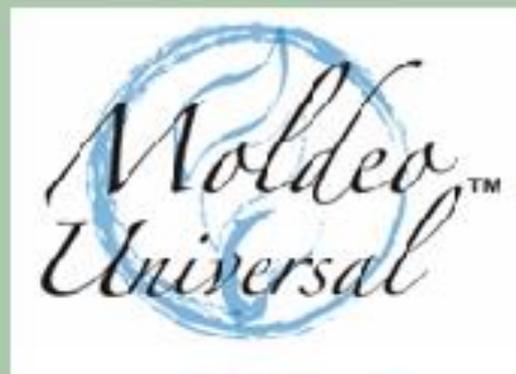


***Dilán Interactive Learning***

***presenta***



***Moldeo Universal I -  
Introducción***



*Dilán Interactive Learning*

[www.free2learnit.com](http://www.free2learnit.com)



## ¿Qué es Moldeo Universal™?

Moldeo Universal™ (MU™) es una disciplina de optimización de procesos de moldeo por inyección.

Esta se desarrolló con la colaboración de la:

- Industria plástica Caribeña y la
- Academia (UPR Mayagüez, Puerto Rico)



1





## *El antiguo enfoque de producción de piezas plásticas:*

Enfocado en el volumen de producción sin tomar en cuenta la minimización de recursos ni la maximización de calidad, a cambiado debido a las exigencias de los clientes, al aumento de costos operacionales y a la competencia global.



2





## *El nuevo enfoque de producción:*

Utilizar metodologías de optimización de procesos comprobadas, mediante técnicas de moldeo organizadas y científicamente respaldadas.

**MU<sup>TM</sup>** combina trasfondos técnicos y científicos con el objetivo de aumentar la eficiencia de los procesos, disminuir los costos de los productos y recortar los ciclos de manufactura.





Algunas de las técnicas trabajadas son:

- 1- Reología en máquina inyectora
- 2- Reología aproximada
- 3- Diseño de Experimento (DOE)

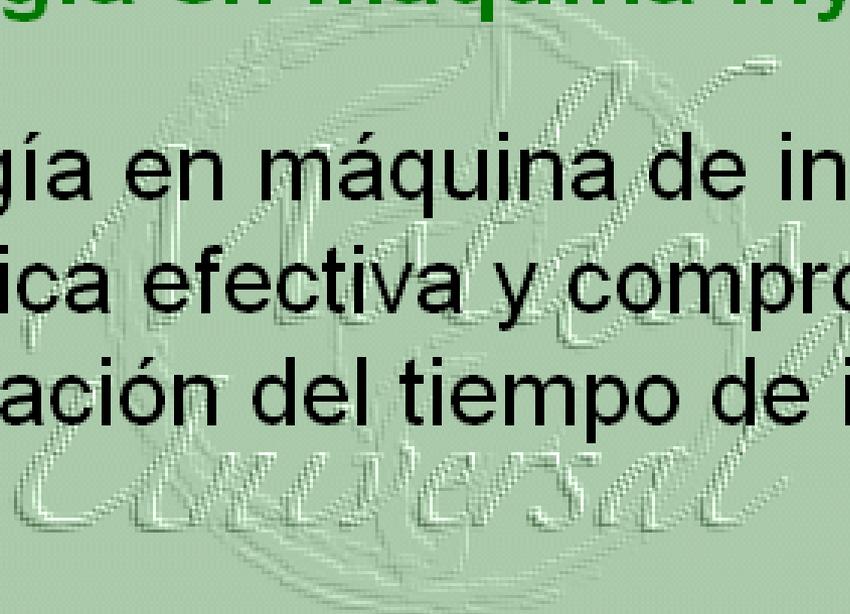




Algunas de las técnicas trabajadas son:

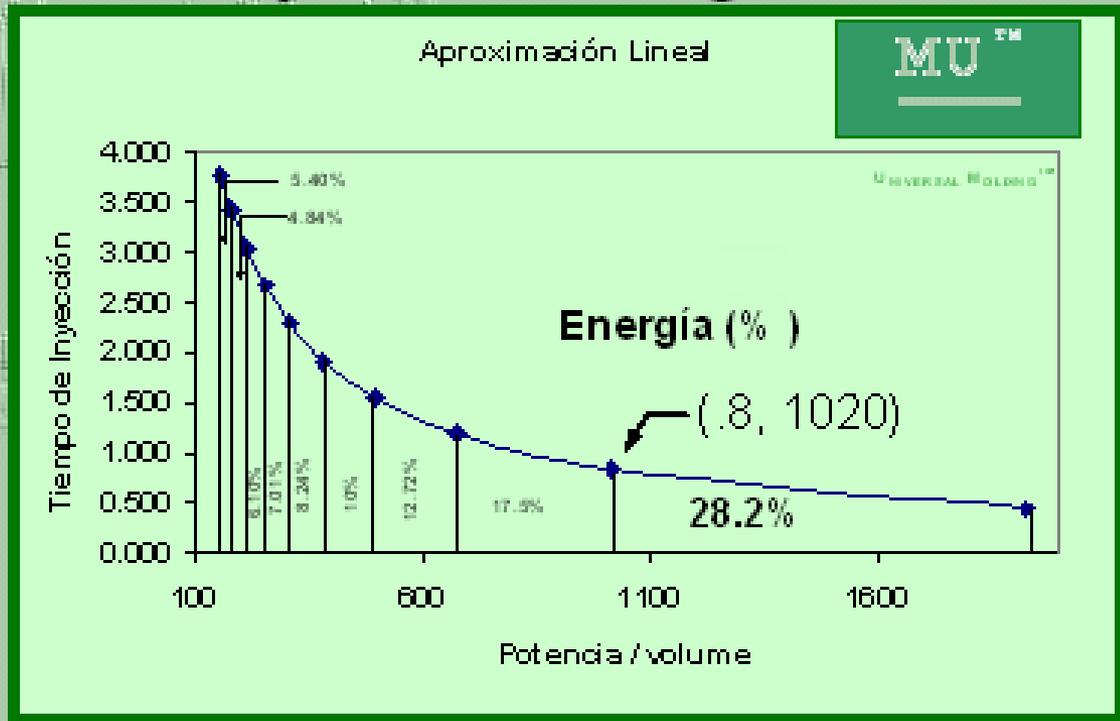
## 1- Reología en máquina inyectora

La reología en máquina de inyección es una técnica efectiva y comprobada en la determinación del tiempo de inyección.

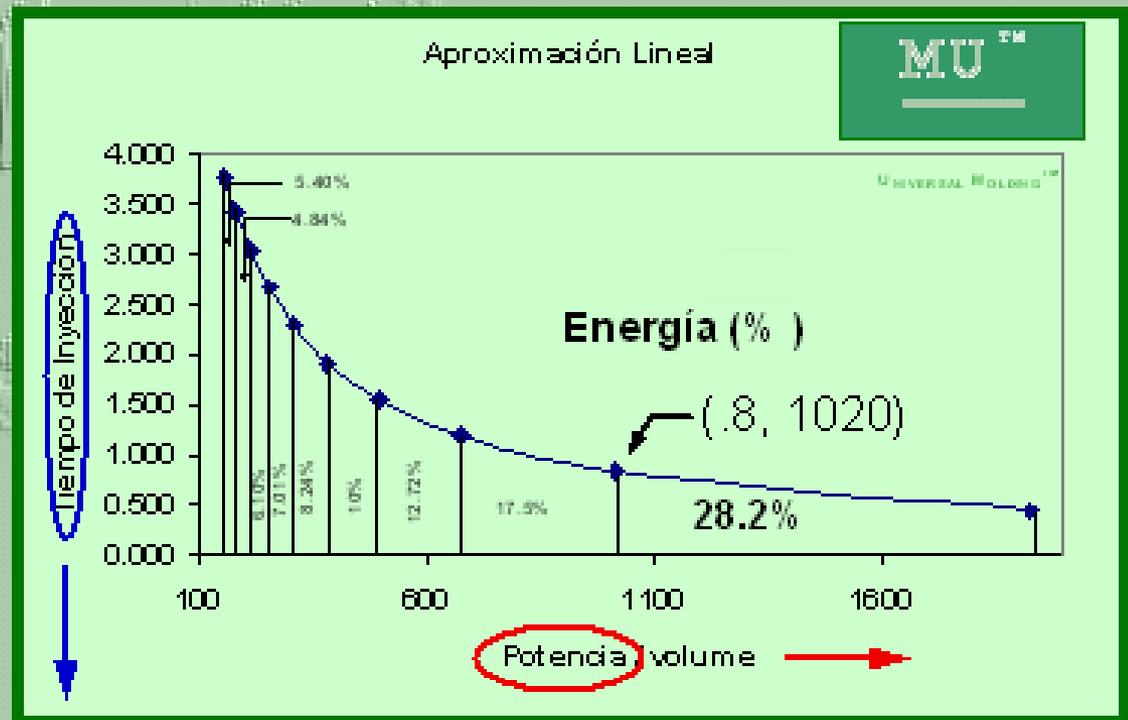




La gráfica muestra el efecto del tiempo de inyección en la potencia por unidad de volumen, donde el área bajo la curva representa el porcentaje de energía consumido por cada decremento en el tiempo de inyección.

