

RECOMENDACIONES PARA EL PROCESAMIENTO DEL POLIPROPILENO POR INYECCIÓN

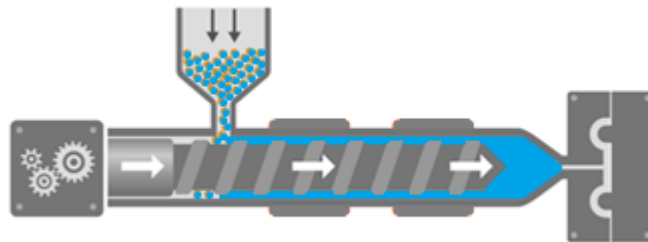
A continuación, se muestra esquemáticamente el proceso de moldeo por inyección y algunas sugerencias para el procesamiento de los polipropilenos de ESENTTIA a través de este proceso.

Para una mejor comprensión, se presentan cada una de las etapas que involucra el proceso de forma separada, así como los parámetros asociados a cada una y los posibles efectos que se pueden presentar al tener una desviación de los valores ideales para cada uno de dichos parámetros.

ETAPAS DEL PROCESO DE INYECCIÓN

Etapa 1: Plastificación

Esta etapa comprende la alimentación a la unidad de plastificación y fundido del material. La plastificación es el proceso de transformar el material virgen que generalmente se encuentra en forma granular a un estado de masa fundida, por lo que se requiere garantizar una temperatura y mezclado adecuados para lograr homogeneidad física y térmica.



ESENTTIA

es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668.8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

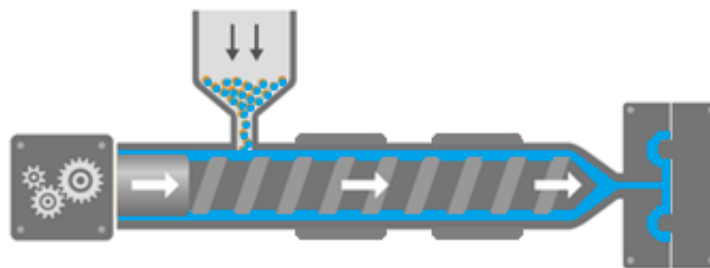
Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co

Tabla 1. Parámetros asociados a la Etapa 1 de inyección

Parámetro	Ideal	Por encima	Por debajo
Temperatura	180 - 240 °C Punto Inicial: 220 °C	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor gasto energético - Mayor tiempo de enfriamiento - Degradación del material - Menor viscosidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Material sin fundir - No homogeneidad del color - Líneas de unión más marcadas - Superficies deficientes - Mayor cizallamiento - Mayores orientaciones
Recorrido de dosificación	1D – 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Se crean burbujas de aire - Descomposición del material 	<ul style="list-style-type: none"> - Llenado imperfecto - Mayor contracción
Contrapresión	50 – 100 psi	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor cizallamiento - Mayor tiempo de plastificación 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja homogeneidad - Desgasificación deficiente - Menor tiempo de plastificación

Etapa 2: Llenado o inyección:

Esta etapa comprende desde el momento en el que se inicia el llenado de la cavidad hasta el punto en el que se conmuta a efectuar presión de sostenimiento.



ESENTTIA
es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co



Tabla 2. Parámetros asociados a la Etapa 2 de inyección

Parámetro	Ideal	Por encima	Por debajo
Temperatura del molde	<p>15 – 66 °C</p> <p>Punto inicial: 20°C</p> <p>T altas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facilitan el llenado del molde - Mejora terminado superficial (brillo) <p>T bajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de tiempos de ciclo - Reducción de la contracción - Mejora la expulsión de la pieza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deformaciones en la pieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Generación de geles - Fragilidad de la pieza - Rayas
Presión de Inyección	<p>Depende del tamaño y configuración de la pieza</p> <p>Generalmente: 800-1400 psi (55-97 bar)</p> <p>Punto inicial: 60% capacidad total del sistema</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Quemaduras - Problemas de adhesión al molde 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas de dispersión - Encogimiento - Huecos - Llenado incompleto
Velocidad de inyección	<p>Depende del tamaño y configuración de la pieza</p> <p>Determinación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudio de llenados parciales - Uso de herramientas de simulación - Evaluar presión de cavidad durante el llenado 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta demanda de presión (mayores esfuerzos cortantes) - Recalentamiento y degradación del polímero - Presión requerida mayor a presión disponible - Aire atrapado 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta demanda de presión - Llenado incompleto de la cavidad - Defectos superficiales (estrías) - Acento de líneas de unión

