

## ***Parte II – Anexos***



# i – Inyección

---

## ***i.1. Otros elementos constituyentes de la máquina de inyección***

### ***i.1.1. Expulsión***

Puede ser mecánico, hidráulico o combinación de ambos. Los dos primeros están integrados en la unidad de cierre, mientras que los de extracción por “salida de machos” actúan con el sistema de ensamblaje de la unidad de cierre.

Generalmente se proyecta el molde para que la pieza quede en la parte móvil del mismo.

Extracción mecánica:

- Se prevén elementos de extracción tales como expulsores, placas extractoras, etc.
- Cuando el molde se abre, los expulsores son empujados hacia delante, separan la pieza de la cavidad del molde y provocan su expulsión. El movimiento del mecanismo extractor viene inducido por el sistema de apertura de la máquina.
  - Ventaja: simplicidad
  - Inconveniente: falta de control (posible solamente cuando la parte móvil del molde se mueve con gran rapidez, lo que puede llegar a dañar tanto la pieza como a los mismos componentes del sistema de expulsión).

Extracción hidráulica:

- Para moldes de mayor tamaño y complejidad.
  - Ventaja: Condiciones de extracción regulables. La extracción puede comenzar tan pronto como comienza la apertura del molde pudiendo regularse su velocidad independientemente del movimiento del plato móvil
  - Inconveniente: Sistema complejo
  - Se pueden colocar también sobre el plato fijo

### ***i.1.2. Elementos obligatorios***

- Configuración movimiento a bajas velocidades.
- Velocidad variable de forma independiente en apertura y cierre. Posibilidad de control de velocidades con transiciones suaves.
- Posicionamiento del plato móvil a lo largo de toda la carrera, los platos deben mantenerse paralelos durante todo el proceso de cierre. Los platos deben estar proyectados de forma que tengan la mínima deflexión de fuerza total, sin ajustes o con ajuste mínimo.

- Carrera fácilmente reproducible y ajuste de luz.
- Fuerza de bloqueo suficiente (7 Tn como mínimo, por pulgada cuadrada de superficie proyectada en el molde).
- Seguridad para protección contra movimientos incontrolados.
- Ajuste de fuerza de cierre de cero a máximo.
- Protección de baja presión para molde.
- Mecanismo extractor, debe tener amplias posibilidades de ubicación de puntos de extracción (no basta con extracción central).
- Central de lubricación controlada.
- Puerta de seguridad con ventana.
- Puerta con movimiento asistido (máquinas de más de 500 Tm).
- Posibilidad de retirar con facilidad al menos una de las 4 columnas, para facilitar la colocación o extracción del molde.

### *i.1.3. Dispositivos auxiliares necesarios u opcionales*

La necesidad de incorporar a la máquina elementos auxiliares opcionales deberá ser evaluada de acuerdo con las necesidades específicas de cada máquina.

- Limitación de golpe de apertura mediante amortiguadores
- Sistema extractor hidráulico o neumático con regulación de golpe y velocidad, en el centro o en ambas caras de la superficie de cierre
- Dispositivo mecánico para el retroceso del extractor
- Circuitos de refrigeración de platos
- Central automatizada de lubricación
- Ajuste mecánico o hidráulico de altura de molde

### *i.1.4. Sistemas de seguridad*


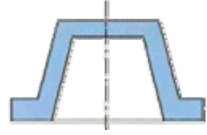




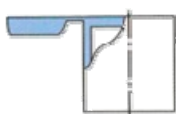
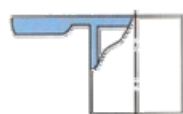


Protección personal: En especial en el “área de cierre”. Los elementos que se mueven son muy pesados y se mueven a altas velocidades.

Protección del molde: Se debe proteger el molde durante el ciclo de trabajo ante cualquier anomalía, debido a su alto coste.

Tipos de barreras de seguridad:

- Sistemas eléctricos: interruptores de emergencia
- Sistemas hidráulicos: puerta escape aceite hidráulico
- Sistemas mecánicos: pisadores
- Sistemas estáticos: aviso sonoro, luminoso, señalización

### ***i.2. Factores que influyen en la presión de inyección***

<b>Factor</b>	<b>Variable</b>	<b>Presión de inyección elevada</b>	<b>Presión de inyección baja</b>
<b>Diseño de la pieza</b>	Espesor	Delgado	Grueso
			
	Área Superficial	Mayor enfriamiento de pared y fuerza de arrastre	Menor enfriamiento de pared y fuerza de arrastre
			
	Longitud del flujo	Larga	Corta
			
<b>Diseño del sistema de alimentación</b>	Tamaño de la entrada	Restringida	Libre
			
	Diámetro del canal	Demasiado pequeño o largo	Óptimo
			

*Tabla i.1. Factores que influyen en la presión de inyección*

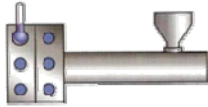
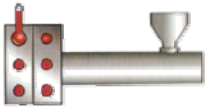


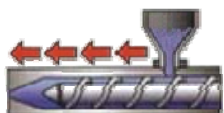
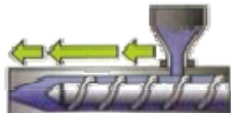


Factor	Variable	Presión de inyección elevada	Presión de inyección baja
<b>Condiciones de proceso</b>	Temperatura del molde	Temperatura de refrigerante fría	Temperatura de refrigerante caliente
			
	Temperatura de fundido	Frío	Caliente
			
	Velocidad de flujo (tiempo de inyección)	Indebida	Optimizada
			
<b>Selección de material</b>	Índice de fluidez	Bajo	Alto
			

Tabla i.1. Factores que influyen en la presión de inyección

### i.3. Equilibrado de un molde

- Equilibrado natural implica que la longitud del camino que sigue el flujo desde el bebedero a cada una de las partes las cavidades sea la misma.

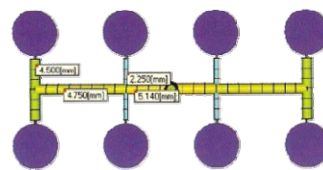
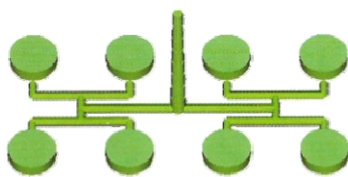


Figura i.1. Equilibrado natural de los canales (izquierda), equilibrado artificial de los canales (derecha)

- Equilibrado artificial consiste en cambiar la geometría de los conductos, para conseguir que el molde se llene de forma uniforme, aunque se desequilibre en el enfriamiento y la compactación del mismo, consiguiéndose un balanceo relativo, pero incompleto, obligando a la utilización de un material en particular, siendo complejo el cambio del mismo por otro incluso similar. Se debe intentar prescindir de este tipo de balanceado.

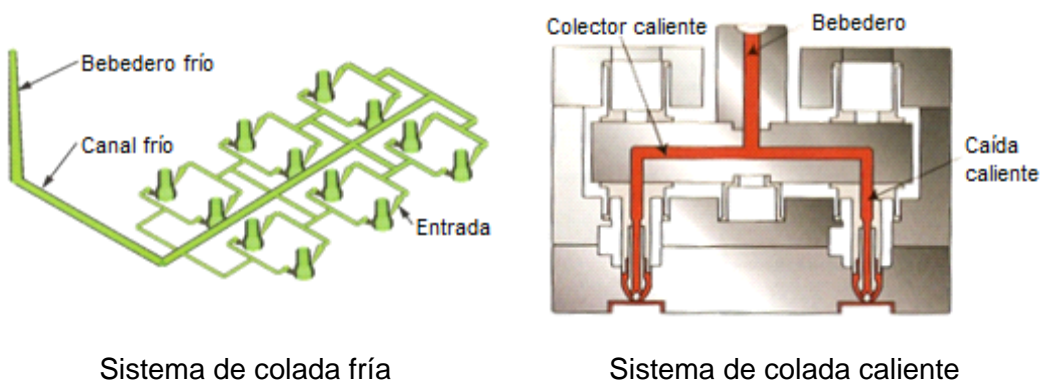
### ***i.4. Enfriamiento de la pieza***

Las piezas del molde han de enfriarse lo suficiente antes de ser expulsadas del molde para evitar deformación por expulsión. Las partes más gruesas de una pieza requieren más tiempo para enfriarse y compactación adicional, con lo que se prolonga el ciclo de presión, reduciendo el número de piezas por unidad de tiempo e incrementando así el coste por pieza. El espesor de las piezas también puede dar a una contracción excesiva, con el consecuente alabeo.



*Figura i.2. Una pieza gruesa (izquierda) puede dar lugar a una contracción excesiva y alabeo (centro); un diseño alternativo recomendable con espesor uniforme (derecha)*

### ***i.5. Colada***



Sistema de colada fría

Sistema de colada caliente

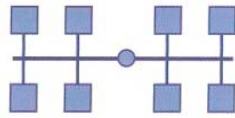
*Figura i.3. Tipos de sistemas de colada*

Es importante tanto el tamaño de los canales como de los orificios de inyección, así como su posición. Los canales son una forma de controlar el flujo de material. Un sistema de colada diseñado correctamente requiere:

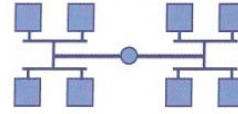
- un número óptimo de cavidades
- conseguir el llenado equilibrado de todas las cavidades
- minimizar deshecho de material
- expulsión fácil
- tamaño adecuado de las cavidades para que no influya el enfriamiento de las coladas en el tiempo de ciclo

La elección de la temperatura del molde, la temperatura de fundido del material y el tiempo de inyección, tiene como objetivo la optimización del proceso.

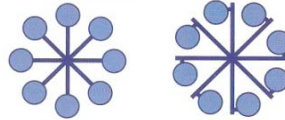
Sistema de colada estándar



Sistema de colada equilibrado geométricamente



Sistema de colada radial



Diseño peor    Diseño mejor

*Figura i.4. Distribuciones básicas para sistemas de colada*



# ii – Resultados de los métodos teóricos

## ii.1. Resultados de la simulación en Moldflow

A continuación se presentan más resultados obtenidos a partir de la simulación realizada en Moldflow para cada uno de los casos:

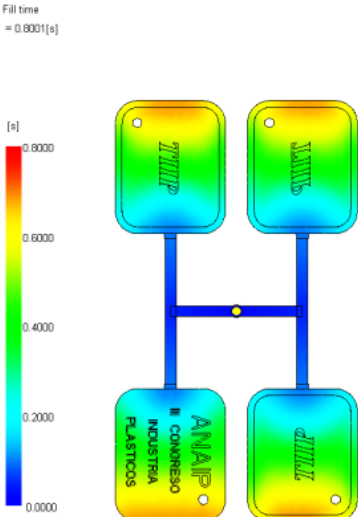
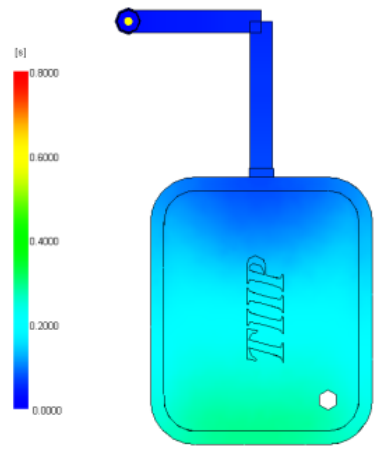
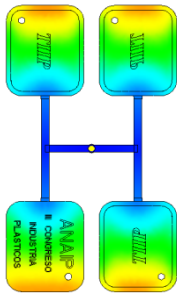
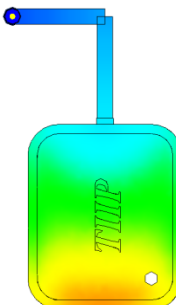
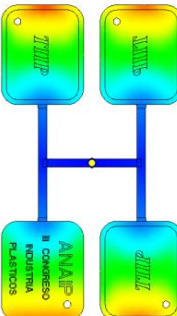
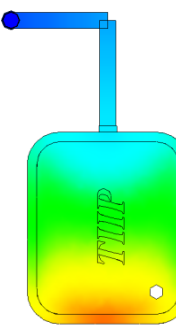
Tiempo de llenado para 4 figuras	Tiempo de llenado para 1 figura
	
30 Bar de compactación	27 Bar de compactación
	
22 Bar de compactación	20 Bar de compactación
	
15 Bar de compactación	15 Bar de compactación

Tabla ii.1. Resultado en Moldflow de tiempo de llenado para cada uno de los casos