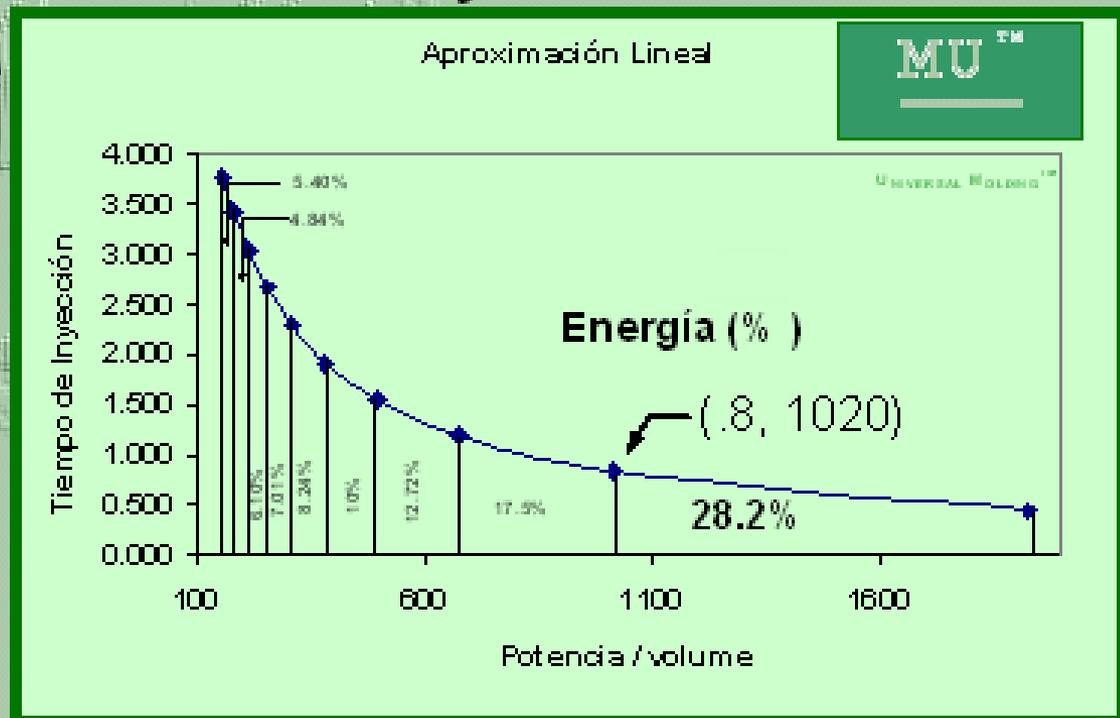


Note que la potencia aumenta cuando se disminuye el tiempo de inyección.



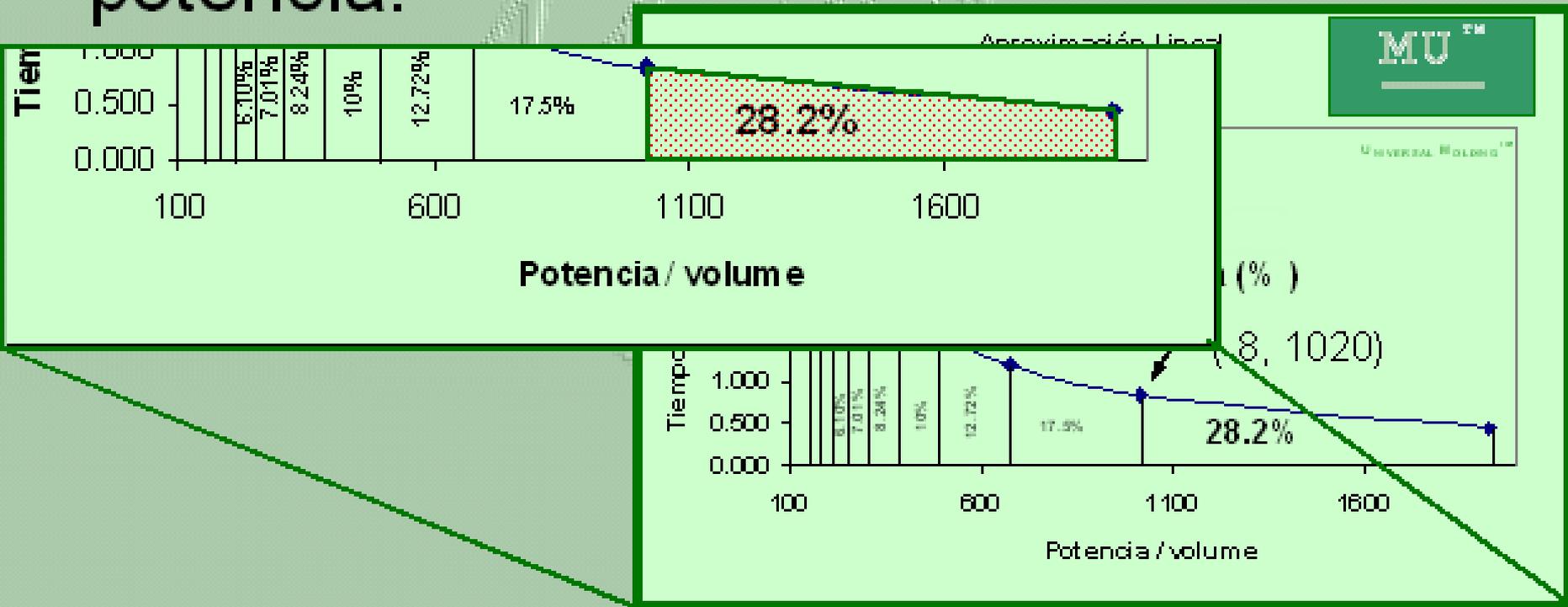


Esta gráfica revela que la potencia requerida a altos flujos de inyección es considerablemente alta o la energía consumida por la unidad inyección es más significativa a bajos tiempos de inyección.





La idea es seleccionar un tiempo de inyección en la zona donde el tiempo deja de contribuir con aumento en potencia.





Otra gráfica similar es la gráfica de viscosidad contra velocidad cambiante (“Shear Rate” en inglés); donde la viscosidad del fundido disminuye con el aumento en velocidad cambiante.

Este comportamiento se le llama en inglés “Shear Thinning”.





## 2- Reología aproximada

El desarrollo de un laboratorio de reología en una máquina de inyección consume tiempo y recursos.

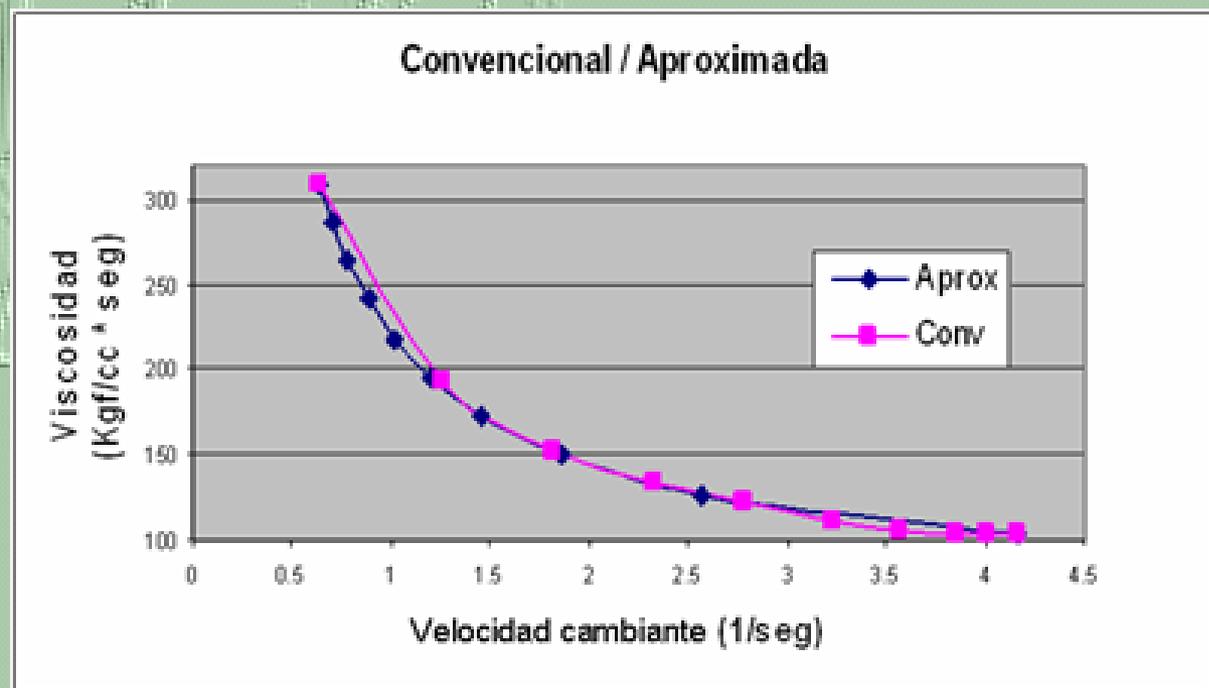
Con la reología aproximada, una técnica matemática de predicción, el laboratorio se efectúa en menos de una 3ra parte del tiempo.



10



Las gráficas de viscosidad contra velocidad cambiante compara los dos métodos; reología en máquina convencional y el método aproximado.





*¿En un laboratorio de optimización de procesos, cuál de los dos métodos debo utilizar, el convencional o el aproximado?*

La preferencia es el aproximado, ahora ambos procesos funcionan conceptualmente igual.

La diferencia está en que el matemático consume menos tiempo y recursos.





## *¿Existe una ecuación para la determinación del tiempo de inyección?*

Correcto, la determinación del tiempo de inyección es por medio de una ecuación de predicción y no por medio del criterio o la interpretación de una gráfica.





Durante el desarrollo de **MU™** se estableció que todo parámetro debe ser determinado por medio de procedimientos claros y ecuaciones.