ESENTTIA
 es una marca registrada de
 Polipropileno del Caribe S.A.
 NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
 Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
 Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
 A.A. 4336 - Vía Mamonal,
 Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
 sac@esenttia.co
 www.esenttia.co

Parámetro	Ideal	Por encima	Por debajo
	- Como última opción programar inicio lento para formación de frente de flujo y final rápido para facilitar conmutación a pospresión.	- Zonas mate a la entrada de la cavidad - Defoliación	- Problemas de brillo en la superficie

Etapa 3: Sostenimiento de presión

Esta etapa inicia en el punto de conmutación y finaliza al terminar la presión de sostenimiento por lo que abarca dos etapas: la compresión y el sostenimiento. Su objetivo es adicionar material fundido bajo presión con el fin de compensar la contracción del material durante el enfriamiento.

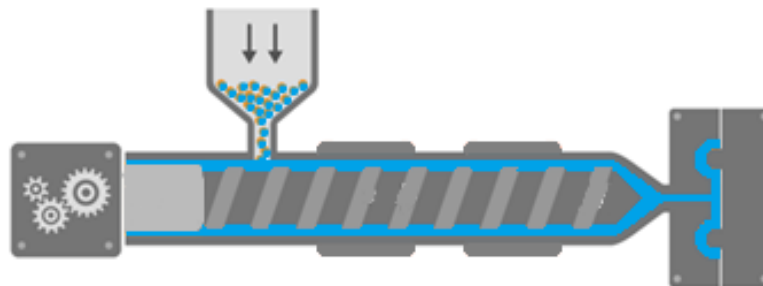


Tabla 3. Parámetros asociados a la Etapa 3 de inyección

Parámetro	Ideal	Por encima	Por debajo
Presión de sostenimiento (pospresión)	500 – 1100 bar Punto inicial: 800 bar	- Rebabas - Daño del molde	- Rechupes - Poros - Diferencias en dimensiones
Conmutación a presión de sostenimiento	Transición suave de la fase de llenado volumétrico a la de sostenimiento de presión.	(Tardía) Pico de presión por encima de la de sostenimiento - Rebabas	(Temprana) Caída en la presión. Llenado de la cavidad bajo presión de sostenimiento

	Método ideal: Presión *Ver consejos de ajuste	- Orientaciones adicionales en la pieza	
Tiempo de sostenimiento	El necesario para llegar al punto de sellado (solidificación del punto de inyección)	- Aumento innecesario del tiempo de ciclo	- Orientaciones adicionales - Fluctuaciones de peso de las piezas - Rechupes

Etapa 4: Enfriamiento, apertura y cierre

La etapa de enfriamiento empieza en el momento en que el material entra en la cavidad y termina en el momento en el que se abre el molde y se extrae la pieza.

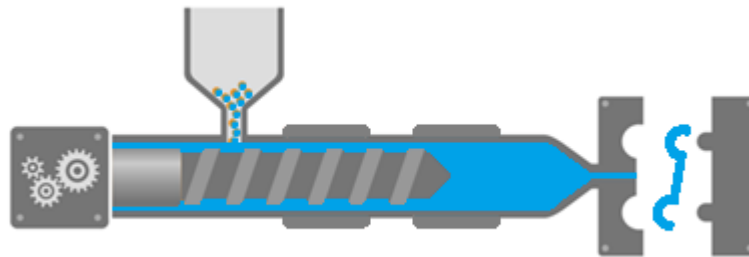


Tabla 4. Parámetros asociados a la Etapa 4 de inyección

Parámetro	Ideal	Por encima	Por debajo
Tiempo de enfriamiento	Suficiente para enfriar la pieza antes de retirarla del molde, preferiblemente a aproximadamente 50 °C	Lento: Mejor calidad. Puede llevar a pérdida de productividad	- Aumento de la deformación - Hundimiento - Encogimiento



CONSEJOS ADICIONALES PARA EL PROCESAMIENTO DE PP

Secado:

Aunque el polipropileno no requiere de secado, si se llega a hacer necesario, usualmente se usan temperaturas de 79° C por un tiempo de dos horas. Esto depende del grado de humedad del material.