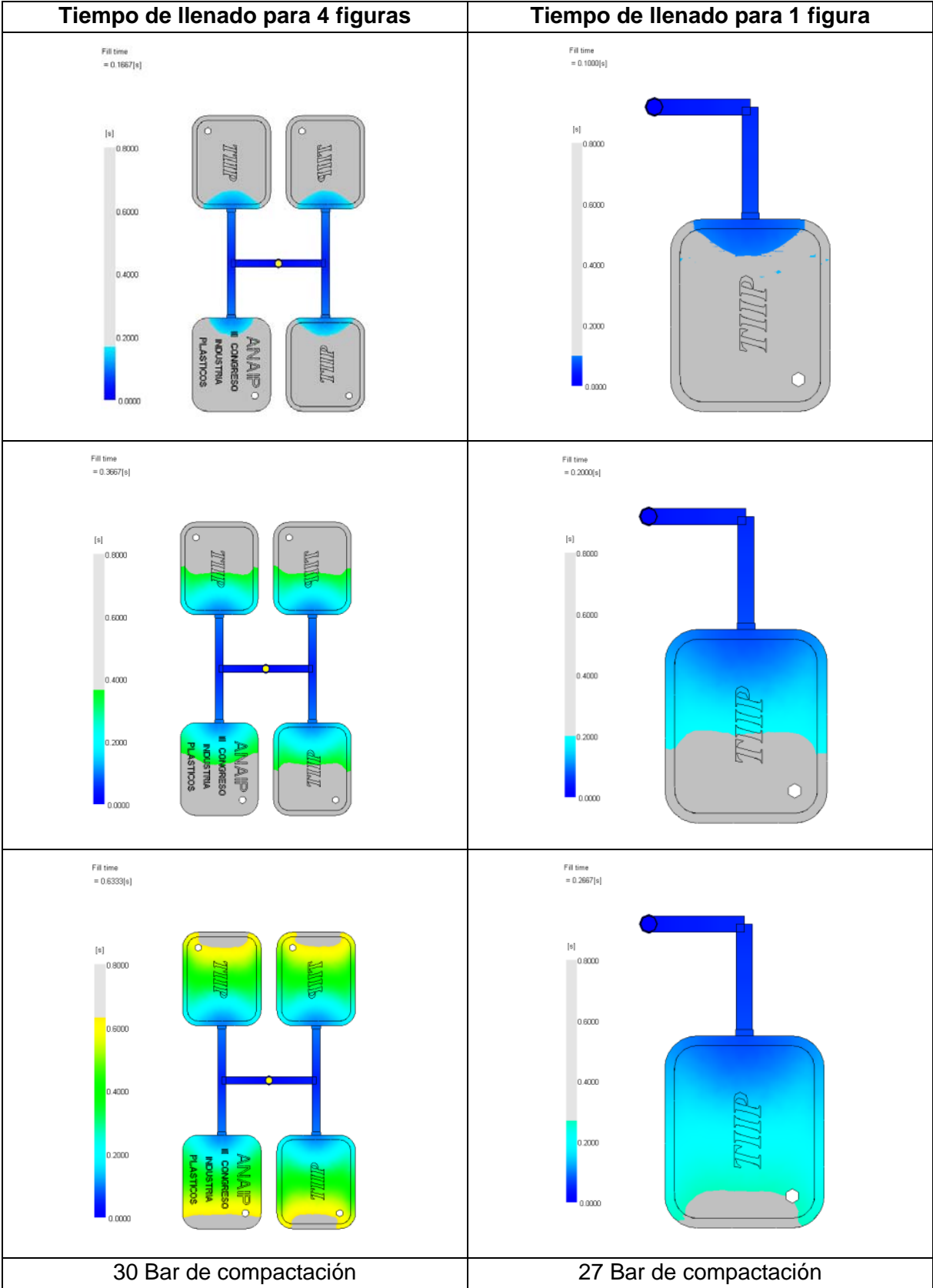


Tabla ii.2. Representación de cómo es el llenado, en un caso, para 4 figuras y para 1 figura

Presión máxima para 4 figuras	Presión máxima para 1 figura
<p>Pressure Time = 1.091[s]</p> <p>[MPa]</p> <p>30.00 22.50 15.00 7.500 0.0000</p>	<p>Pressure Time = 2.203[s]</p> <p>[MPa]</p> <p>27.00 20.25 13.50 6.750 0.0000</p>
30 Bar de compactación	27 Bar de compactación
<p>Pressure Time = 1.087[s]</p> <p>[MPa]</p> <p>30.00 22.50 15.00 7.500 0.0000</p>	<p>Pressure Time = 1.096[s]</p> <p>[MPa]</p> <p>27.00 20.25 13.50 6.750 0.0000</p>
22 Bar de compactación	20 Bar de compactación
<p>Pressure Time = 1.133[s]</p> <p>[MPa]</p> <p>30.00 22.50 15.00 7.500 0.0000</p>	<p>Pressure Time = 1.118[s]</p> <p>[MPa]</p> <p>27.00 20.25 13.50 6.750 0.0000</p>
15 Bar de compactación	15 Bar de compactación

Tabla ii.3. Resultado en Moldflow de presión máxima para cada uno de los casos


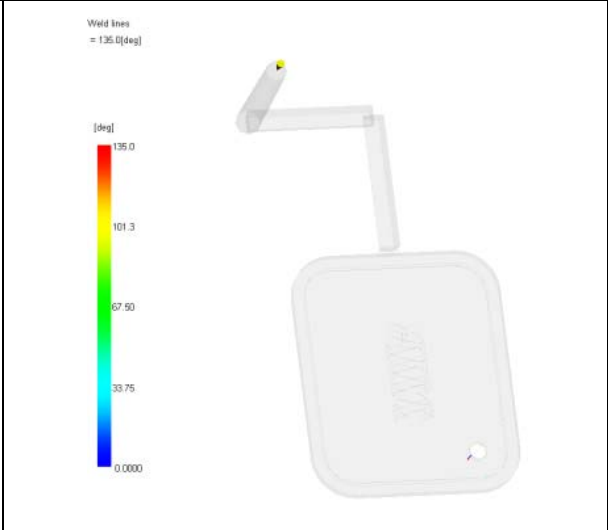
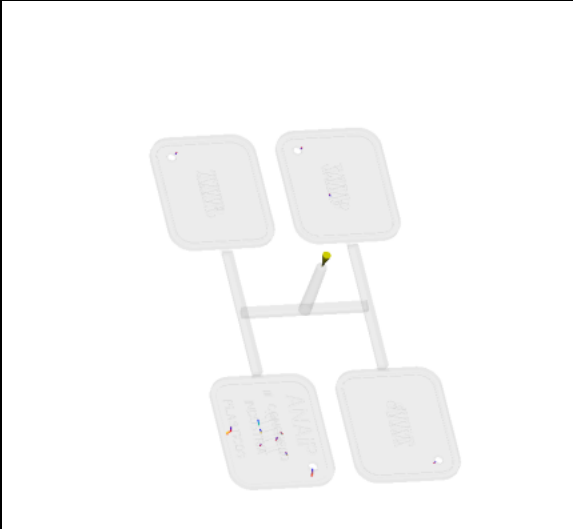

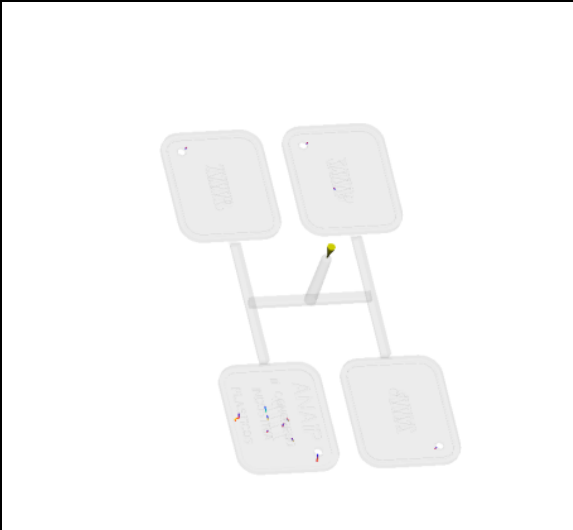

Líneas de soldadura para 4 figuras	Líneas de soldadura para 1 figura
	
30 Bar de compactación	27 Bar de compactación
	
22 Bar de compactación	20 Bar de compactación
	
15 Bar de compactación	15 Bar de compactación

Tabla ii.4. Resultado en Moldflow de líneas de soldadura para cada uno de los casos

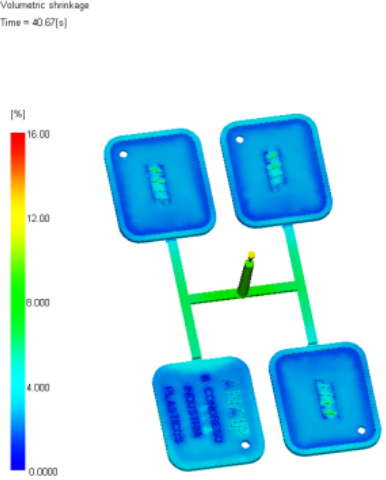
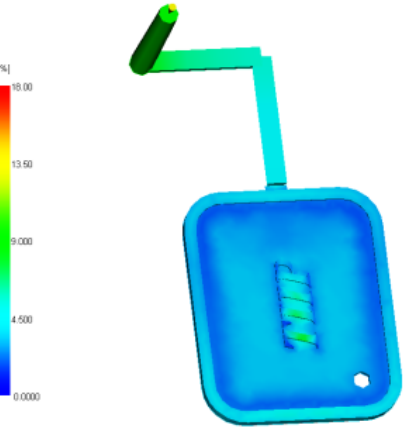
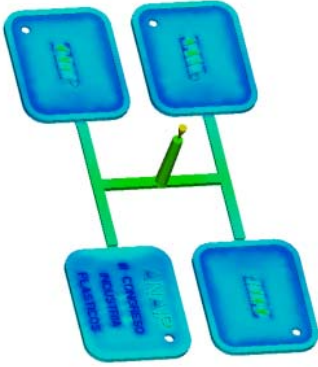

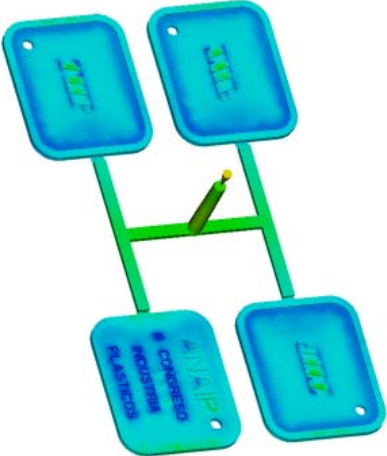
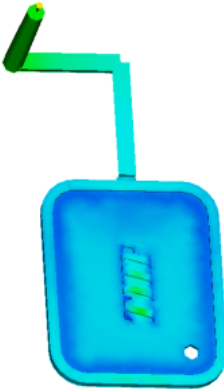
Contracción volumétrica para 4 figuras	Contracción volumétrica para 1 figura
 <p>Volumetric shrinkage Time = 40.67[s]</p> <p>16.00 12.00 8.000 4.000 0.0000</p>	 <p>Volumetric shrinkage Time = 40.66[s]</p> <p>16.00 12.50 9.000 4.500 0.0000</p>
30 Bar de compactación	27 Bar de compactación
	
22 Bar de compactación	20 Bar de compactación
	
15 Bar de compactación	15 Bar de compactación

Tabla ii.5. Resultado en Moldflow de contracción volumétrica para cada uno de los casos