Esto se estableció con el propósito de garantizar resultados similares entre moldeadores.

### 3- Diseño de Experimento (DOE)

El DOE es una técnica estadística poderosa y de efectividad probada en la optimización de procesos, que se ha acoplado al **MU™** para predecir la contribución de efectos, como el encogimiento.

**Efecto =**

**Función (Presión, Temperatura, Tiempo)**

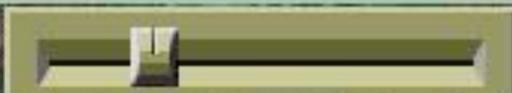
# ¿Qué conocimientos se requieren para efectuar un DOE?

Simple algebra; una de las reglas establecidas en **MU™** es utilizar metodologías simples con procedimientos claros que funcionen.

Es por esto que recomendamos utilizar modelos de DOE simplificados: ecuaciones lineales, con un máximo de 3 factores (parámetros) y dos niveles (alto y bajo).



Esto es únicamente posible si el diseñador entiende a cabalidad los procedimientos de **MU<sup>TM</sup>** o cualquier otra disciplina científicamente comprobada.





## *¿Por qué se debe saber de una disciplina de moldeo por inyección antes de efectuar un DOE?*

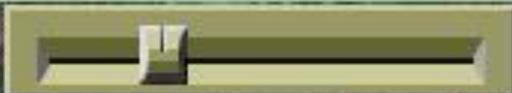
Es recomendable ya que los procesos de moldeo por inyección tienen múltiples parámetros de proceso.

Durante el estudio de un efecto la selección de los posibles candidatos causantes del efecto se puede reducir si se entiende la contribución de cada parámetro.





De no ser así la predicción se puede convertir extendida y tediosa con resultados no necesariamente los mejores.



19

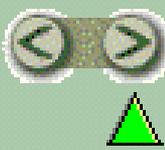




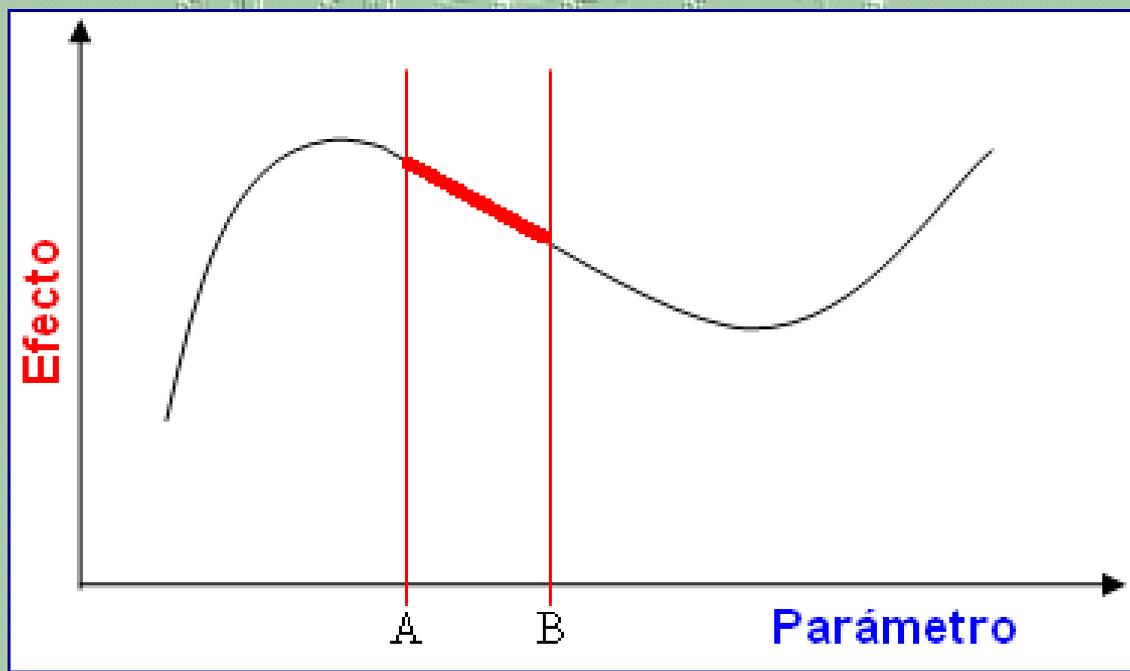
*¿Si los comportamientos de los polímeros son no lineales, cómo es que utilizaremos ecuaciones lineales?*

Simple, el comportamiento no lineal se puede analizar como lineal si el rango estudiado es lo suficientemente pequeño.





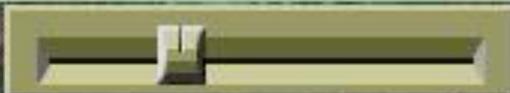
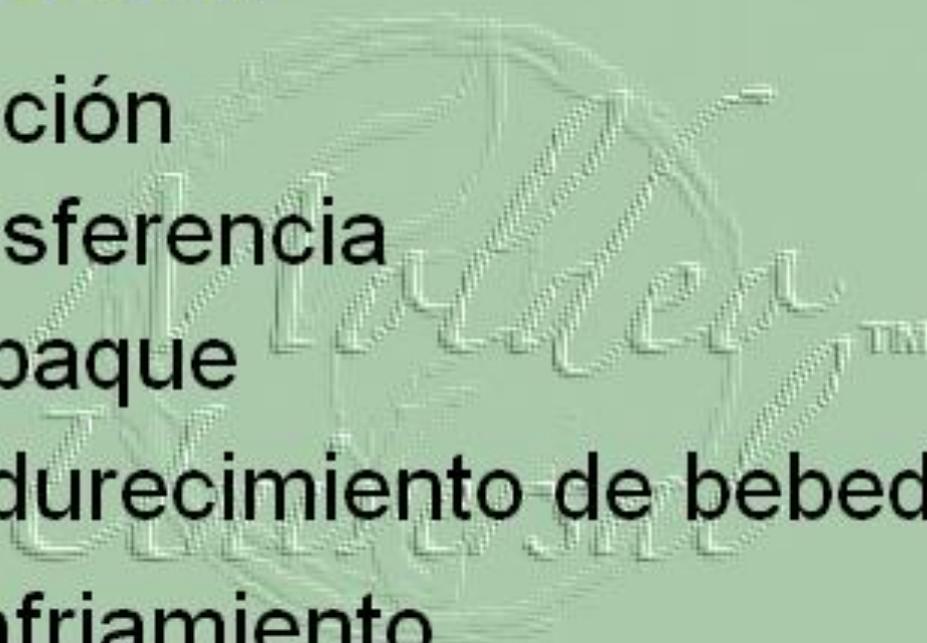
Considere un efecto no lineal igual al ilustrado en la grafica, entre el rango AB el comportamiento se puede presumir relativamente lineal.





## *Fundamentos básicos del proceso de inyección:*

- Inyección
- Transferencia
- Empaque
- Endurecimiento de bebederos
- Enfriamiento
- Plastificación



## Inyección

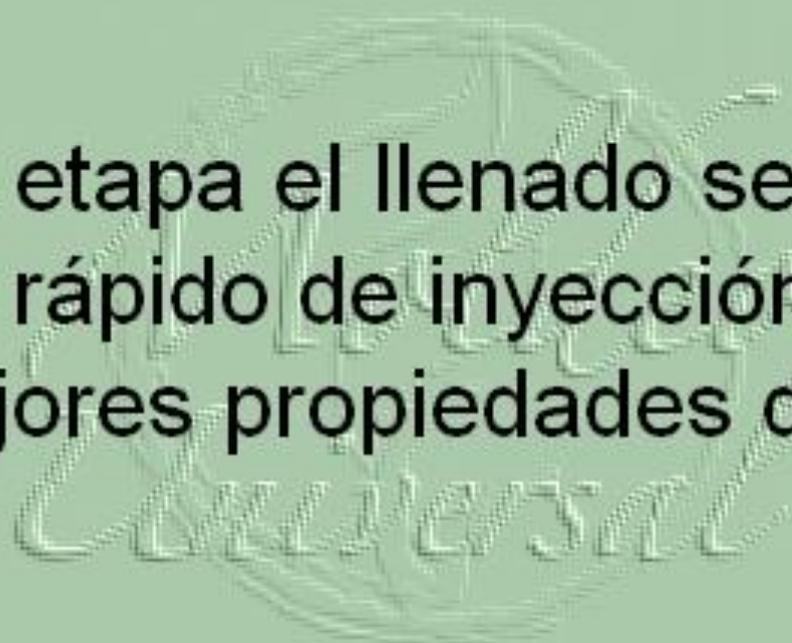
En la etapa de inyección buscamos llenar el molde desde un 95 a un 99% de su volumen total.



La unidad de inyección trabaja como un pistón que transfiere el fundido desde la unidad de inyección al molde.



En esta etapa el llenado se efectúa con un flujo rápido de inyección que nos de las mejores propiedades del fundido.





## *¿Qué tipo de propiedades?*

Las mejores propiedades podrían ser:

- sin quemaduras,
- no líneas de flujo,
- no degradación,
- mínima concentración de esfuerzos, etc.