Uso de colores:

Para lograr la mayor dispersión del color en el polipropileno, use masterbatch de color cuya base sea polipropileno con una fluidez (Melt Flow) cercana o mayor a la de la resina con la que se está mezclando.

Uso de remolido:

Es posible utilizar material remolido mezclado con material virgen. Sin embargo, éste debe considerarse como un material diferente por lo que puede presentar índice de fluidez mayor, posible decoloración (amarillamiento) y propiedades mecánicas ligeramente menores. Se sugiere como punto de partida utilizar 20% de material remolido y ajustar la cantidad de acuerdo con las propiedades y apariencia aceptables para la pieza.

ESENTTIA

es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co

CONSEJOS DE AJUSTE ASOCIADOS AL PROCESO DE INYECCIÓN

a. Llenado gravimétrico y llenado volumétrico

En la figura 1 se observa un diagrama típico de la presión en la cavidad de un molde para un ciclo correcto.

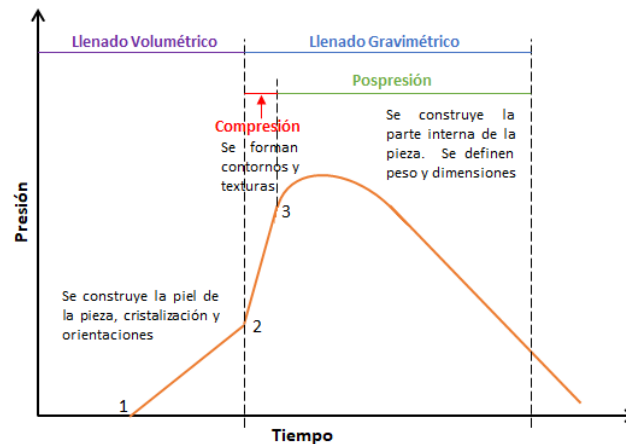


Figura 1: Presión en la cavidad de un molde

En la primera parte del diagrama, entre los puntos 1 y 2, se produce lo que se conoce como llenado volumétrico de la cavidad. Durante esta etapa se inyecta entre el 90% y 95% del material total. Es ideal que durante este llenado se mantenga una velocidad de frente de flujo constante, para lo cual es necesario aumentar progresivamente la presión. Durante esta etapa se determinan propiedades de la pieza final como su apariencia superficial, la orientación y la cristalización, lo cual tiene efecto sobre las propiedades mecánicas. Entre los posibles defectos que pueden ocurrir en esta etapa se encuentran llenado incompleto, estrías, líneas de unión y problemas de brillo¹.

Del punto 2 en adelante se produce el llenado gravimétrico. Durante esta etapa el material toma la forma de la cavidad y se inyecta material para compensar la contracción térmica del material, es decir, el volumen permanece constante mientras que la masa aumenta. Para iniciar esta etapa se conmuta la bomba hidráulica que gobierna el movimiento del tornillo a un modo de alta presión. Durante esta fase se determinan características de la pieza como sus dimensiones, peso, texturas y otras.

Entre los posibles defectos que pueden ocurrir en esta etapa se encuentran la formación de rebabas, rechupes y marcas de los expulsores.

ESENTTIA
es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co

¹ J. W. Moreno, El ciclo de inyección en termoplásticos, 2007

b. El punto de conmutación:

Es el instante en el que se pasa de presión de inyección (llenado volumétrico) a presión de sostenimiento (llenado gravimétrico). En las siguientes figuras se aprecia la curva de presión cuando se realiza una conmutación temprana y tardía respectivamente



Figura 2: Conmutación temprana

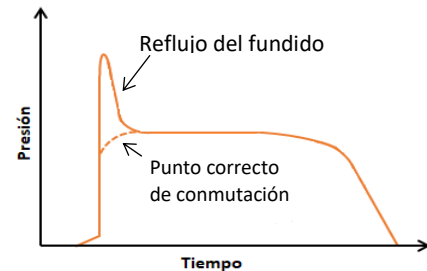


Figura 3: Conmutación tardía

El cálculo de este punto es fundamental para evitar problemas como reflujo del fundido o llenado bajo presión de sostenimiento (caída de presión).