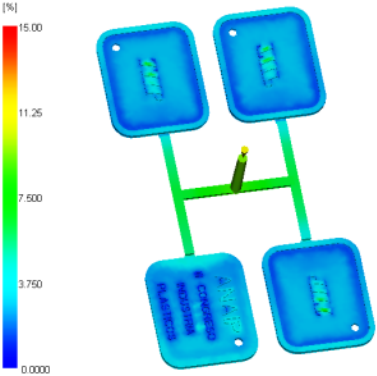
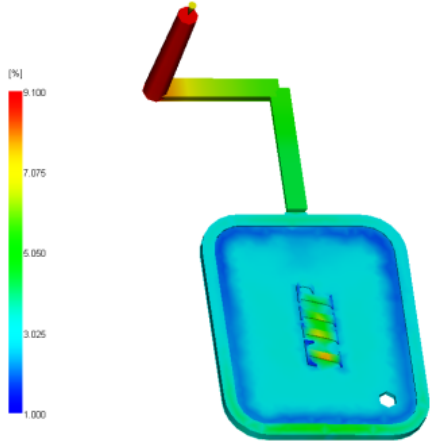
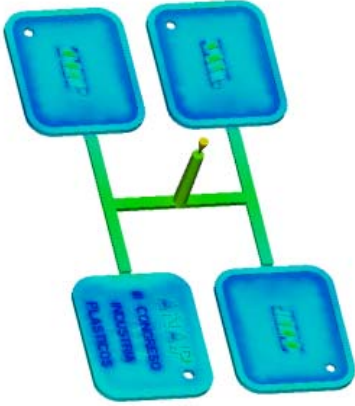
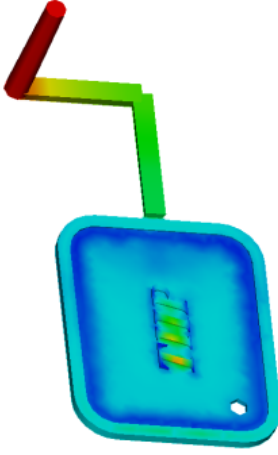
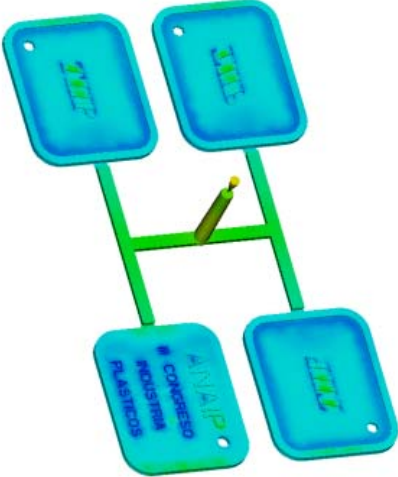
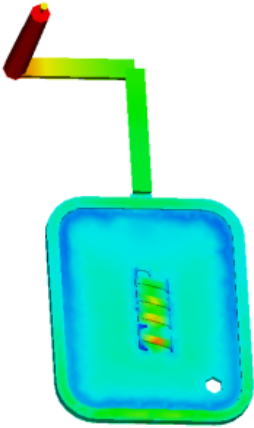
Contracción volumétrica en la expulsión para 4 figuras	Contracción volumétrica en la expulsión para 1 figura
<p>Volumetric shrinkage at ejection = 15.00[%]</p> 	<p>Volumetric shrinkage at ejection = 9.101[%]</p> 
30 Bar de compactación	27 Bar de compactación
	
22 Bar de compactación	20 Bar de compactación
	
15 Bar de compactación	15 Bar de compactación

Tabla ii.6. Resultado en Moldflow de contracción volumétrica en la expulsión para cada uno de los casos

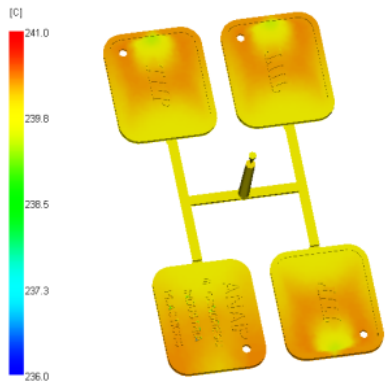
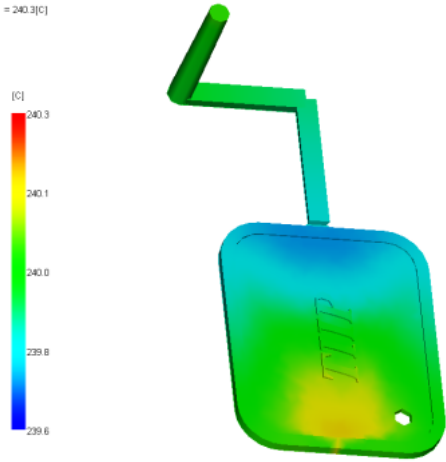

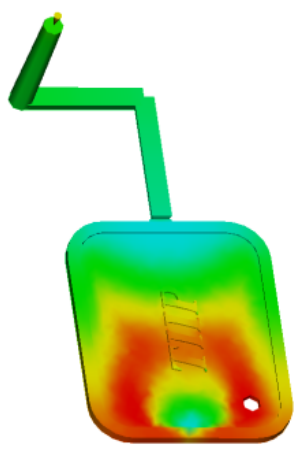

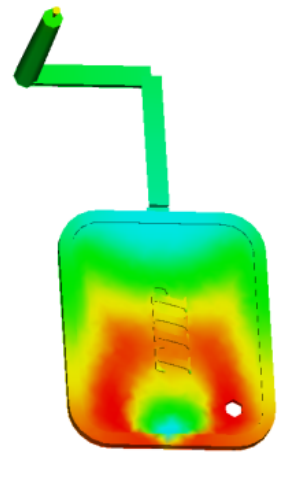
Temperatura de flujo para 4 figuras	Temperatura de flujo para 1 figura
<p>Temperature at flow front = 241.0 [C]</p> 	<p>Temperature at flow front = 240.3 [C]</p> 
30 Bar de compactación	27 Bar de compactación
	
22 Bar de compactación	20 Bar de compactación
	
15 Bar de compactación	15 Bar de compactación

Tabla ii.7. Resultado en Moldflow de temperatura de flujo para cada uno de los casos

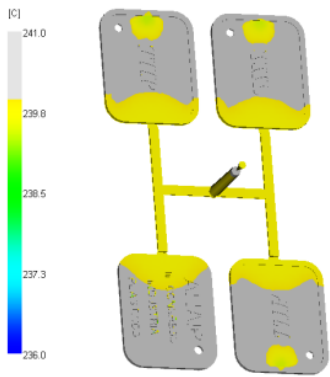
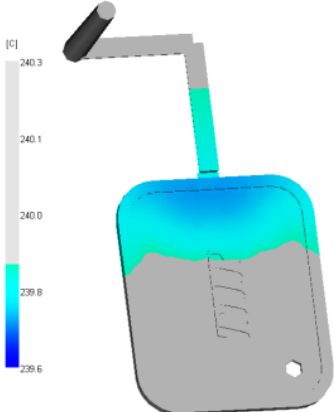
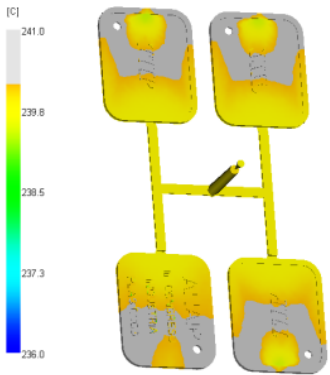
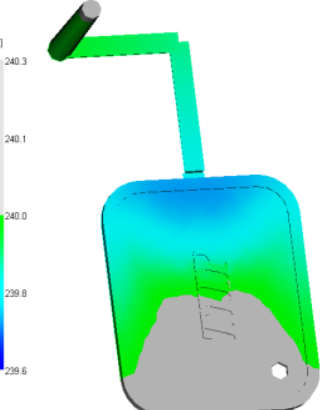
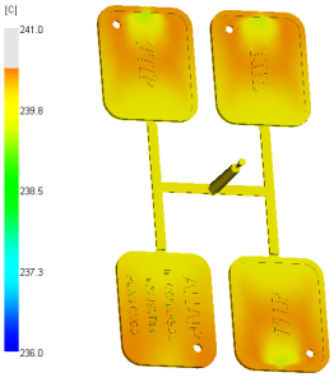
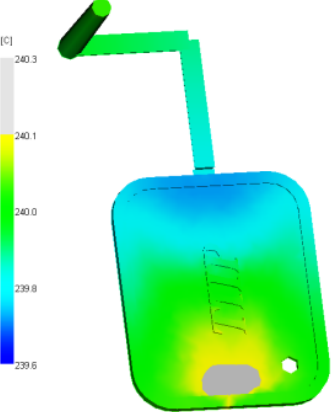
Temperatura de flujo para 4 figuras	Temperatura de flujo para 1 figura
<p>Temperature at flow front = 240.0[C]</p> 	<p>Temperature at flow front = 239.8[C]</p> 
<p>Temperature at flow front = 240.2[C]</p> 	<p>Temperature at flow front = 240.0[C]</p> 
<p>Temperature at flow front = 240.4[C]</p> 	<p>Temperature at flow front = 240.1[C]</p> 
30 Bar de compactación	27 Bar de compactación

Tabla ii.8. Representación de cómo es la temperatura, en un caso, para 4 figuras y para 1 figura



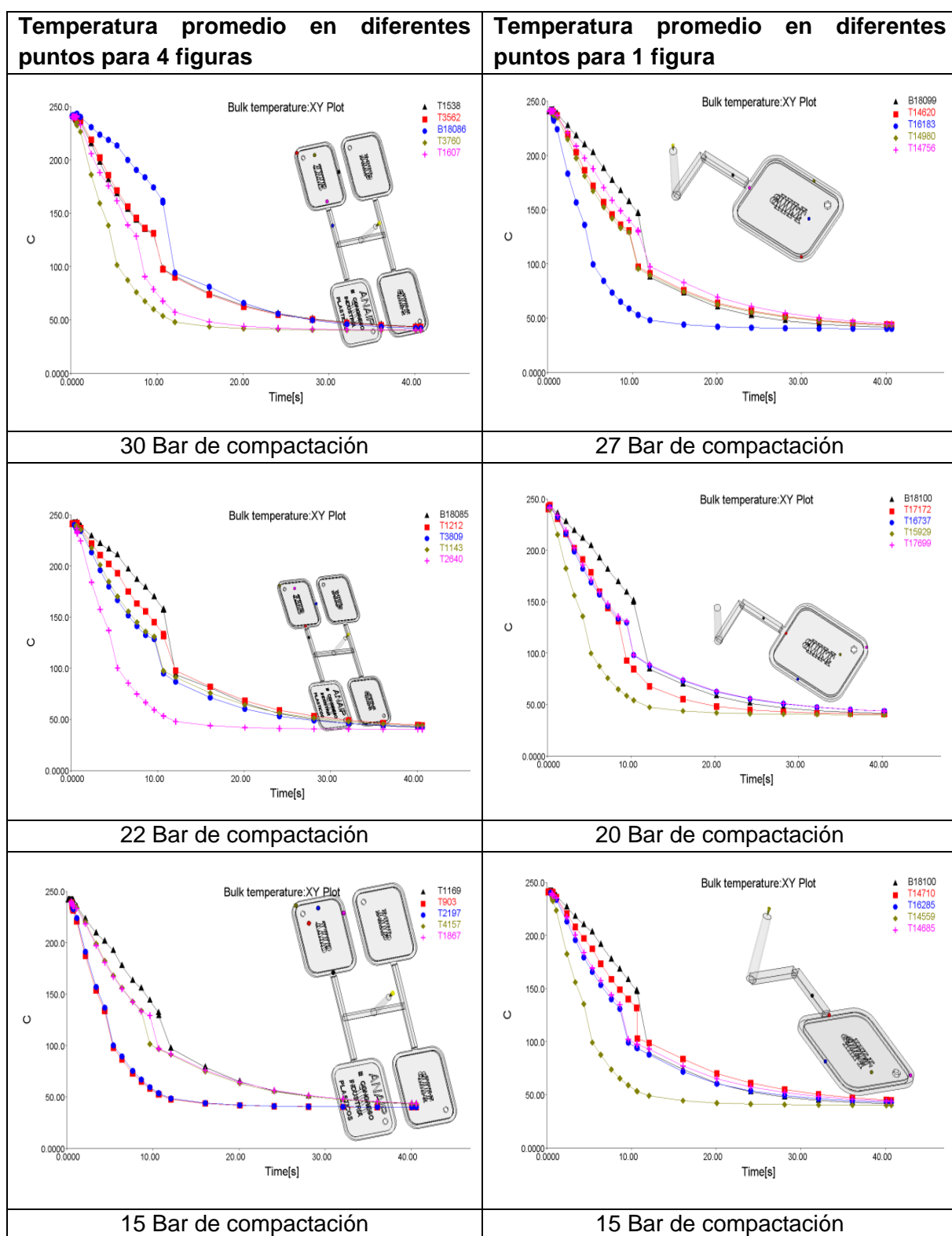


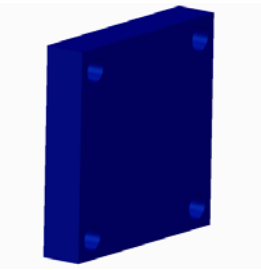
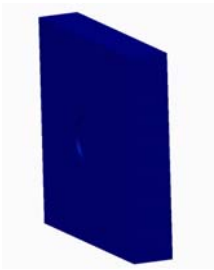
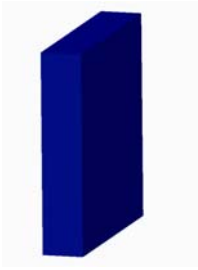
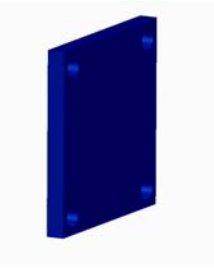




Tabla ii.9. Resultado en Moldflow de temperatura promedio en diferentes puntos para cada uno de los casos

## ***ii.2. Resultados de la simulación en Promechanica***

Aquí se representan las piezas que se han dibujado en Pro/Engineer, para componer la máquina de inyección para la simulación:

	
Mitad del molde amarrada al plato móvil	Mitad del molde amarrada al plato fijo
	
Plato móvil	Plato inyección
	
Plato cierre	Plato intermedio
	
Columnas exteriores	Columnas intermedias

*Tabla ii.10. Piezas que componen la unidad de cierre simplificada*

### iii. Resultados del método experimental

#### iii.1. Principios de la extensometría

Una banda extensométrica está constituida por un hilo metálico muy fino, de sección rectangular y espesor pequeño, montado sobre un soporte, de tal manera que la mayor parte de su longitud sea paralela a la dirección en la cual se pretende medir el alargamiento, para que la deformación longitudinal sea la principal y las deformaciones en la dirección transversal del hilo no den lugar a errores ante tracción o compresión simple del soporte.