## *¿Qué sucede si el llenado es lento?*

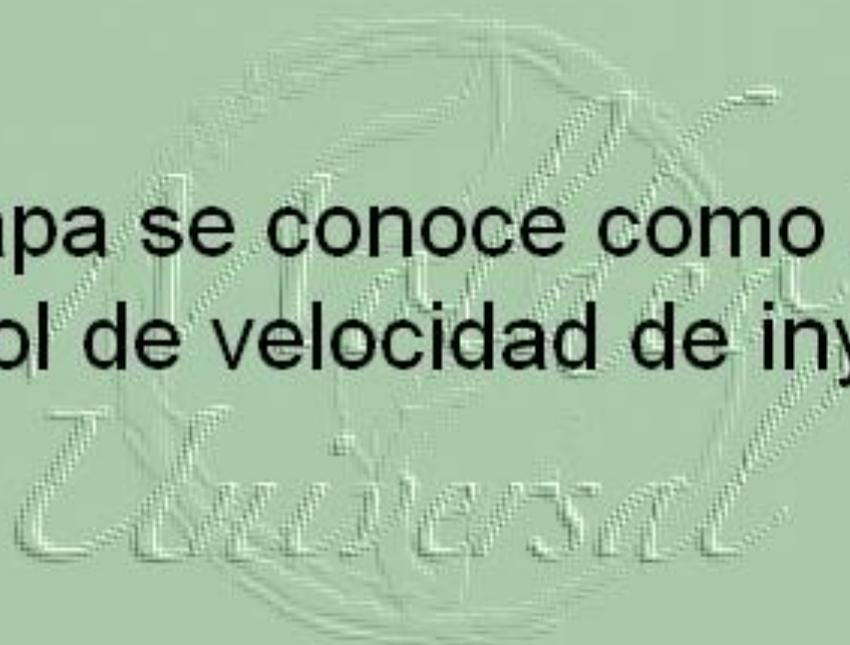
Cuando el fundido caliente entra al molde se encuentra con las paredes frías y rápidamente se densifica hasta solidificarse.

El llenado lento aumenta la densificación o la viscosidad, y consecuentemente podría dificultar el llenado y hasta solidificar el fundido prematuramente antes de que se complete el llenado.





Esta etapa se conoce como la etapa de control de velocidad de inyección.





# Transferencia

La transferencia es quien termina la etapa de inyección.

Una vez la unidad de inyección llena más del 95% termina la etapa de llenado por inyección e inicia la próxima etapa, empaque.





## *¿Cómo es que la unidad de inyección sabe que llenó más del 95% del molde?*

La unidad de inyección viene provista con un medidor de posición que mide el desplazamiento de inyección.



29





## *¿Por qué no se llena el 100% del molde en la etapa de inyección?*

Hay varias razones, veamos un par:

- *Podría crear rebaba en las piezas moldeadas; quien frena al tornillo es el fundido en frente de la unidad de inyección y tratar de frenarlo exactamente al 100% sin abrir el molde sería difícil.*



30





## *¿Por qué no se llena el 100% del molde en la etapa de inyección?*

- *A alta velocidad tratar de llenar el 100% podría crear el efecto rebote del tornillo; el plástico fundido es compresible y durante la inyección es comprimido.*





## *¿Por qué no se llena el 100% del molde en la etapa de inyección?*

*Este fluido comprimido querrá crecer, como un resorte comprimido, empujando la unidad de inyección hacia tras ocasionando que parte del fundido que entró se regrese, efecto rechupe.*





*¿Por qué no se llena el 100% del molde en la etapa de inyección?*

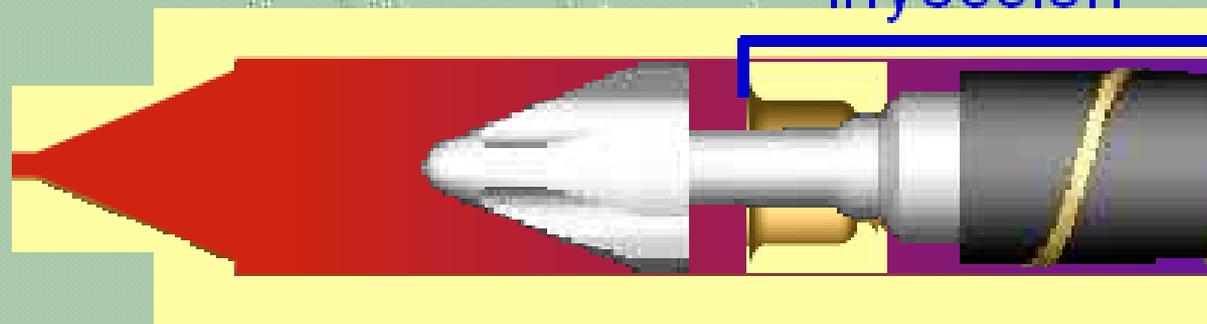
*- Otra razón por el cual no podría es por el encogimiento del material; El material fundido ocupa más espacio que el material solidificado.*

*Una vez que el fundido entra al molde se enfría, encogiéndose gradualmente dejando espacios para más material.*



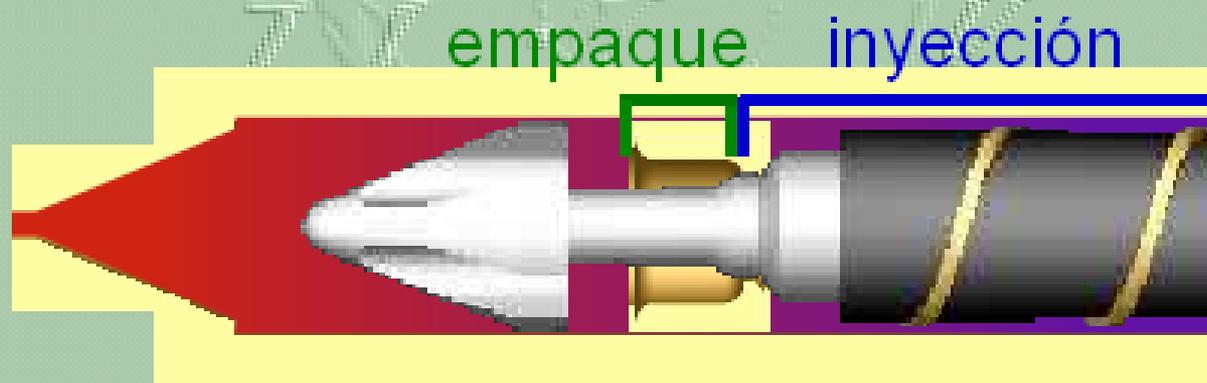
## Empaque (“Hold” en inglés)

En esta etapa el tornillo continúa actuando como un pistón, comprimiendo las cavidades hasta llenar el remanente que no pudo llenar en la etapa de inyección.



## Empaque (“Hold” en inglés)

Sin abrir el molde la unidad de inyección comprime el fundido, entrando más material al molde hasta completar el llenado de las cavidades.





Durante el empaque se consigue el peso adecuado de las piezas moldeadas o lo que los moldeadores universales llamamos Dimensiones de Masa.

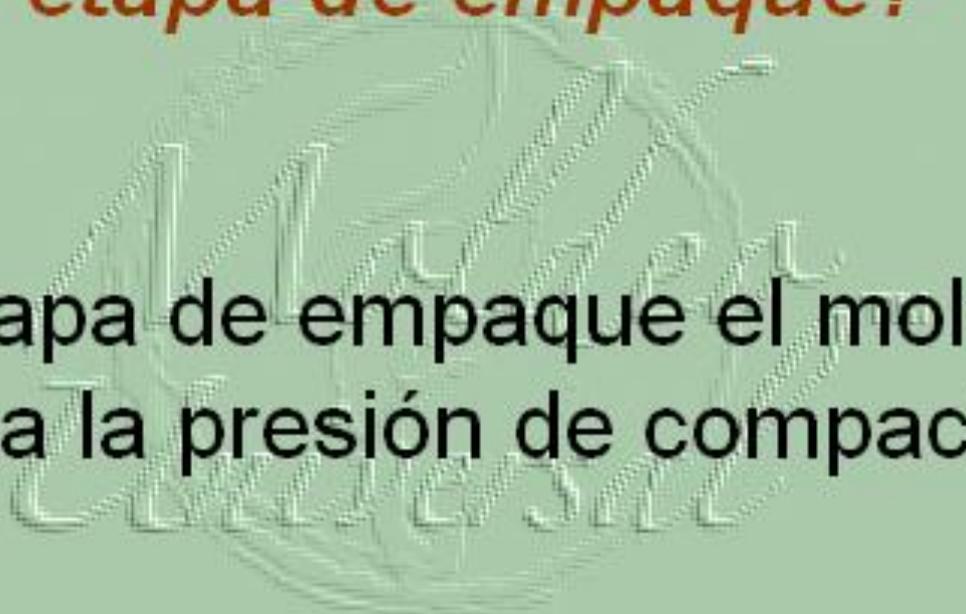
Las dimensiones de Masa son aquellas que son únicamente función de la cantidad de material y no se deben confundir con las dimensiones que son efecto del encogimiento.





*¿Qué parámetro se controla en esta etapa de empaque?*

En la etapa de empaque el moldeador manipula la presión de compactación.



35





## *¿Con la presión de empaque se controla el encogimiento de las partes?*

El encogimiento se controla durante la etapa de enfriamiento.