¿Cómo calcularlo?

Conmutación por tiempo	Conmutación por posición	Conmutación por presión
<ul style="list-style-type: none"> • Método bastante Impreciso • Insensible a perturbaciones de proceso • Buenos resultados solo para piezas grandes y de gran espesor • Tiempo de inyección determinado a partir del recorrido del husillo para llenado volumétrico y la velocidad de inyección • Valor de tanteo inicial: 0.8 - 0.9 veces el tiempo de inyección. 	<ul style="list-style-type: none"> • Más preciso que el método de tiempo • Disminuye variaciones de peso y propiedades de la pieza debido a cambios en la velocidad de inyección • Valor de tanteo recomendado 85 - 95% del recorrido del husillo para llenado volumétrico 	<ul style="list-style-type: none"> • El método más preciso • Se pueden emplear programas de simulación para encontrar el valor de presión en el sitio del sensor cuando la cavidad se llena • Se requieren sensores en la cavidad, la cámara de plastificación o el sistema hidráulico pero la mejor opción es en la cavidad.

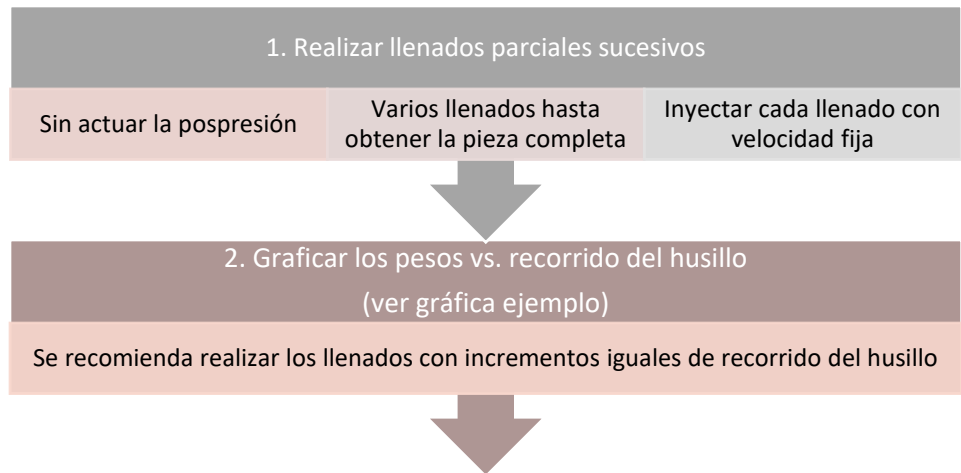
ESENTTIA
es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co

c. Estudio de llenados parciales



Recorrido Husillo (cm)	Peso (gr)	Presión inyección (bar)
3	3	100
6	4	105
9	5	110
12	6,5	120
15	8	150
18	11	200
21	15	250
24	19	300
27	25	305
30	29	310
33	33	320
36	37	350
39	38	400
41	38,5	500
44	39	1000