Para la medida de la variación de la resistencia relativa producida se utiliza un circuito puente de Wheatstone. En una de las ramas del puente se coloca la banda de medida, mientras que el resto de las ramas se completan con resistencias pasivas de valor nominal idéntico al de la banda de medida no deformada, estas resistencias son de compensación y no están sujetas a deformaciones mecánicas. Esta configuración se conoce como cuarto de puente.

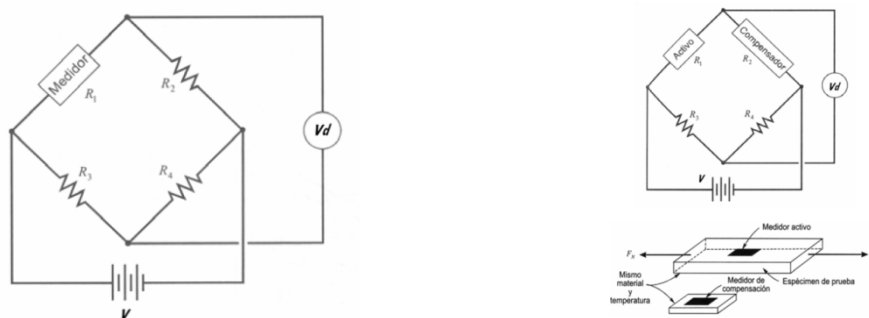


Figura iii.1. Circuito puente y colocación de la banda extensométrica

Los aparatos destinados a la medida de débiles tensiones proporcionadas por el circuito de medida, constan de:

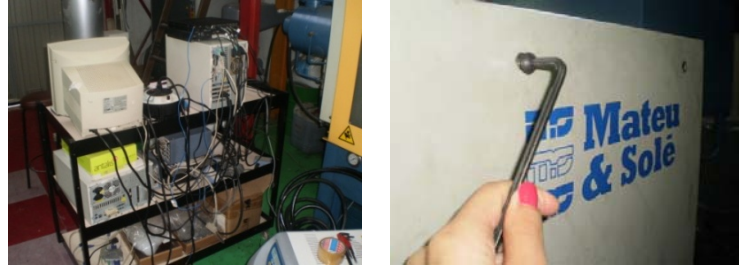
- Fuente de alimentación
- Amplificador de gran precisión, ya que la señal obtenida en los equipos de medida es muy débil
- Indicador graduado de las deformaciones. La lectura en el indicador puede venir en deformaciones o en voltios (cuando una resistencia varía, la tensión de salida también varía)
- Mandos de equilibrado que permiten la anulación de la tensión inicial de salida del puente producida por las tolerancias en las ramas
- Órganos de ajuste y calibración

Es muy importante, en la extensometría, conseguir un perfecto aislamiento del circuito de medida, ya que defectos de este tipo suponen falsear la medida, también debe tratarse de no generar perturbaciones en las ramas del puente con cambios de cables, contactos defectuosos, etc.

### ***iii.2. Descripción del proceso de preparación de los dispositivos***

#### ***iii.2.1. Colocación del equipo de medida***

- 1) Desmontaje de las tapas laterales que ocultan la parte de las columnas en la que se van a colocar las galgas.



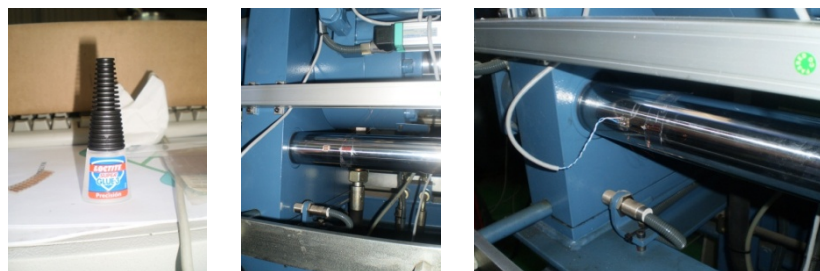
*Figura iii.2. Equipo necesario (izquierda), desmontaje de la tapa (derecha)*

- 2) Limpieza, con acetona, de la zona donde se van a pegar las galgas. No se realiza un pulido porque no es necesario.



*Figura iii.3. Limpieza con acetona*

- 3) Colocación de las galgas extensométricas (una en cada columna) y conexionado de las mismas a una caja de conexiones.



*Figura iii.4. Colocación de las galgas*

## 4) Montaje de la caja de conexiones.



Figura iii.5. Montaje de la caja de conexiones

- 5) Comprobación, con un polímetro, de la resistencia de las galgas, de valor  $120\ \Omega$ .  
 6) Conexión del amplificador para extensometría DBK43A al módulo de adquisición de datos Daqbook/100 Series.

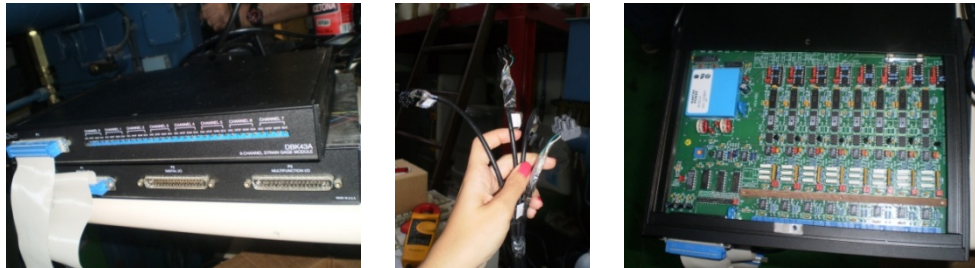


Figura iii.6. Conexión de cables al amplificador DBK43A y al módulo Daqbook

- 7) Calibración de las galgas con el software Strain Gage Calibration. La calibración se realiza para que los equipos de medida puedan funcionar adecuadamente, se seleccionan los canales del módulo por los que se van a tomar datos y se configuran para que todos midan respecto de la misma referencia, de modo que los datos resultantes sean coherentes. El modo de referenciar los canales es girando el tornillo regulador correspondiente hasta que todos indiquen la misma medida.

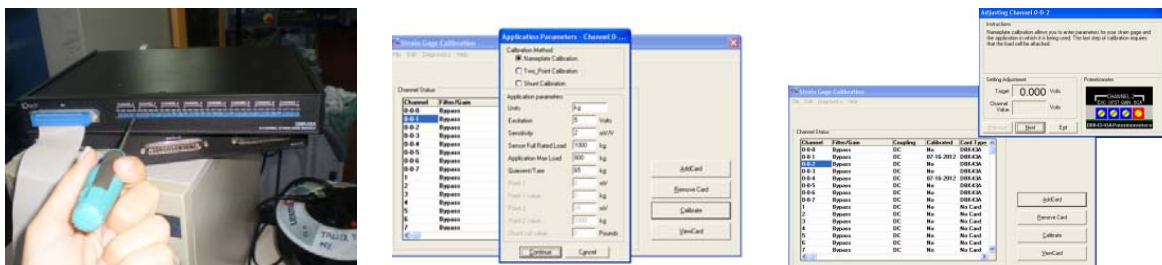


Figura iii.7. Calibración de las galgas extensométricas a través del software

8) Con el software Daqview se visualiza el comportamiento de las galgas.



*Figura iii.8. Visualización del registro de las galgas en el software*

### *iii.2.2. Preparación de la máquina de inyección y el molde*

1) Colocación del molde en la máquina



*Figura iii.9. Colocación del molde en la máquina*



*Figura iii.10. Amarre del molde*

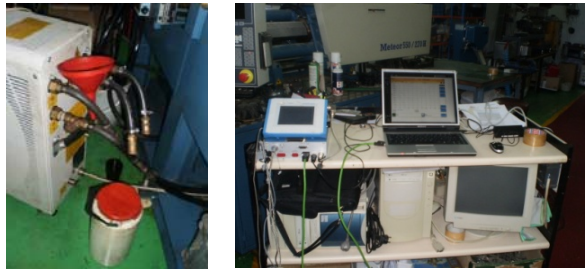
2) Introducción del material PPU X9067 HS (Basell Polyolefins)



*Figura iii.11. Introducción del material*



### 3) Preparación del programa de adquisición de presiones



*Figura iii.12. Preparación del programa de adquisición de presiones*

#### iii.2.3. Ensayo

- 1) Se toman medidas del cierre de la máquina, con la máquina parada, abierta, y con presión al 30, 50 y 80 % ( $P_{m\acute{a}x} = 175 \text{ Bar}$ , correspondiente a la máxima fuerza de cierre de la máquina, 55 Tm).
- 2) Para programar la máquina, primero se observa el llenado general, cuando llene al 95 % aproximadamente, se alcanzará la presión máxima para la inyección de la pieza correspondiente, y la presión de compactación será el 40-60 % de la presión máxima. Llenan antes las partes más gruesas de la pieza, ya que ofrecen menos resistencia, luego son más propensas a sobrecompactación.
- 3) Inyección con 4 figuras



*Figura iii.13. Cavidades del molde y pieza de cuatro figuras producida*

- 4) Inyección con 1 figura (situada cerca de la columna 3).



*Figura iii.14. Giro del canal para producir pieza de una figura (izquierda) y pieza de una figura producida (derecha)*

### iii.3. Resultados

Del software Daqview, se obtienen los voltajes correspondientes a las cuatro galgas extensométricas (una en cada columna), cuya variación con respecto a la referencia, permite obtener la deformación sufrida por cada columna a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Excitación (mV)} \cdot \text{Factor de Galga} \cdot \varepsilon}{4} = \text{Voltaje de salida del circuito puente}$$

Ecuación iii.1.

Si disponemos de la presión aplicada y del diámetro del pistón hidráulico ( $D = 125 \text{ mm}$ ) podemos obtener la fuerza de cierre correspondiente:

$$F_{\text{cierre}} = P \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Ecuación iii.2.

También es posible, a través de la pendiente de la recta que representa los voltajes frente a la presión aplicada, calcular la rigidez de las columnas.

#### iii.3.1. Cálculo de las fuerzas que sufren las columnas

Si el molde está abierto, todas las columnas deberían funcionar igual. El valor medio de los voltajes medidos por las galgas en abierto, proporciona un offset que se ha de restar a los valores obtenidos de aplicar distintas fuerzas de cierre sobre el molde vacío.

