones, ya que la forma de la probeta (rectangular) puede tener algún efecto en la resistencia a tensión.
- En otros estudios propuestos mirar más detalladamente la cristalización de las probetas de los diferentes procesos propuestos y que tanto la orientación en las probetas hechas por inyección aumentan las propiedades mecánicas.

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

- Se encontró que el efecto de la temperatura de molde tuvo un efecto crítico en el grado de cristalización, y por lo tanto, en las propiedades mecánicas. Sin embargo, no se obtuvo un efecto significativo en el grado de orientación, que propiciara una mayor diferencia entre el proceso de inyección vs compresión. Promoviendo condiciones de proceso de inyección con mayor grado de orientación se puede aumentar la diferencia de propiedades mecánicas entre piezas inyectadas y piezas por moldeo de compresión.
- Para las dos condiciones de temperatura de molde de inyección, este cambio fue crítico en el grado de cristalización, que fue el que propició finalmente una mayor resistencia mecánica. Sin embargo, no se puede concluir aun un efecto sobre el grado de orientación, por lo que se propone para posteriores estudios evaluar las propiedades mecánicas de piezas inyectadas a condiciones de proceso que promuevan cambios significativos en el grado de orientación, tales como velocidad de inyección, niveles de presión de mantenimiento, temperatura de inyección entre otros.

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

REFERENCIAS

alfonzo, m. g.-j. (2009). *estudio de las propiedades mecánicas de los materiales poliméricos comerciales en colombia*. universidad pontificia bolivariana seccional bucaramanga, bucaramanga.

alvarez, f. b. (s.f.). *uniovi*. Obtenido de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

daniela carolina, s. m. (2012). *estudio de la deformacion a traccion de peliculas plasticas d638 vs atm d882*. universidad simon bolivar, sartenejas.

DeWolfe, A. (6 de 6 de 2010). *ADMET*. Obtenido de <http://info.admet.com/videos/bid/42915/How-to-Perform-an-ASTM-D638-Plastic-Tensile-Strength-Test>

hernandez, j., metrio, f., & mazo, i. (2015). *estudio de termoplasticos inducido por el proceso de inyeccion*.

Michaeli, Greif, Kaufmann , & Vossebürger . (s.f.). *"Introducción a la tecnología de los plásticos"*. Hanser.

OTROS, M. F. (2008). *"Materiales para ingeniería"* . reverté .

Ramos , C., & De María Ruiz M.R.. (1988.). *INGENIERÍA DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS*. Ed.Días de Santos S.A. .

SMITH, W. F. (s.f.).


SMITH, W. F. (s.f.). *"Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales"*. Madrid: McGraw-Hill.

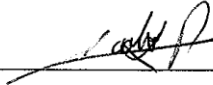
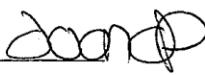
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

APÉNDICE

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

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

FIRMA ESTUDIANTES 

FIRMA ASESOR  

FECHA ENTREGA: 08/10/2015.

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____