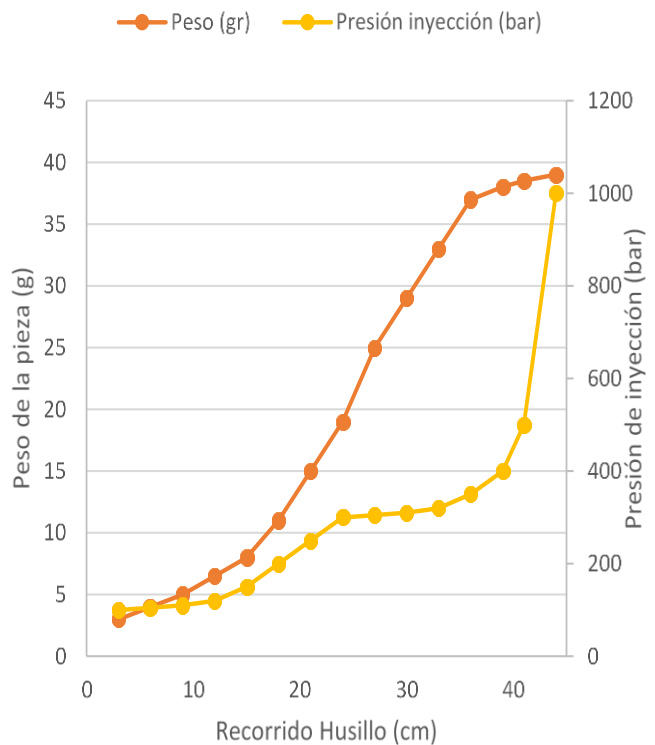


Figura 4: Grafica de llenados parciales

ESENTTIA
es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co



Convertir el peso de las piezas en % de volumen inyectado:
Dividir por el factor de conversión del material

Para el caso del ejemplo, con PP el factor es 0.73 que corresponde al valor corregido de densidad del material a la temperatura típica de trabajo

$$\text{Ejemplo: } V = \frac{3g}{0.73} = 4.1 \text{ cm}^3$$

Recorrido Husillo (cm)	Peso (gr)	Volumen inyectado (cm ³)	% Volumen inyectado
3	3	4,1	8%
6	4	5,5	10%
9	5	6,8	13%
12	6,5	8,9	17%
15	8	11,0	21%
18	11	15,1	28%
21	15	20,5	38%
24	19	26,0	49%
27	25	34,2	64%
30	29	39,7	74%
33	33	45,2	85%
36	37	50,7	95%
39	38	52,1	97%
41	38,5	52,7	99%
44	39	53,4	100%

ESENTTIA
es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

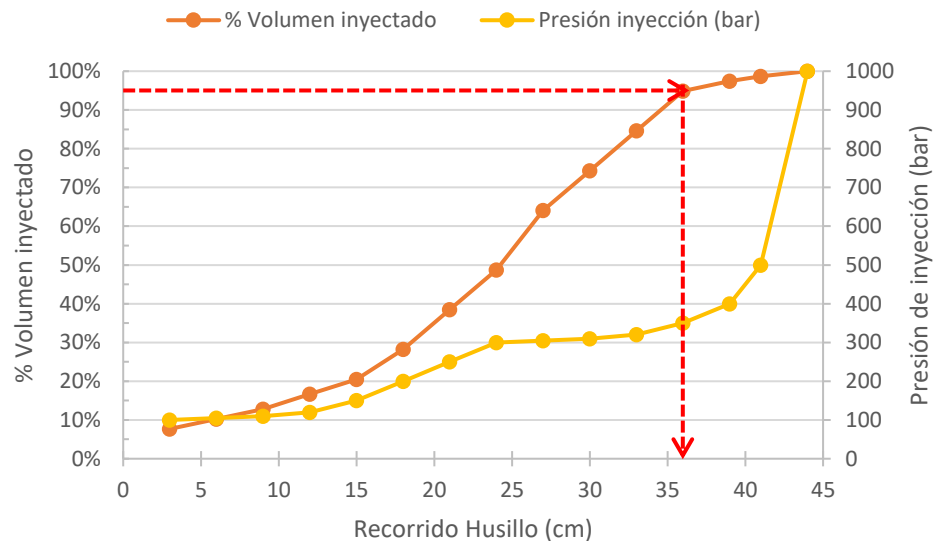
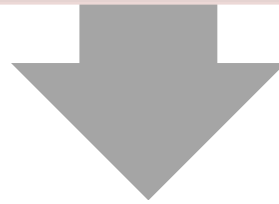
Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co

Determinar el recorrido del husillo necesario para inyectar un volumen de masa igual al requerido por el molde.