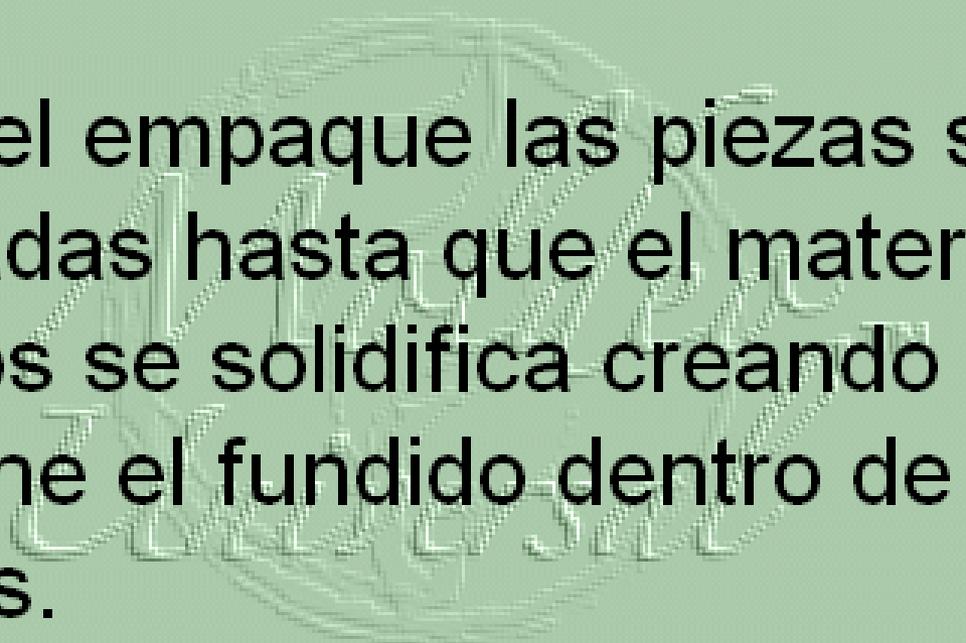
Como se indicó anteriormente “Durante el empaque controlamos únicamente las dimensiones de masa, las dimensiones que son función de la cantidad de material”.



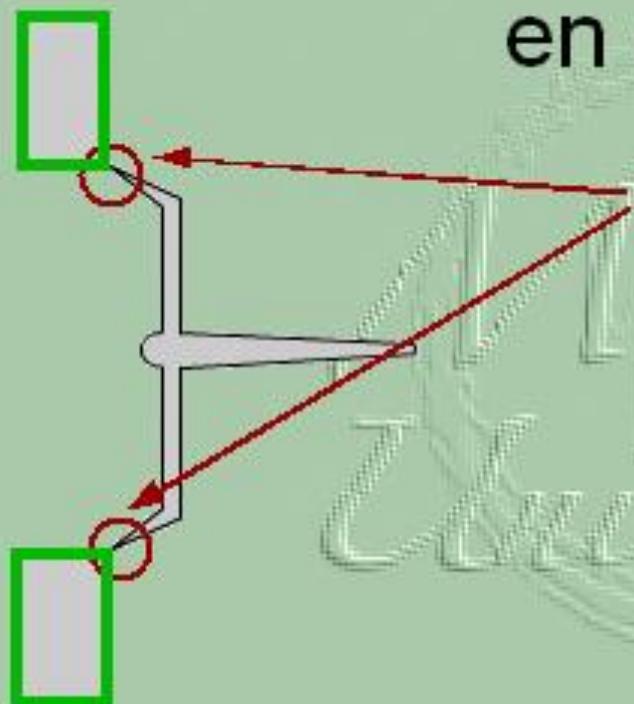


## Endurecimiento de Bebederos

Durante el empaque las piezas son presurizadas hasta que el material en los bebederos se solidifica creando un sello que retiene el fundido dentro de las cavidades.

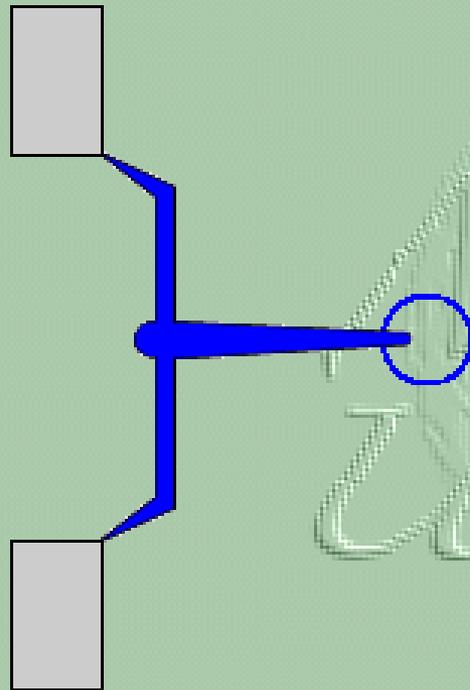


Veamos los espacios que el plástico ocupa en el molde.



Los **bebederos**, llamados “gates” en inglés, son los agujeros por donde entra el fundido a las **cavidades**.

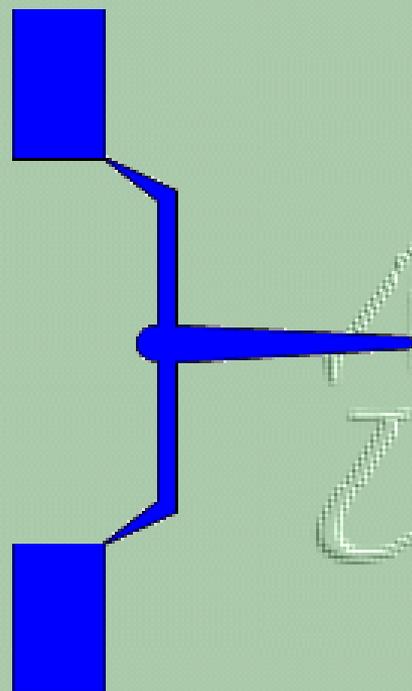
Veamos los espacios que el plástico ocupa en el molde.



El fundido entra por un bebedero (llamado “**sprue**” en inglés) y viaja por la colada (llamada “runner” en inglés) hasta llegar a los bebederos en las cavidades.

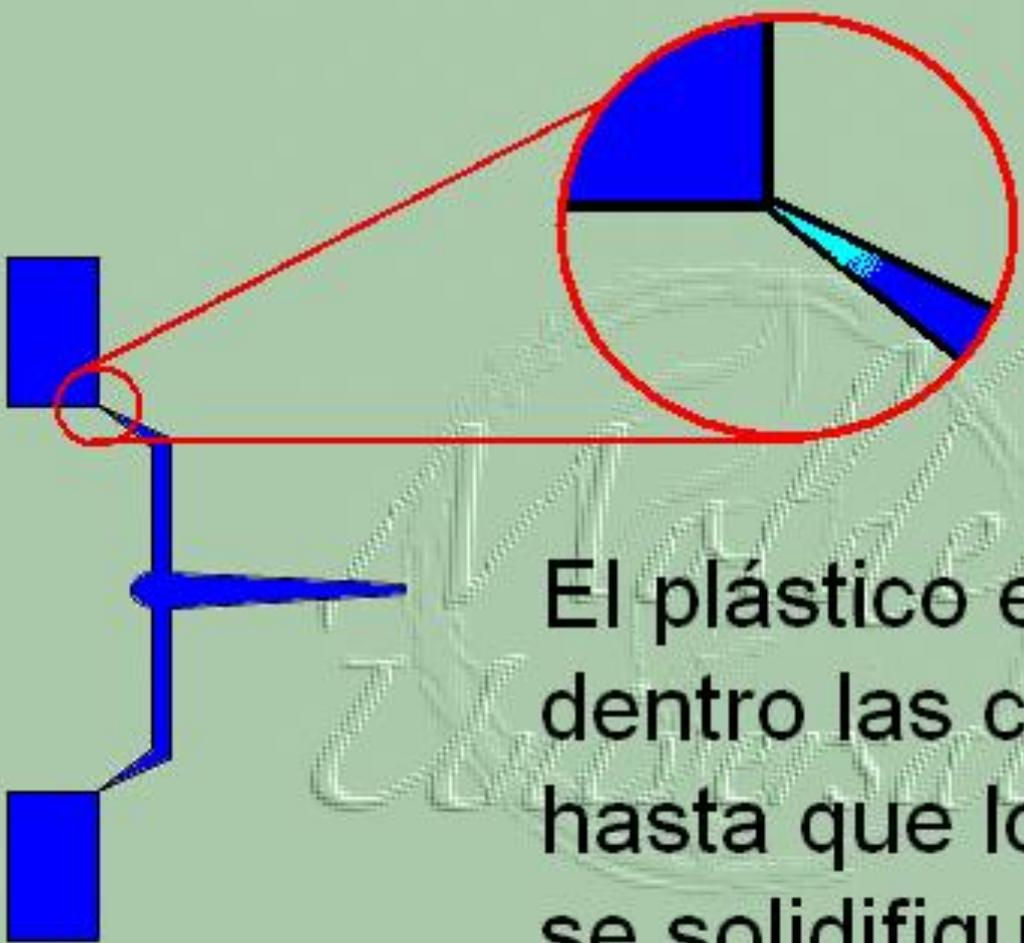


Lo normal es que los bebederos sean considerablemente más pequeños que la colada.



El fundido es forzado a colarse por el estrecho espacio de los bebederos hasta llenar las cavidades.