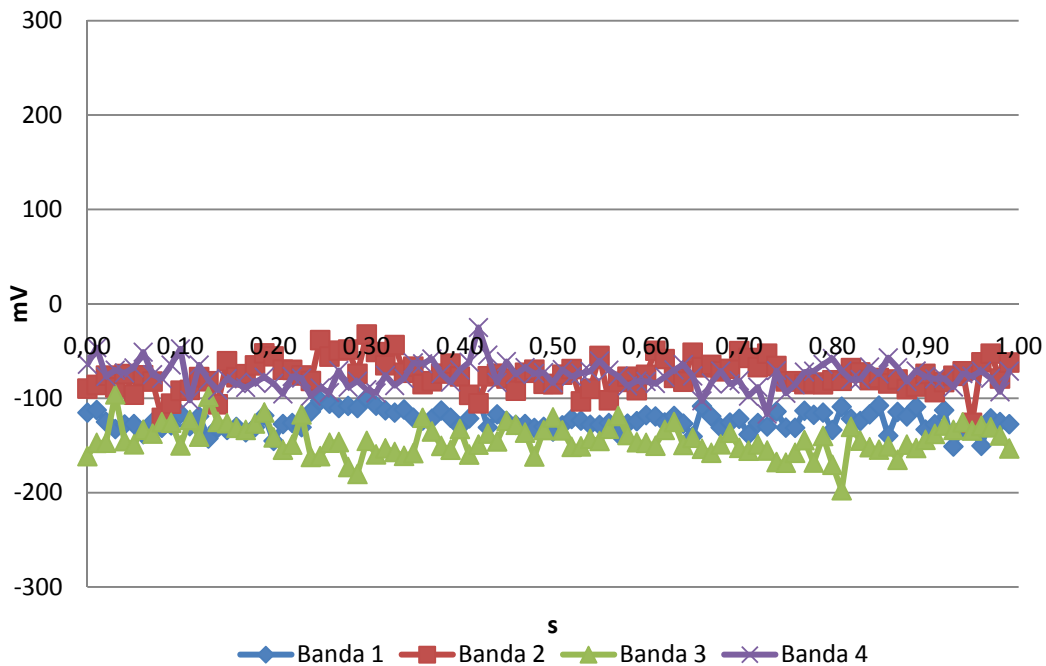


Figura iii.15. Voltajes de las galgas durante 1 s en abierto



Teniendo en cuenta este offset, se obtienen las siguientes presiones de cierre para dos fuerzas de cierre diferentes:

Presión	Fuerza de cierre	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
Bar	Tm	mV	mV	mV	mV
52,5	16,5	425,33275	274,03447	276,24467	367,80679
87,5	27,5	562,85815	391,37417	409,95207	511,94199
105	33	604,54435	435,83577	431,11437	544,97899

Tabla iii.1. Presiones de cierre frente a voltajes registrados para el molde de cuatro figuras

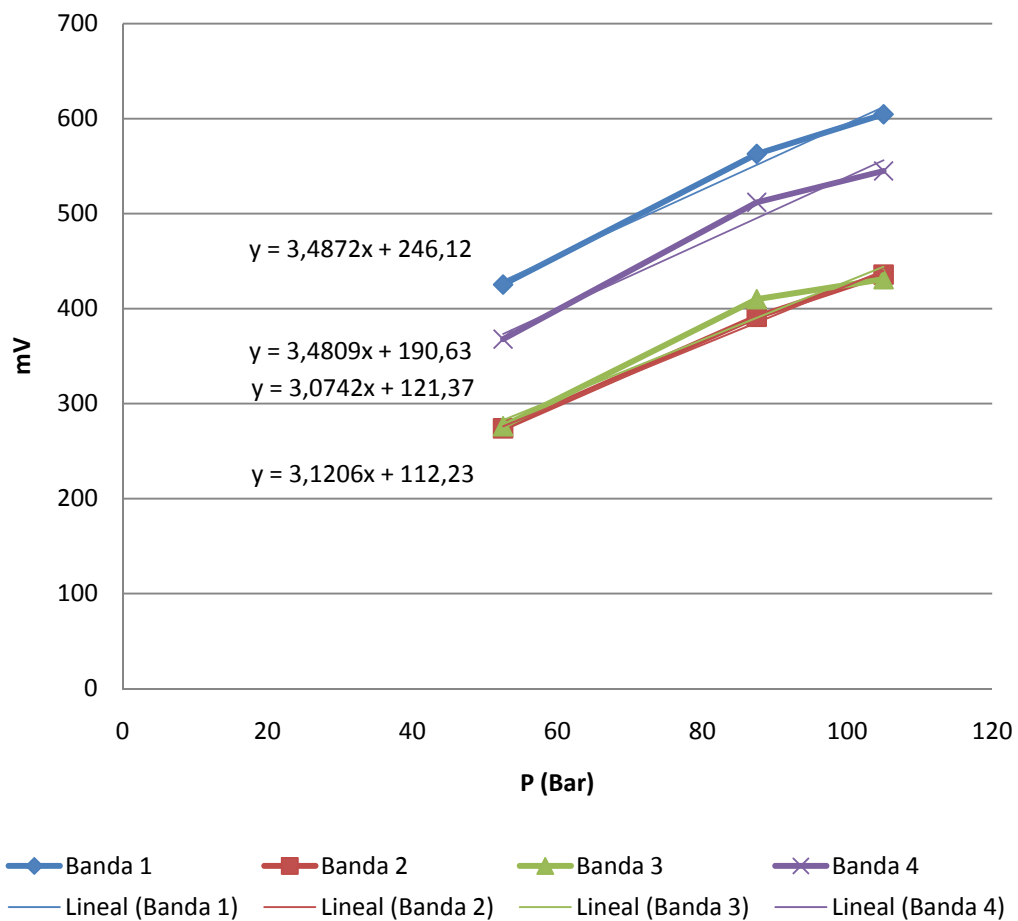


Figura iii.16. Presiones de cierre frente a voltajes registrados, para el molde de cuatro figuras

$$F_{\text{cierre}} = F_{\text{banda 1}} + F_{\text{banda 2}} + F_{\text{banda 3}} + F_{\text{banda 4}} \quad \text{Ecuación iii.3.}$$

Un sistema equilibrado (simétrico) hace que

$$F_{\text{cierre}} = 4 \cdot F_{\text{banda } i} \quad \text{Ecuación iii.4.}$$

Según la ley de Hooke, para cada presión

$$F_{\text{cierre}} = x \cdot k + k' = \sum F_i \quad \text{Ecuación iii.5.}$$

Para cada presión, o para cada fuerza de cierre aplicada correspondiente, se obtienen unos voltajes en función de la presión, representados en las rectas de la gráfica. Para cada presión, las ecuaciones de estas rectas multiplicadas por un factor corrector (característico de las galgas extensométricas) dan lugar a:

$$F_{banda\ 1} = x \cdot k_1 + k'_1 = f_{corrección} \cdot y_1 \quad \text{Ecuación iii.6.}$$

$$F_{banda\ 2} = x \cdot k_2 + k'_2 = f_{corrección} \cdot y_2 \quad \text{Ecuación iii.7.}$$

$$F_{banda\ 3} = x \cdot k_3 + k'_3 = f_{corrección} \cdot y_3 \quad \text{Ecuación iii.8.}$$

$$F_{banda\ 4} = x \cdot k_4 + k'_4 = f_{corrección} \cdot y_4 \quad \text{Ecuación iii.9.}$$

donde

$x$  son Bar,  $k_i$  es un factor de rigidez de la columna  $i$  y  $k'_i$  representa un offset.  
 $k_i$  no es la rigidez porque  $x$  son Bar, no desplazamientos, las  $k_i$  deberían ser iguales.  
 $k'_i$  depende de cómo es el contacto entre las paredes del molde, debería ser nulo.

La incógnita es  $f_{corrección}$ .

Para cada fuerza de cierre aplicada en vacío:

$$16.5\ Tm = f_{corrección\ a} \cdot [52.5 \cdot (3.4872 + 3.1206 + 3.0742 + 3.4809) + 246.12 + 112.23 + 121.37 + 190.63]$$

$$27.5\ Tm = f_{corrección\ b} \cdot [87.5 \cdot (3.4872 + 3.1206 + 3.0742 + 3.4809) + 246.12 + 112.23 + 121.37 + 190.63]$$

$$33\ Tm = f_{corrección\ c} \cdot [105 \cdot (3.4872 + 3.1206 + 3.0742 + 3.4809) + 246.12 + 112.23 + 121.37 + 190.63]$$

Con  $f_{corrección\ a}$ ,  $f_{corrección\ b}$  y  $f_{corrección\ c}$  se obtiene un  $f_{corrección\ medio} = 0.0144301$ .

Se podría tomar  $F_2 = F_3$  ya que sus pendientes son muy aproximadas, lo cual indica, que hay un desequilibrio del molde respecto al eje de simetría vertical del molde. También se podría tomar la misma  $k_i$  para todas las columnas.

### Ensayo en vacío para otra pieza diferente

Al realizar otro ensayo en vacío con el molde de otra pieza diferente se ha obtenido esta gráfica:

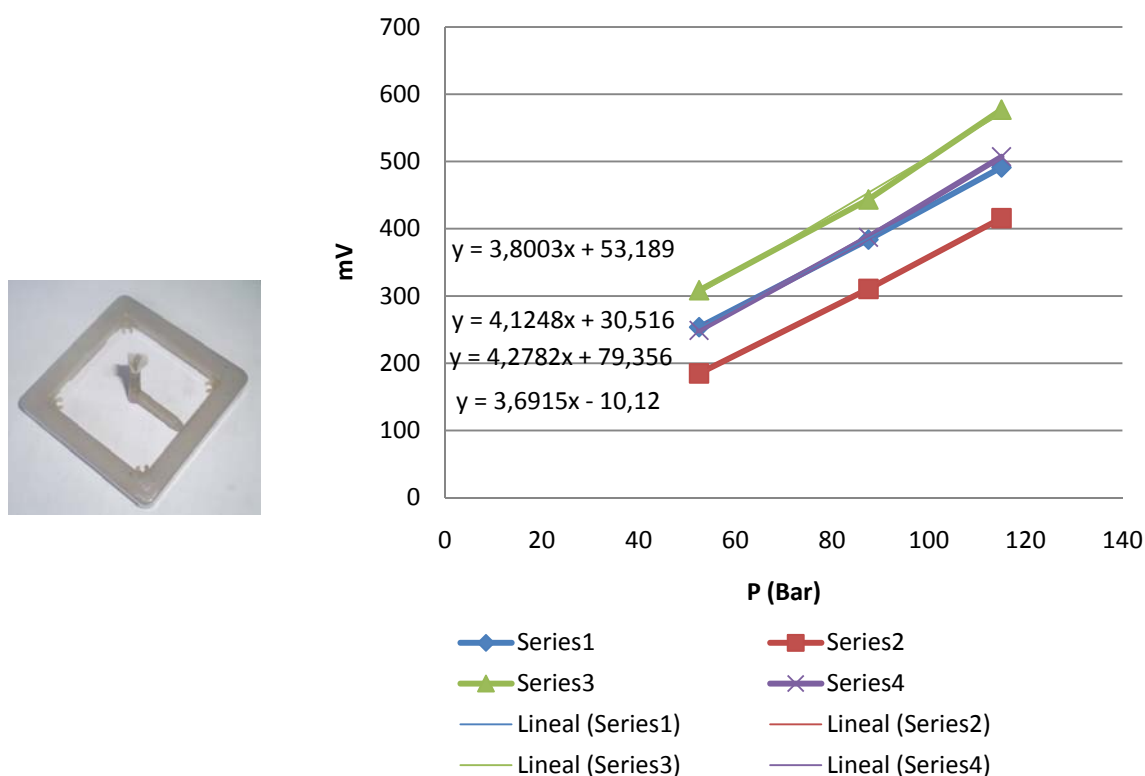


Figura iii.17. Pieza correspondiente a molde (izquierda) con el que se realiza una segunda toma de presiones de cierre frente a voltajes registrados (derecha)

En este caso son las columnas correspondientes a las galgas 1 y 4, las que tienen un comportamiento similar, es decir, desequilibrio del molde respecto al eje vertical.

#### *iii.3.2. Fuerzas de cierre obtenidas en los ensayos*

Multiplicando el factor de corrección por los voltajes obtenidos mediante las galgas, se pueden representar las fuerzas de cierre que se transmiten a cada una de las columnas en función de las presiones, para cada uno de los casos.