Como valor inicial, calcular recorrido para 95% de volumen de llenado. Este será el punto de conmutación a presión de sostenimiento

Para el caso del ejemplo, el punto de conmutación estaría aproximadamente en 36cm

El punto coincide con el momento en el que comienza a aumentar la presión de inyección



ESENTTIA
es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co

d. Duración de la presión de sostenimiento:

Igual de importante que la presión de sostenimiento es la duración de esta etapa que se puede calcular mediante dos métodos²:

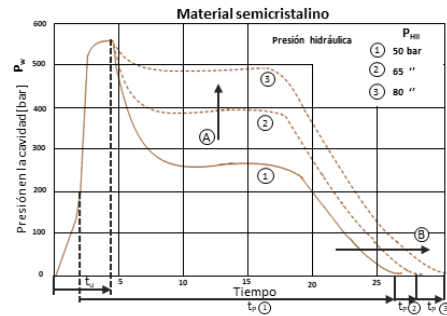


Figura 3: Medición de la presión en la cavidad

- Momento en el cual la presión deja de tener efecto sobre la presión de la cavidad
- Masa se solidifica en los canales de alimentación o a la entrada de la cavidad: sellado de la cavidad

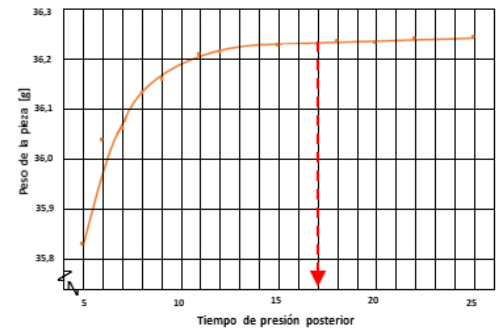


Figura 4: Peso del artículo

- Se aumenta lentamente la duración de esta presión y se toma el peso de la pieza
- Se determina el momento en el que ya no se presente variación en el peso

e. Velocidad del frente de flujo:

Es ideal realizar la inyección de material en la cavidad del molde a velocidad constante del frente del flujo de material dado que esto conduce a tasas de cizalladura constantes y por tanto una distribución de temperaturas y estado de orientaciones bastante regular en la superficie de la pieza.

ESENTTIA
es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co

² Naranjo, A. (2002). *El ciclo de inyección de termoplásticos y sus posibilidades de optimización*. ICIPC.



POLIPROPILENO DE ALTA FLUIDEZ - Procesos más eficientes y productos más rentables

Dos de las principales tendencias de desarrollo para el polipropileno corresponden a materiales que permitan mejorar la productividad y fabricar productos de menor peso.

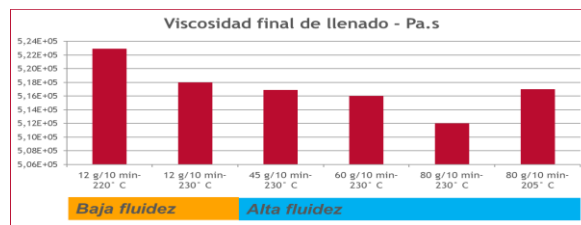
Algunas de las propiedades de los polipropilenos de alta fluidez (valor de MF mayor a 35 g/10 min – ASTM D1238) que contribuyen a alcanzar dichos objetivos son:

Mayor productividad

- Potencializan la generación de ahorros por consumo de energía y reducción de tiempos de procesamiento.
- No requieren de temperaturas y presiones de procesamiento muy altas
- Por su alta fluidez y baja viscosidad facilitan el llenado de moldes con formas irregulares o paredes delgadas

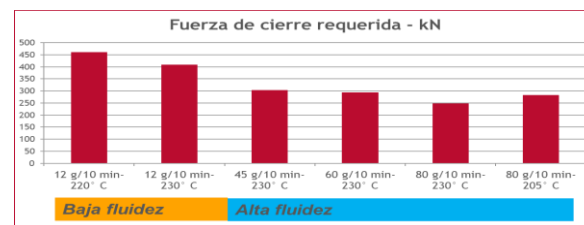
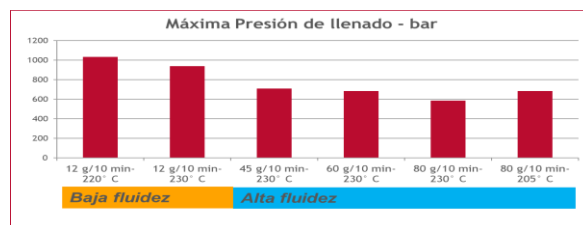
Menor peso