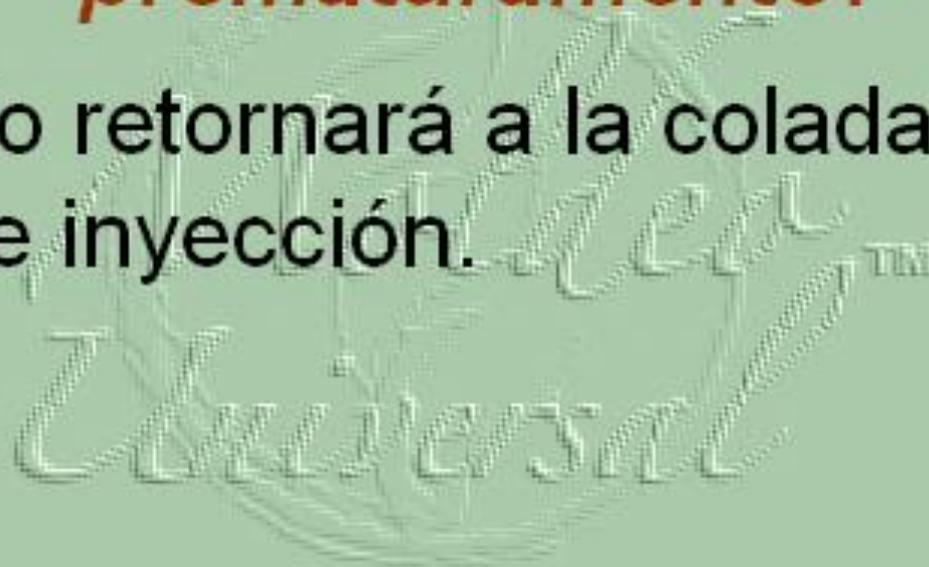


El plástico es sostenido dentro las cavidades hasta que los bebederos se solidifiquen.



## *¿Qué sucede si se remueve la presión de empaque prematuramente?*

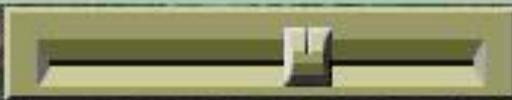
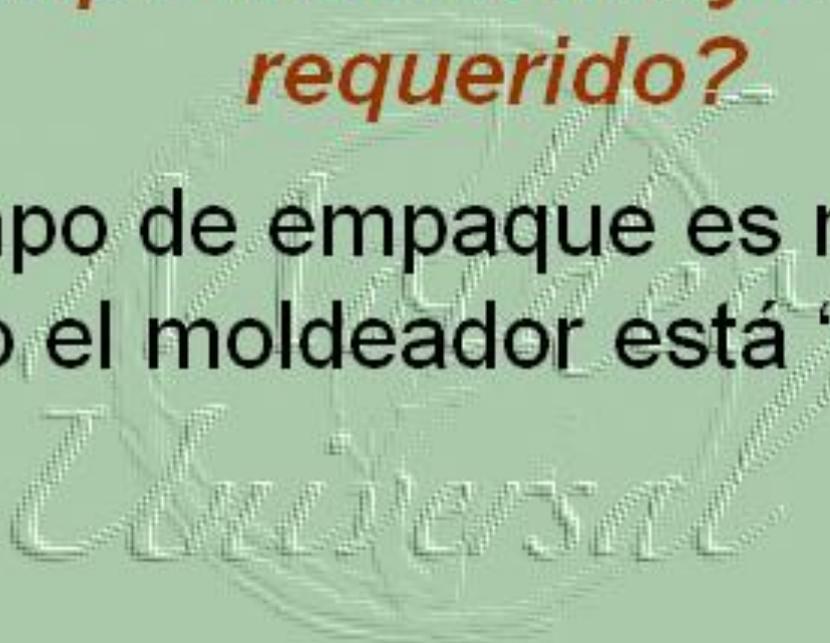
El fundido retornará a la colada y a la unidad de inyección.





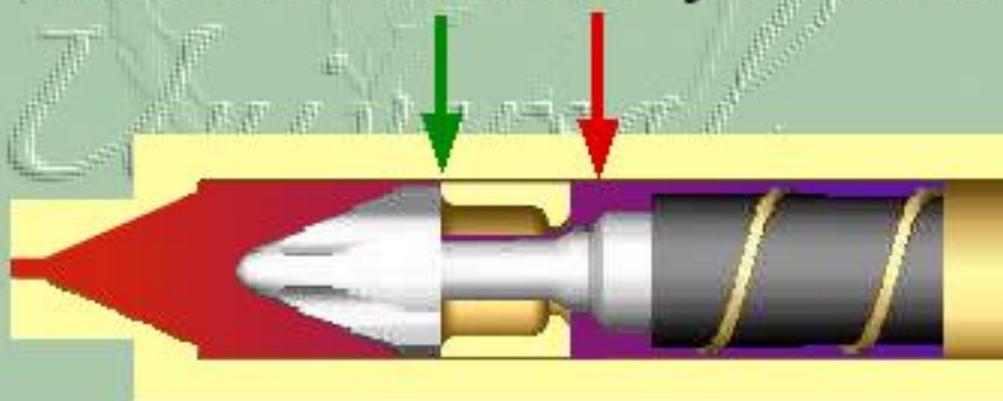
# *¿Qué sucede si se empaca por un tiempo mucho mayor de lo requerido?*

Si el tiempo de empaque es muy extendido, el moldeador está “moldeando coladas”.

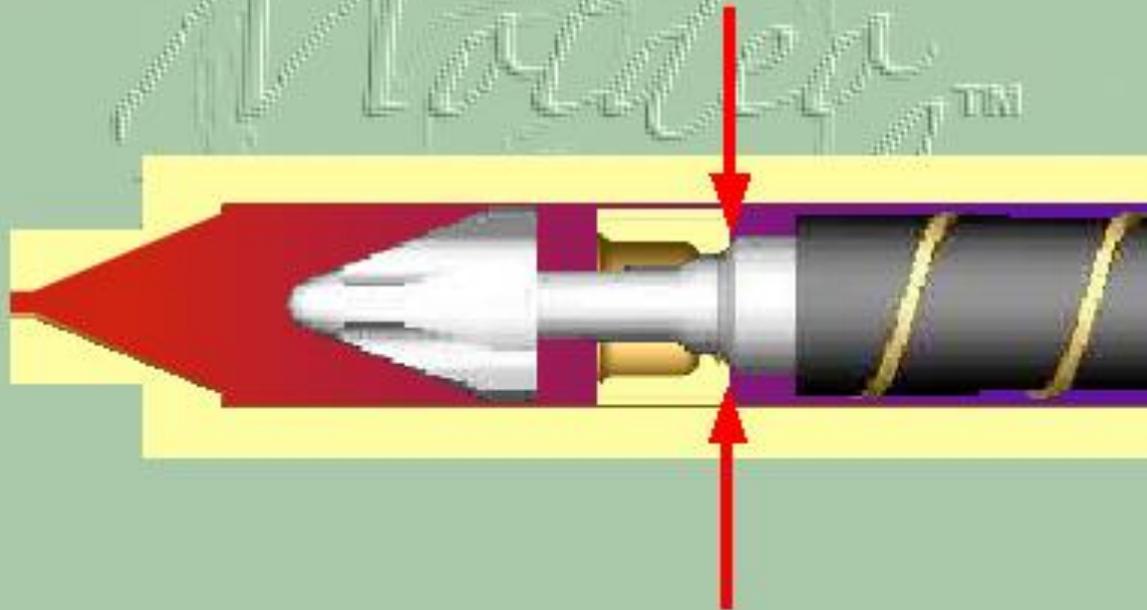


## *¿Cómo hace el tornillo para comportarse como un pistón?*

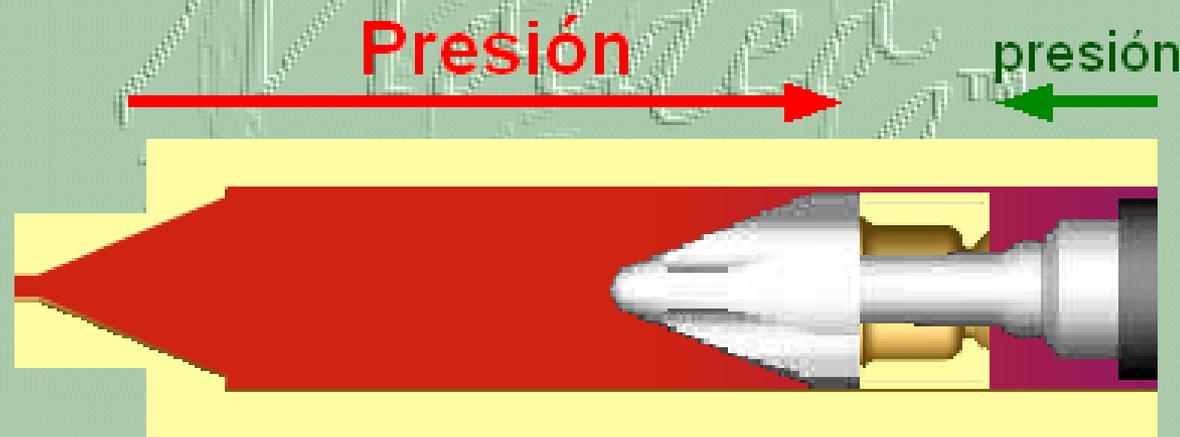
Esto lo hace por medio de una anilla, llamada “check ring” en inglés, que flota entre la punta del tornillo y el tornillo.



Durante la inyección la anilla se mueve contra la unidad de inyección **sellando** y evitando que el fundido se regrese al tornillo.



Durante la inyección la presión **en frente** de la anilla es mayor que en **el lado** del tornillo obligando la anilla a moverse contra el tornillo creando el sello.





## *¿Existen tornillos que no tengan la anilla de sellado?*

Sí existen; el compuesto de PVC rígido es muy sensitivo a la fricción del fundido contra la anilla y es común ver que no utilicen la anilla.