Máquina cerrada en vacío:

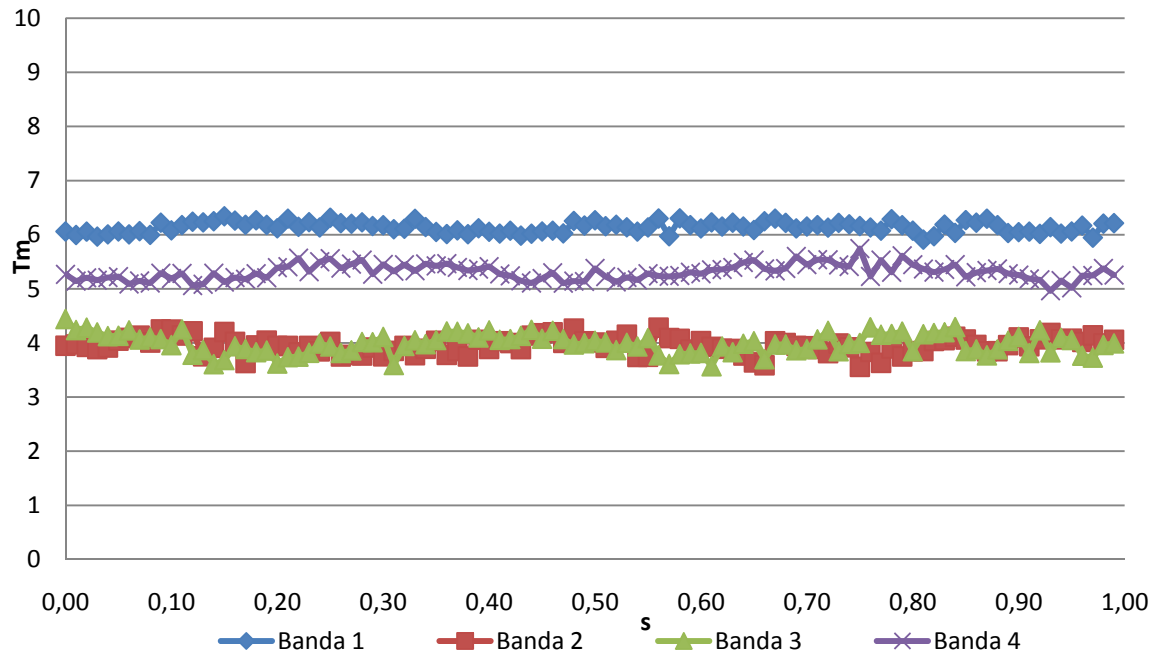


Figura iii.18. Fuerza de cierre frente al tiempo al 30% de presión máxima, en vacío

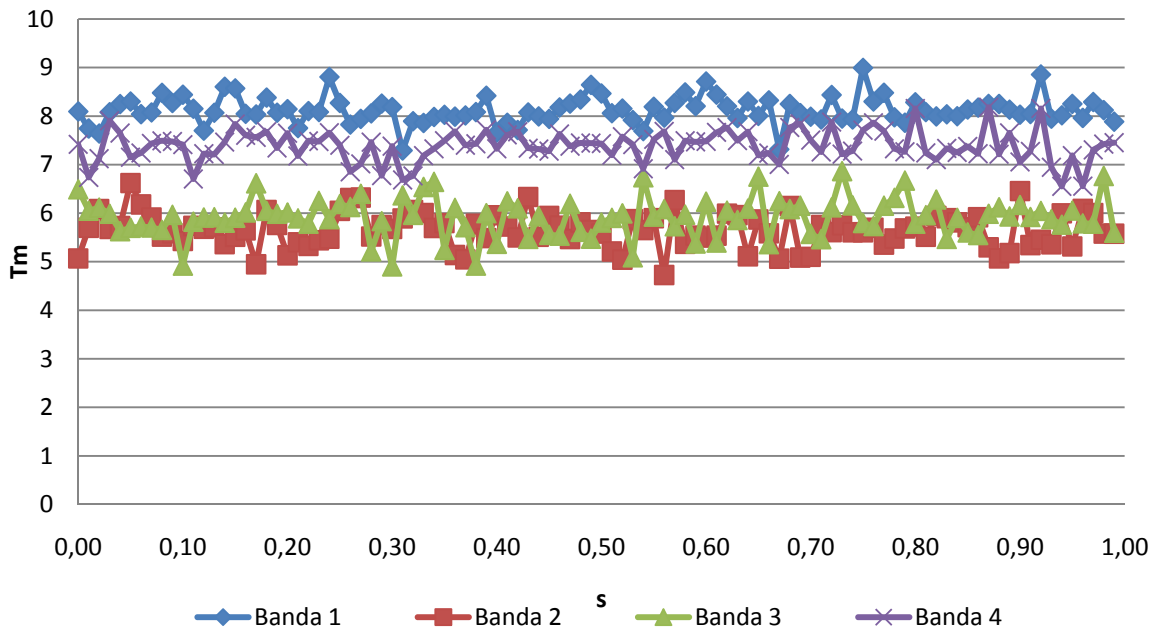


Figura iii.19. Fuerza de cierre frente al tiempo al 50% de presión máxima, en vacío

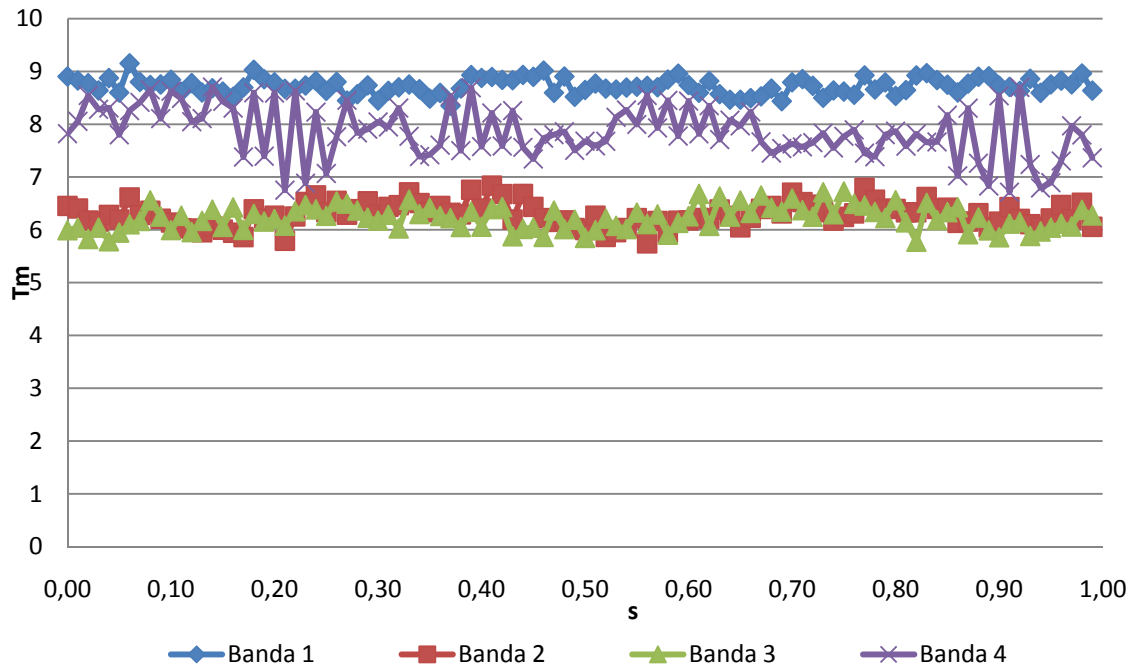


Figura iii.20. Fuerza de cierre frente al tiempo al 60% de presión máxima, en vacío

### Inyección de la pieza de una figura:

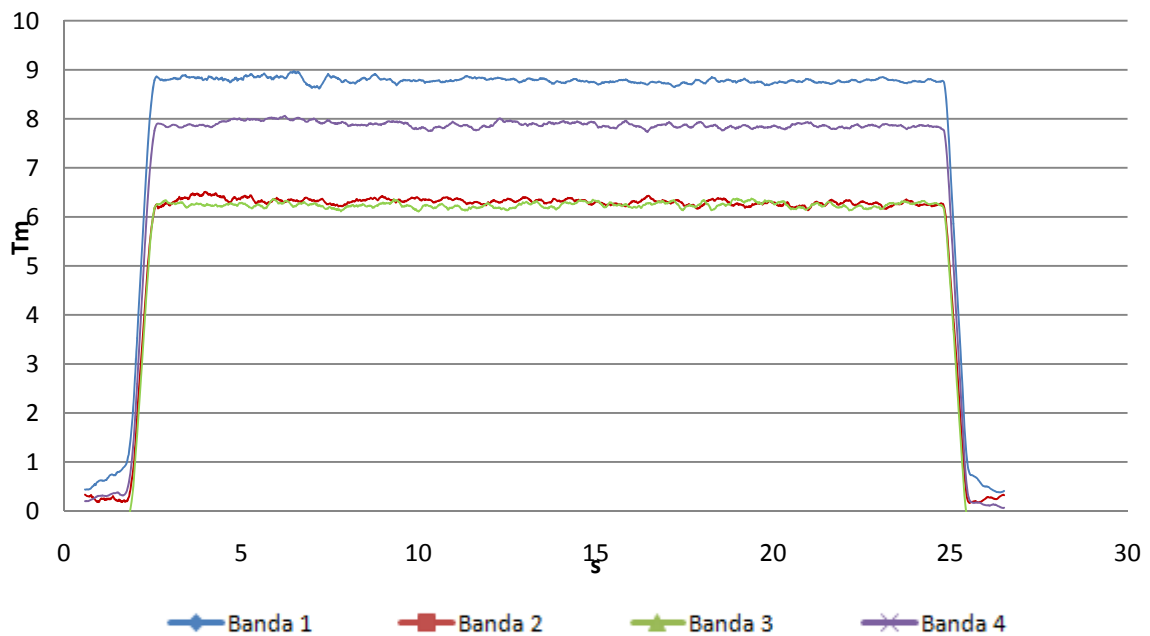


Figura iii.21. Fuerza de cierre frente al tiempo, a 27 Bar de llenado y 27 Bar de compactación

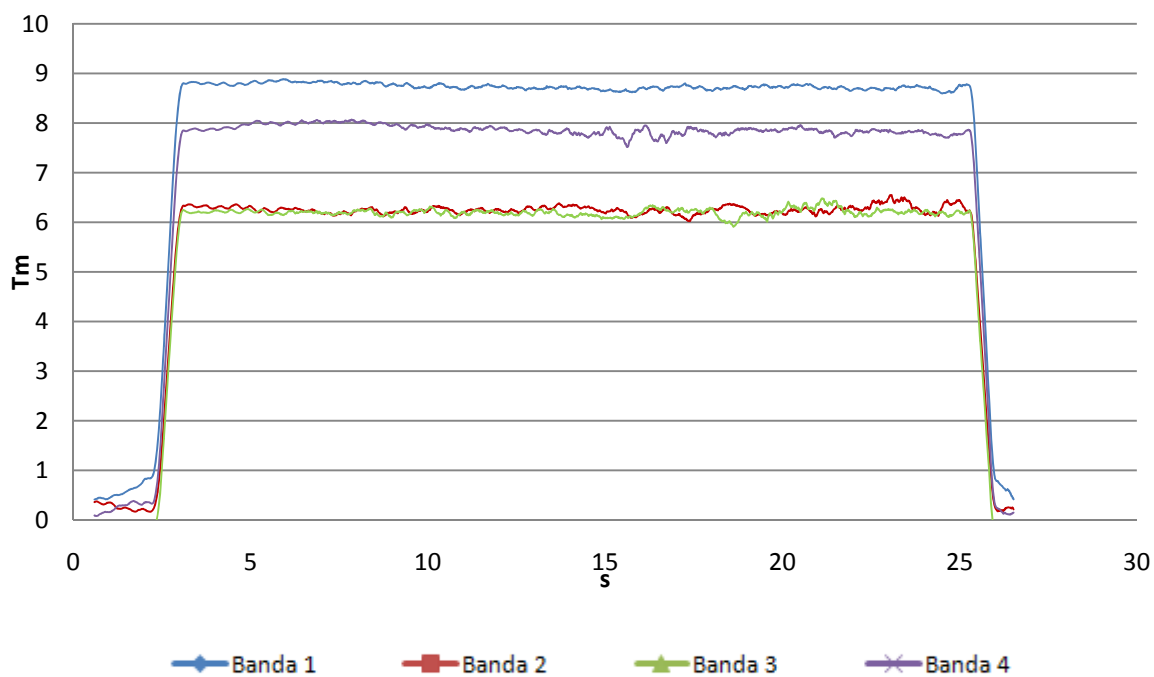


Figura iii.22. Fuerza de cierre frente al tiempo, a 27 Bar de llenado y 20 Bar de compactación

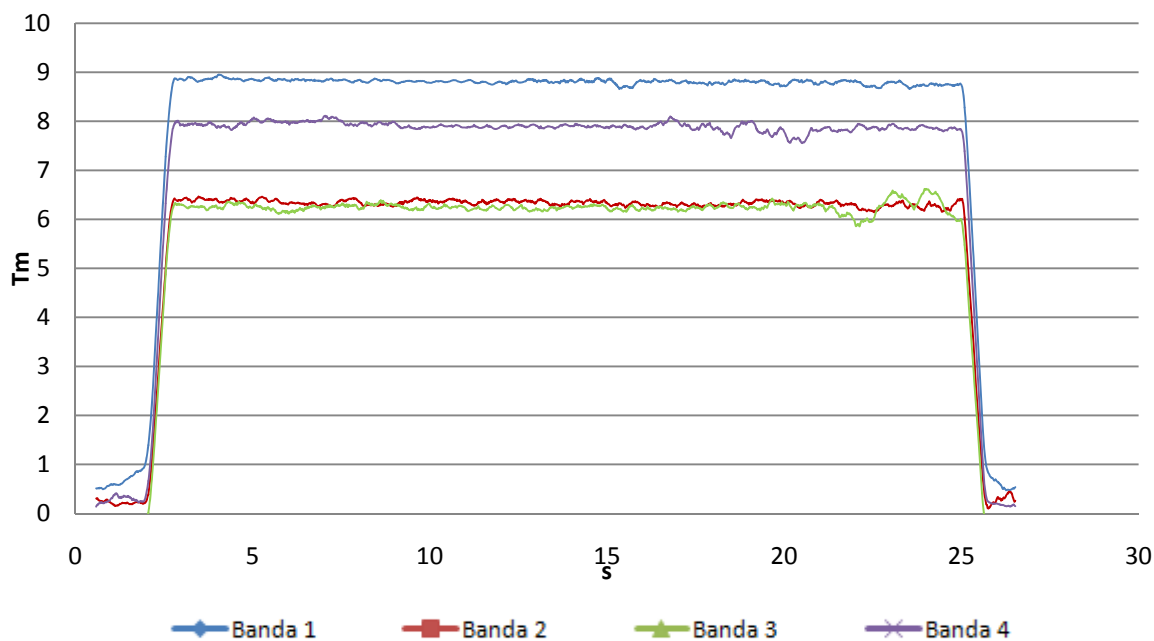


Figura iii.23. Fuerza de cierre frente al tiempo, a 27 Bar de llenado y 15 Bar de compactación