- Debido al bajo grosor de pared y las altas relaciones longitud/grosor usadas, grados de alto MF hacen posible la inyección de este tipo de productos.
- Mantener las propiedades mecánicas con altos MF



Reduciendo en 15-20° C de temperatura de procesamiento, un material de alta fluidez presenta un mejor desempeño de flujo en el molde comparado con un material de baja fluidez (12 g/10 min)

Se requerirían en promedio presiones de inyección 26% menores al usar polipropilenos de alta fluidez, lo que ayuda a controlar defectos como rebabas en el producto o acumulación de esfuerzos en la pieza.



Hasta 30% menos de fuerza de cierre en su sistema de inyección, lo cual pone a su disposición los equipos convencionales para moldes de alto requerimiento de cierre

ESENTTIA
es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co



Para mayor información, por favor comuníquese con nuestro departamento de Investigación y Desarrollo a través del mail asistencia.tecnica@esenttia.co o al teléfono +571 5960220.

Descargo de responsabilidad:

Toda la información aquí descrita debe entenderse como una guía en el comportamiento y aplicabilidad de nuestras resinas y está basada en datos que nos han sido suministrados y creemos que son correctos a la fecha de publicarse, no obstante no hacemos garantía expresa o implícita de la exactitud de esos datos o del resultado que de ellos se obtenga o de cualquier error de imprenta. Es responsabilidad del cliente inspeccionar y ensayar nuestros productos para su propia satisfacción como para verificar la conveniencia del producto para los propósitos particulares del cliente. El cliente es también responsable del adecuado, seguro, uso legal, procesamiento y manipuleo de nuestros productos.

En vista de los muchos factores que pueden afectar el proceso y aplicación, esta información no exonera al procesador de llevar a cabo sus propios análisis y experimentos; tampoco implica alguna manifestación de responsabilidad legal de ciertas propiedades y uso para un propósito específico. Es responsabilidad de aquellos a quienes suministramos nuestros productos asegurarse que los derechos de propiedad y leyes vigentes sean cumplidos. ESENTTIA declina toda responsabilidad derivada directa o indirectamente de la utilización de la misma. Al igual no se garantiza ni debe suponerse ausencia de protección de patentes.

La información es aplicable a los materiales tal como salen de las instalaciones de producción y no cubre ningún tipo de aditivo, pigmento, etc., posteriormente incluidos por el convertidor. Es responsabilidad del cliente obtener toda la información necesaria relacionada con materiales de terceras partes y asegurarse que los productos de ESENTTIA cuando son usados en conjunto con esos materiales son adecuados para el propósito particular del cliente. Ninguna responsabilidad legal puede ser aceptada con respecto al uso de los productos de ESENTTIA en conjunción con otros materiales.

El producto debe ser almacenado en condiciones secas y temperaturas por debajo de los 40 °C, protegiéndolo de la luz UV. Un Almacenamiento no adecuado puede iniciar su degradación, resultando en generación de olor y cambios de color y posiblemente proporcionando efectos negativos en las propiedades físicas del producto. Si el polímero es almacenado en condiciones de alta humedad o temperaturas variables entonces la humedad atmosférica puede condensarse dentro del empaque. Si esto sucede es recomendable secar los pellets antes de usarlo. Durante su almacenamiento el polipropileno no debe ser expuesto a la radiación de los rayos ultravioletas. El productor no asume responsabilidad por los daños causados por un mal almacenamiento.

ESENTTIA
es una marca registrada de
Polipropileno del Caribe S.A.
NIT: 800.059.470-5

(57) 1 596 0220
Carrera 10 # 28-49 Piso 27,
Bogotá, Colombia.

(57) 5 668 8700
A.A. 4336 - Vía Mamonal,
Cartagena, Colombia

Servicio al Cliente
sac@esenttia.co
www.esenttia.co