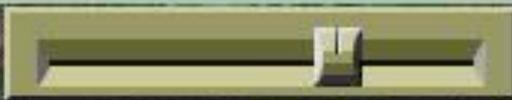
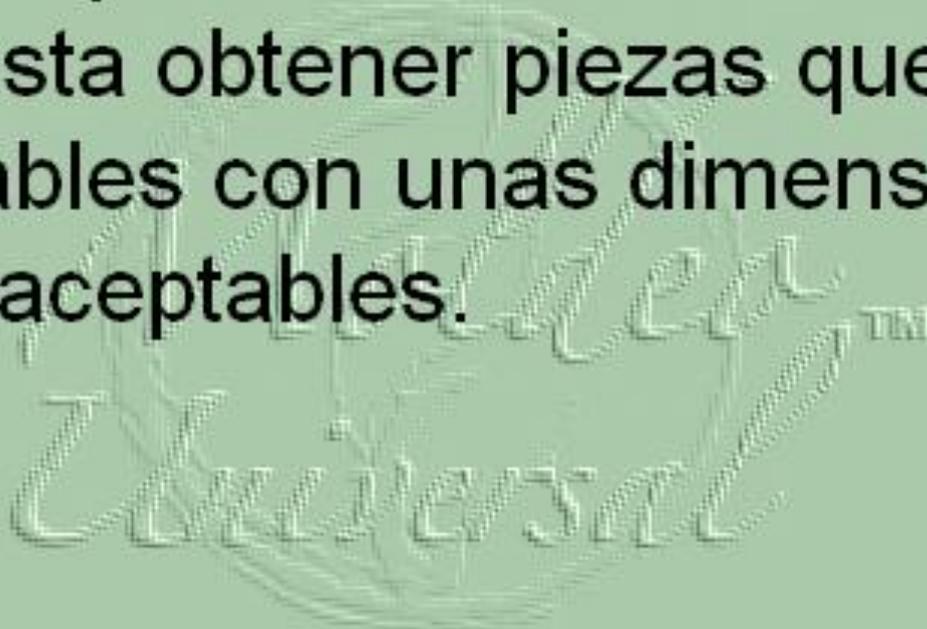
Ahora el tornillo viene provisto con un mecanismo de antirotación para que no rote a consecuencia de la excesiva presión del fundido.





# Enfriamiento

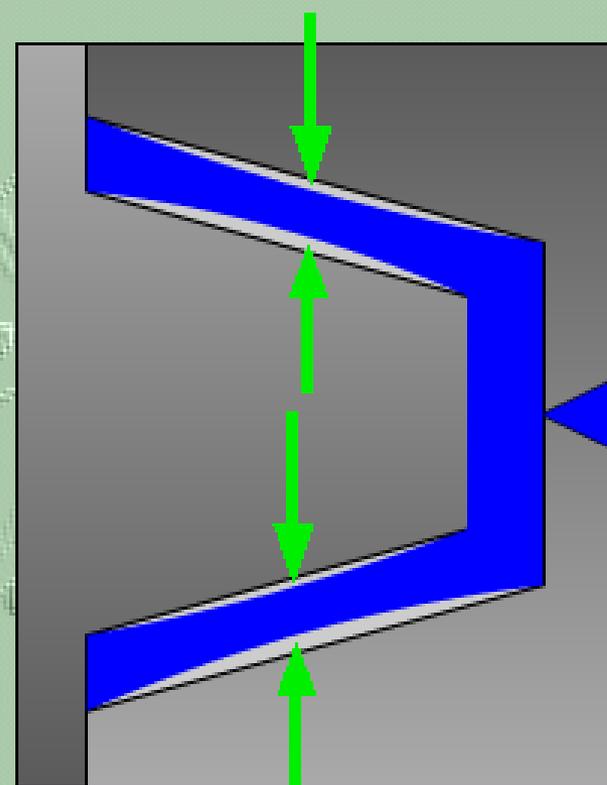
En esta etapa removemos el calor de las partes hasta obtener piezas que sean desmoldables con unas dimensiones térmicas aceptables.





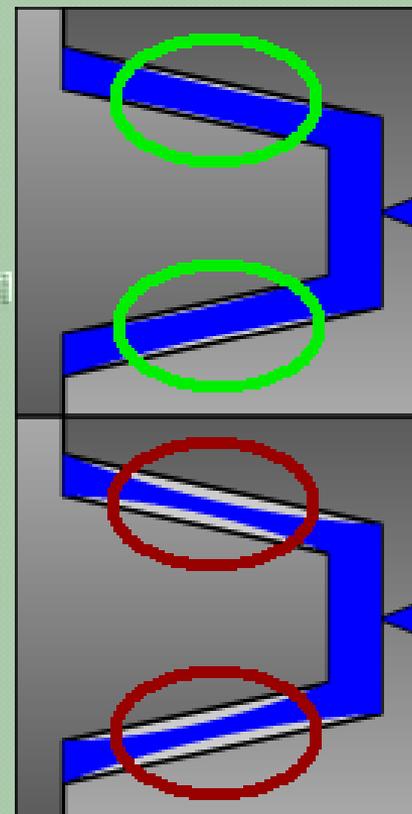
## *Dimensiones térmicas:*

Las moléculas de un fundido termoplástico están en continuo movimiento y cuando se enfrían buscan conformidad y se acomodan ocupando menos espacio.



La idea es paralizar la actividad molecular y manipular el encogimiento a nuestra conveniencia.

- *Moldes fríos y tiempos de enfriamiento extendidos dan paredes anchas.*
- *Moldes calientes y tiempos de enfriamiento cortos dan paredes delgadas.*





Las dimensiones térmicas y también algunas propiedades mecánicas son una función de la rapidez con que se remueve el calor.

Estas propiedades mecánicas podrían ser rigidez, traslucencia, cristalinidad, etc.

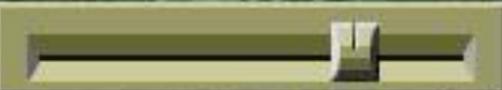




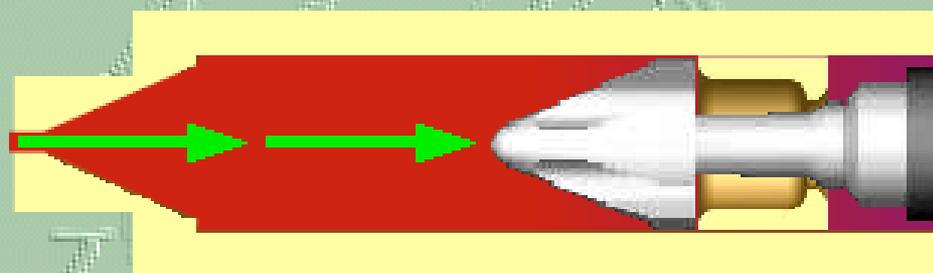
# Plastificación

En esta etapa el tornillo carga material para el próximo tiro.

El mayor objetivo es consistentemente producir un fundido homogéneo.



Durante la plastificación la anilla se mueve permitiendo el paso del fundido hacia el frente del tornillo.



El material fundido que se acumula en frente del tornillo es el que empuja el tornillo hacia atrás.



La plastificación sucede al mismo tiempo que la etapa de enfriamiento.

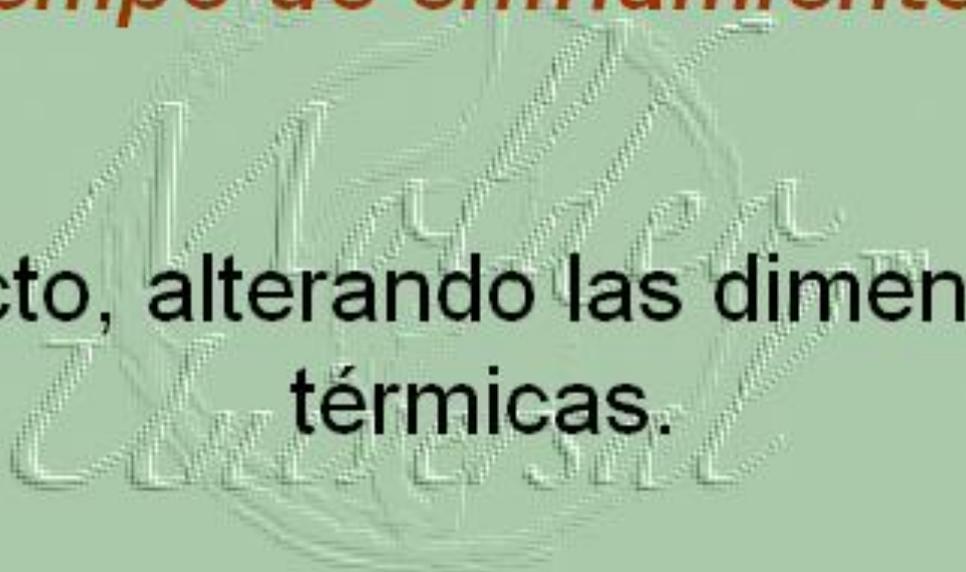
Bajo condiciones normales la plastificación termina antes que el enfriamiento y si el enfriamiento termina antes; el permiso para abrir el molde será denegado por el control.





*¿Si el permiso de abrir el molde es denegado entonces se extendería el tiempo de enfriamiento?*

Correcto, alterando las dimensiones térmicas.





## *¿Qué sucede si el molde abre durante la plastificación?*

El fundido se vaciaría por el molde.

Durante la plastificación el plástico está presurizado y quien retiene el fundido en la unidad de inyección es el molde lleno.





Como regla general; la plastificación debe terminar cerca de un 1 segundo antes que el enfriamiento.

Permiso de abrir el molde durante la plastificación puede únicamente suceder cuando la unidad de inyección está provista con una válvula en la boquilla (nozzle en inglés).