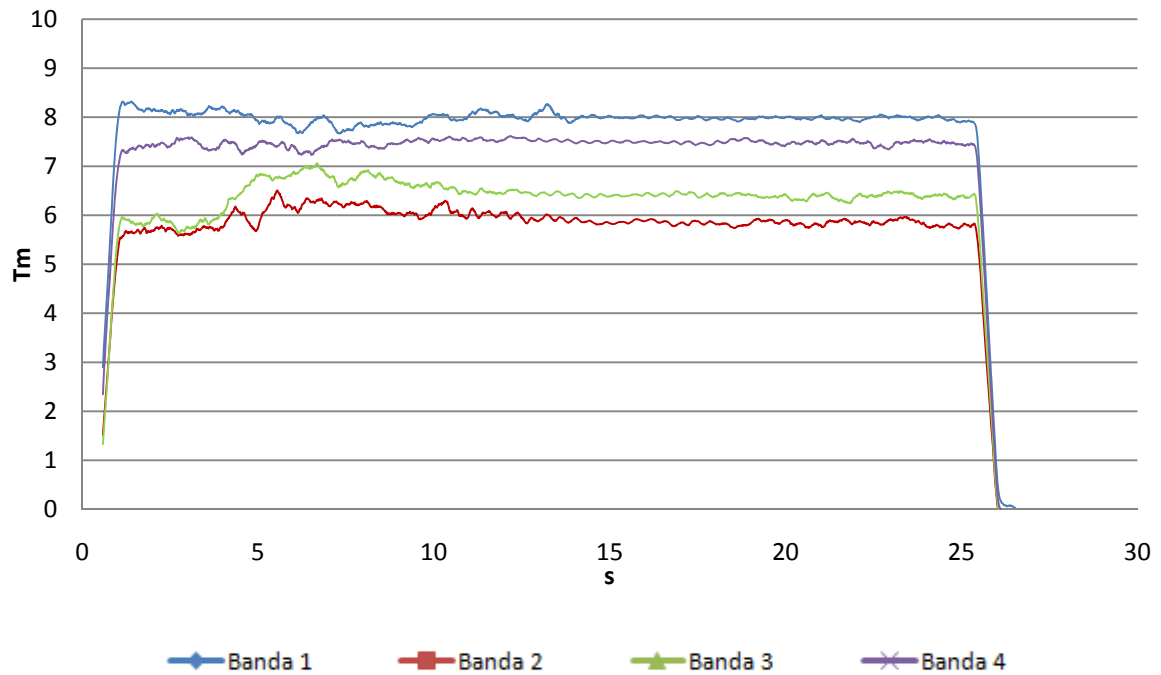
Inyección de la pieza de cuatro figuras:

Figura iii.24. Fuerza de cierre frente al tiempo, a 37 Bar de llenado y 29.6 Bar de compactación

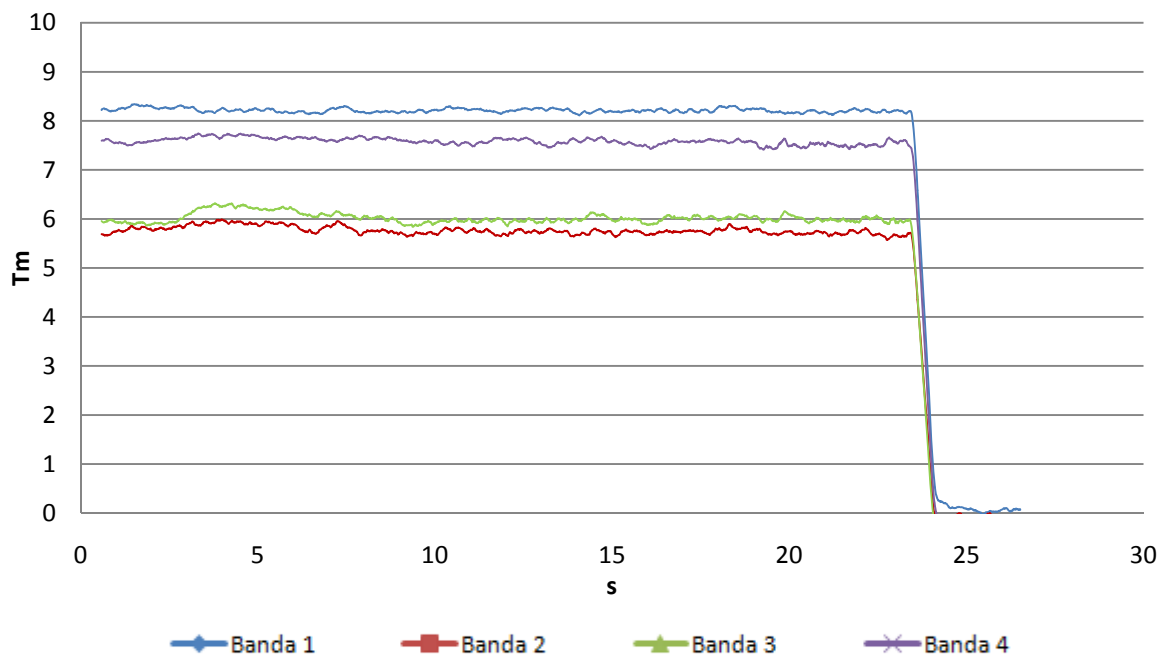
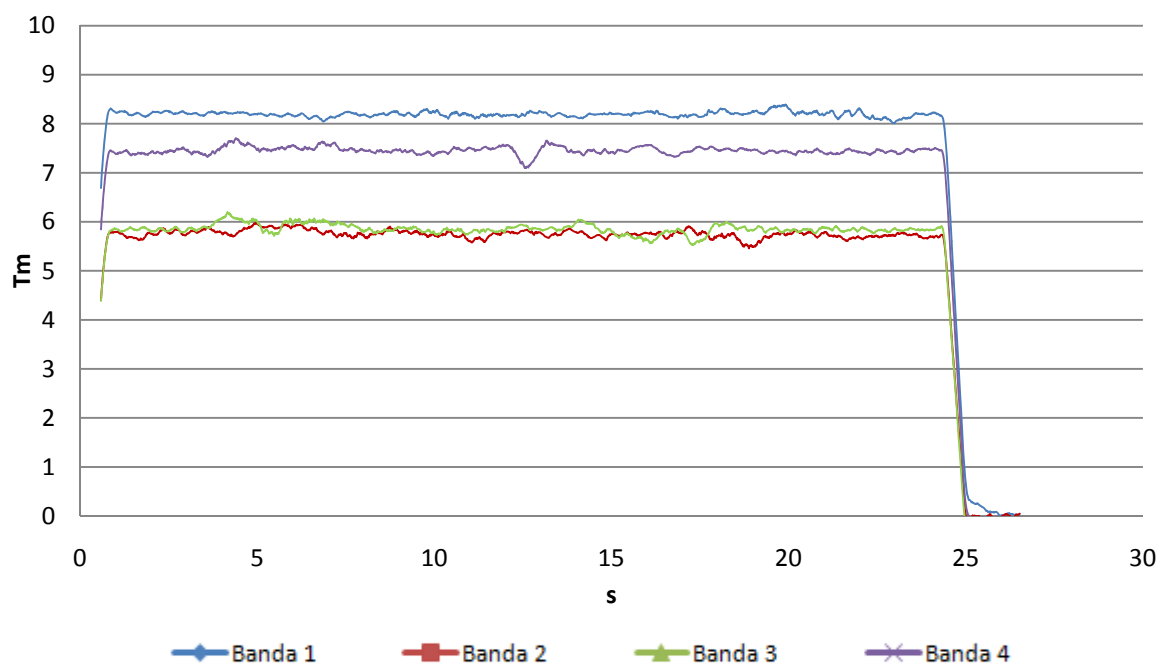


Figura iii.25. Fuerza de cierre frente al tiempo, a 37 Bar de llenado y 22.2 Bar de compactación



*Figura iii.26. Fuerza de cierre frente al tiempo, a 37 Bar de llenado y 14.8 Bar de compactación*



# iv – Resultados de la aplicación industrial

A continuación se presentan más resultados obtenidos a partir de la simulación realizada en Moldflow para cada uno de los casos:

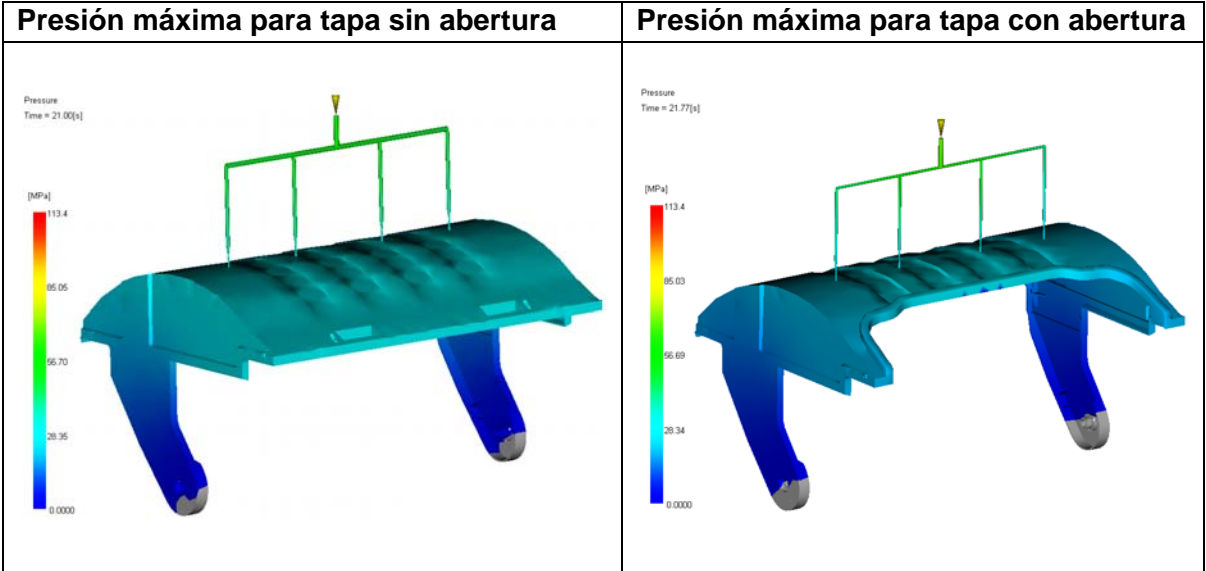


Tabla iv.1. Resultado en Moldflow de presión máxima para cada uno de los casos

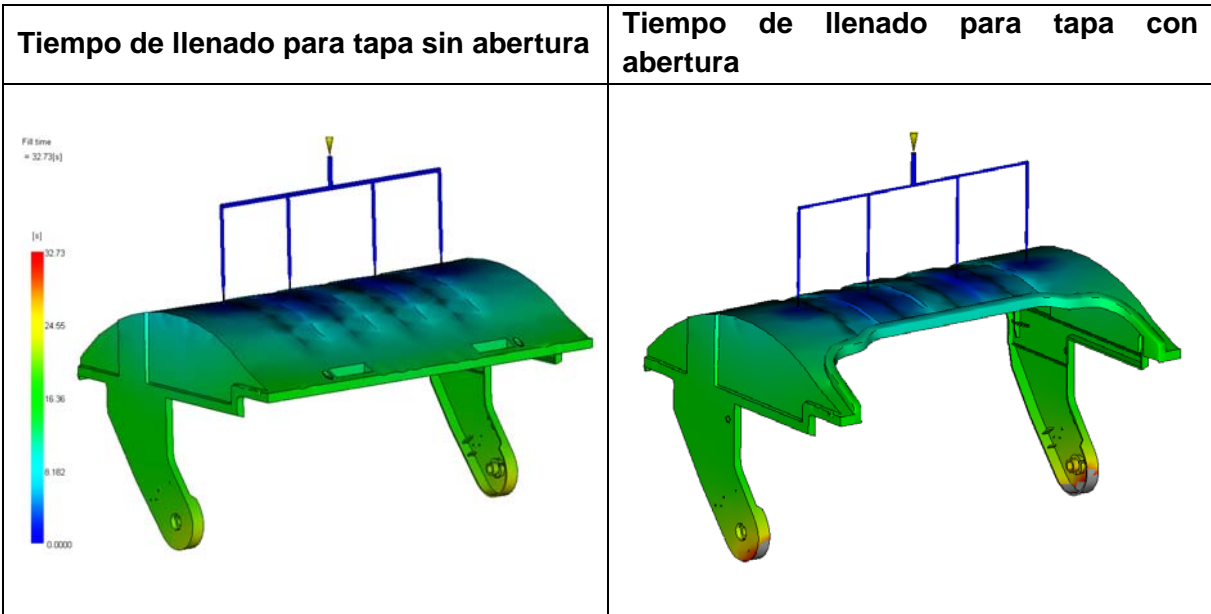


Tabla iv.2. Resultado en Moldflow de tiempo de llenado para cada uno de los casos