Es importante saber que la unidad de inyección utiliza dos fuentes de calor para fundir el plástico, las bandas de calor y la fricción.

Una regla general es:  
20% del calor proviene de las bandas de calor y 80% del calor proviene de la fricción.





# Moldeo Universal es un Lenguaje

Un lenguaje global que combina la rotulación de equipos y el uso de parámetros universales.

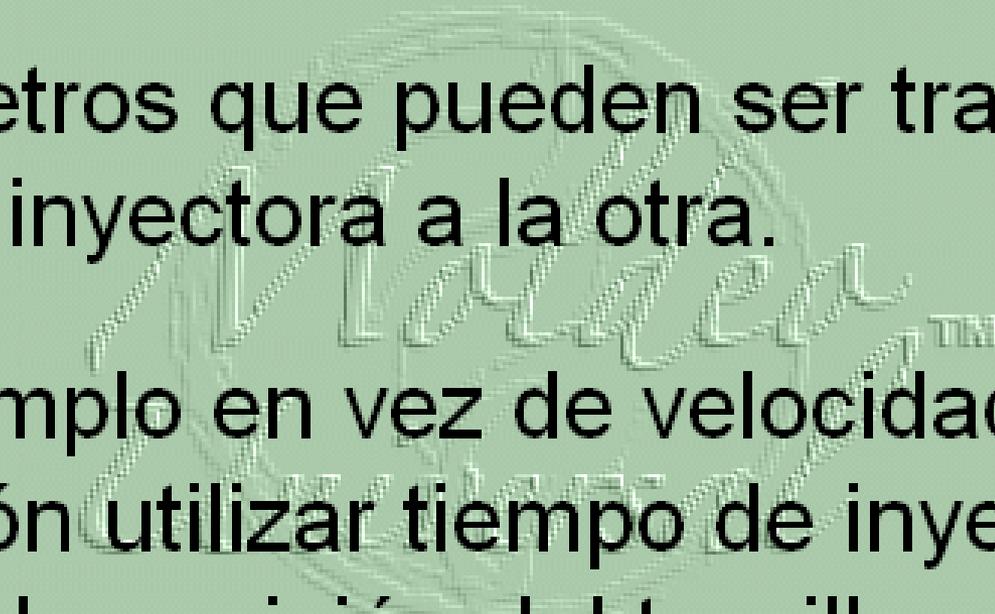




## *¿Qué son parámetros universales?*

Parámetros que pueden ser transferidos de una inyectora a la otra.

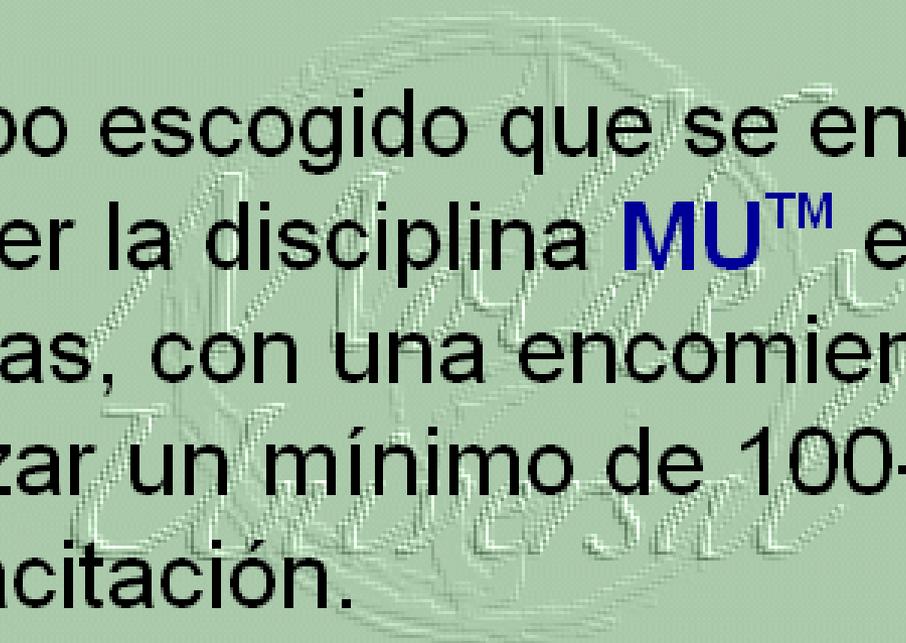
Por ejemplo en vez de velocidad de inyección utilizar tiempo de inyección y en vez de posición del tornillo utilizar volúmen.





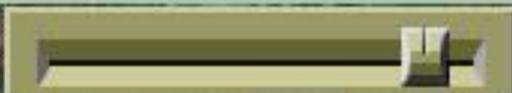
# Moldeo Universal es un Comité Organizador

Un grupo escogido que se encargará de promover la disciplina **MU™** en sus empresas, con una encomienda de garantizar un mínimo de 100-hr./anuales de capacitación.





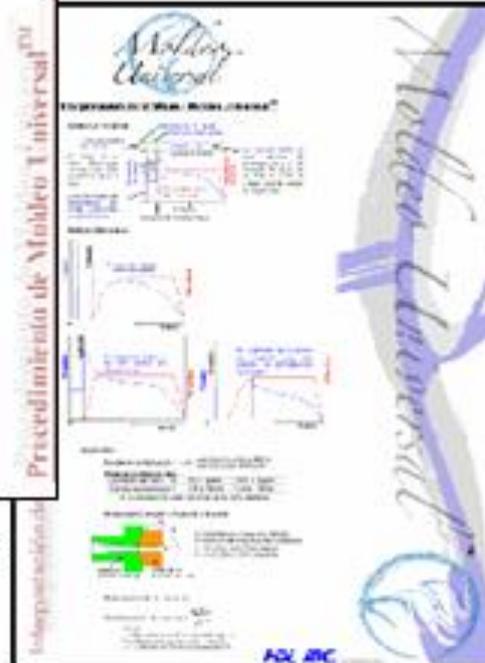
Una herramienta que deberían considerar es desarrollar letreros (posters) y decorar la fábrica:



Conceptos  
Básicos



Interpretación de  
Gráficas de Moldeo



Procedimientos  
de moldeo

en el cuarto de moldeo, los pasillos, el comedor o cualquier lugar que el personal frecuente.



Este comité debería ser representado por todos los departamentos:

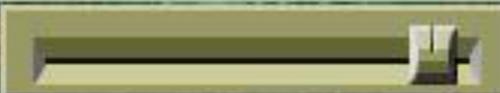
- Control de Calidad,
- Producción,
- Mantenimiento de Moldes,<sup>TM</sup>
- Mantenimiento de Equipos,
- Ingeniería y
- Ventas.





## ¿Por qué Moldeo Universal™?

Por que hay grandes economías para la empresa y acelera el aprendizaje de los moldeadores.



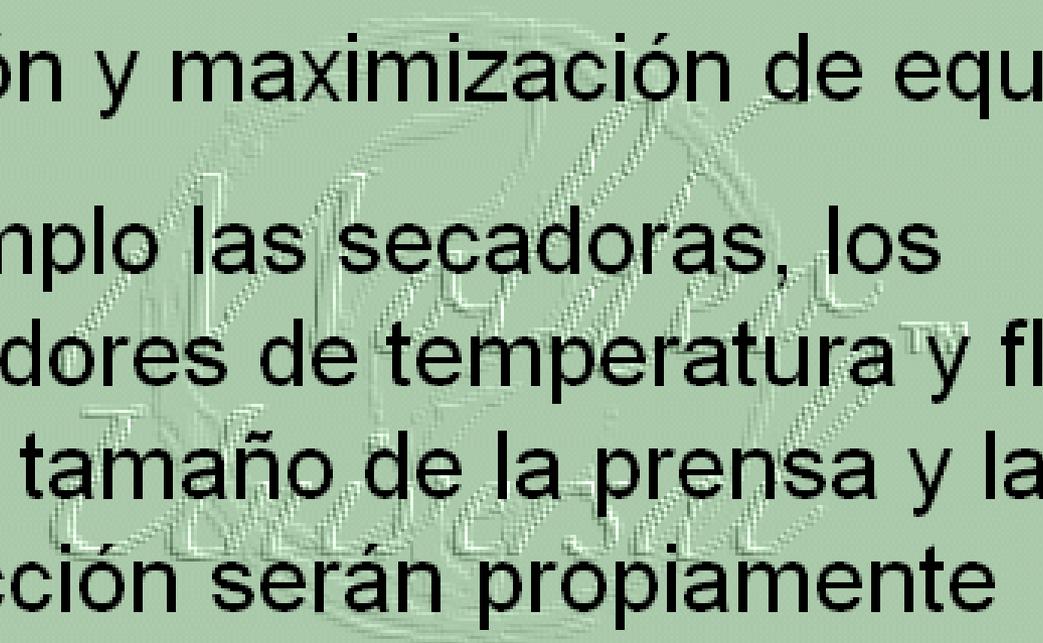
65





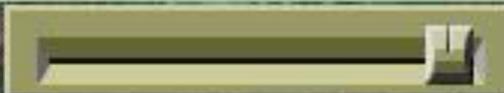
Moldeo Universal™ recomienda la utilización y maximización de equipos.

Por ejemplo las secadoras, los controladores de temperatura y flujo de agua, el tamaño de la prensa y la unidad de inyección serán propiamente determinados y ajustados.





Nuestra ambiciosa meta es desarrollar los mejores moldeadores del mundo y multiplicar el número de moldeadores de precisión en la industria del plástico.



67