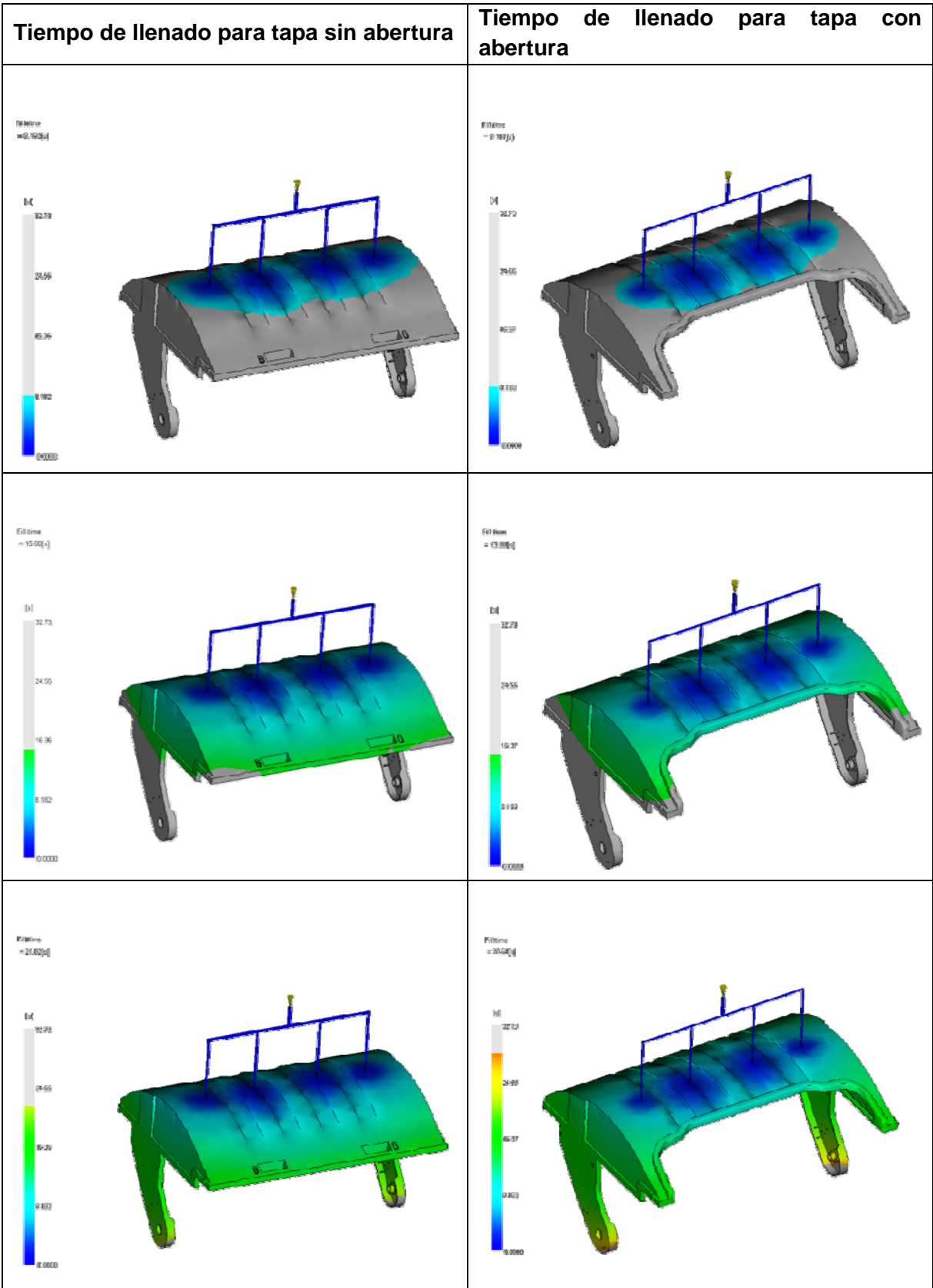


Tabla iv.3. Representación de cómo es el llenado en cada uno de los casos

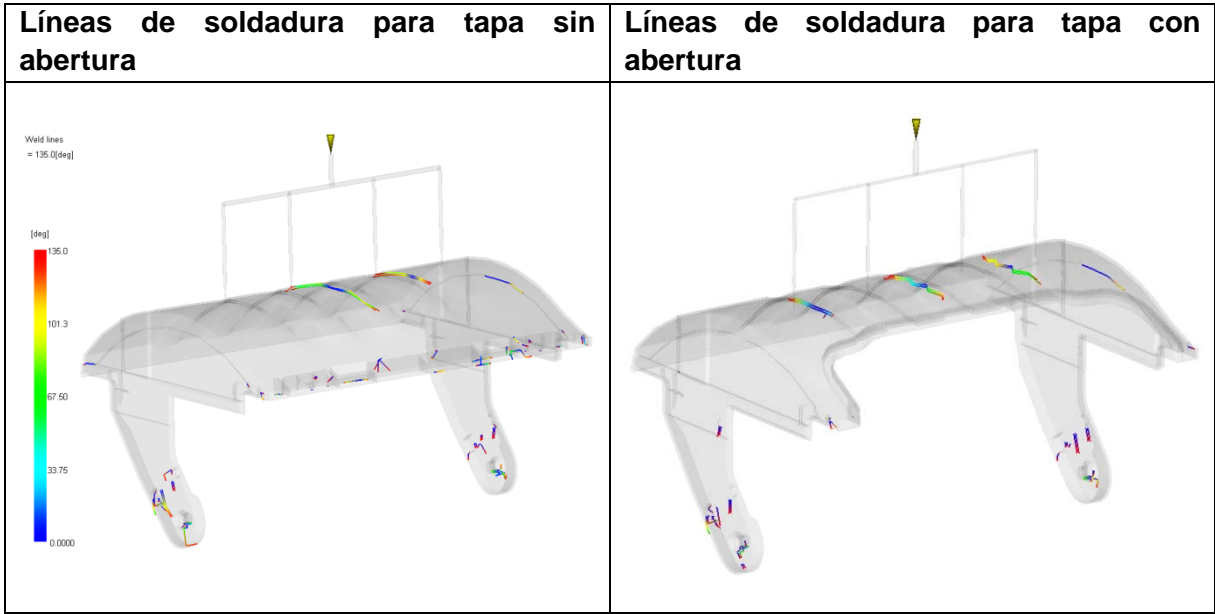


Tabla iv.4. Resultado en Moldflow de líneas de soldadura para cada uno de los casos

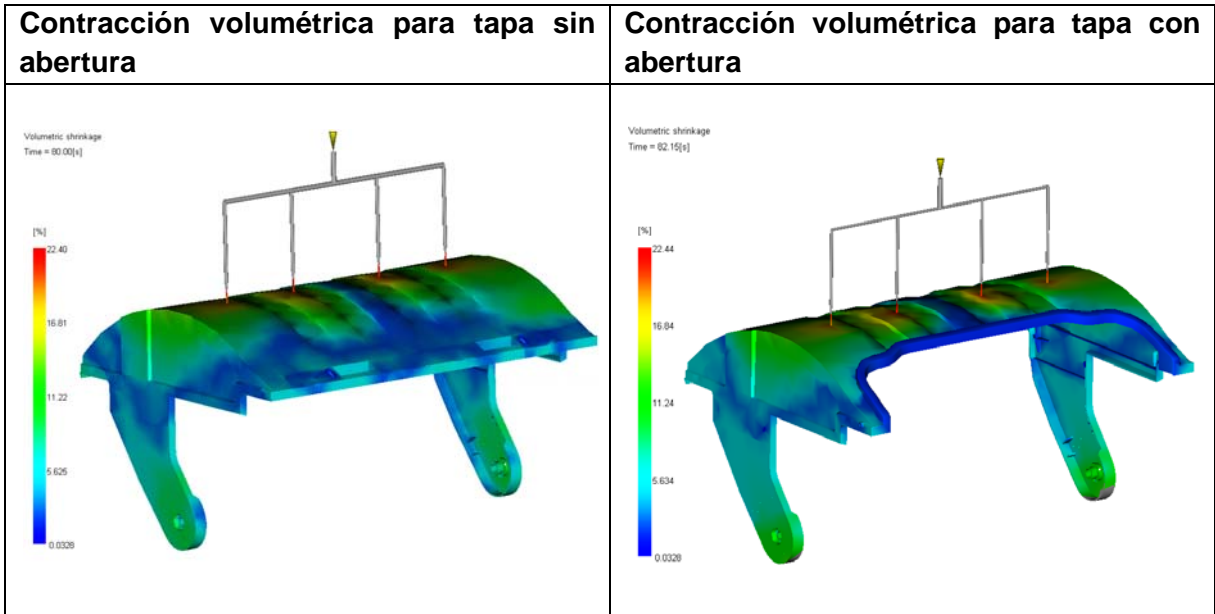


Tabla iv.5. Resultado en Moldflow de contracción volumétrica para cada uno de los casos

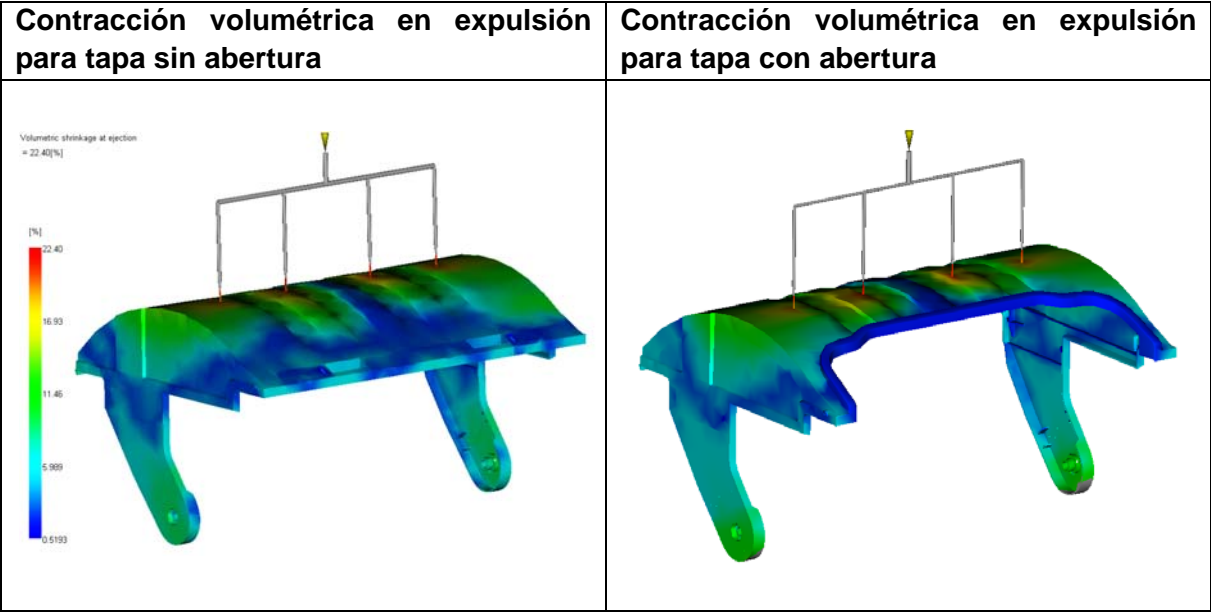


Tabla iv.6. Resultado en Moldflow de contracción volumétrica en la expulsión para cada uno de los casos

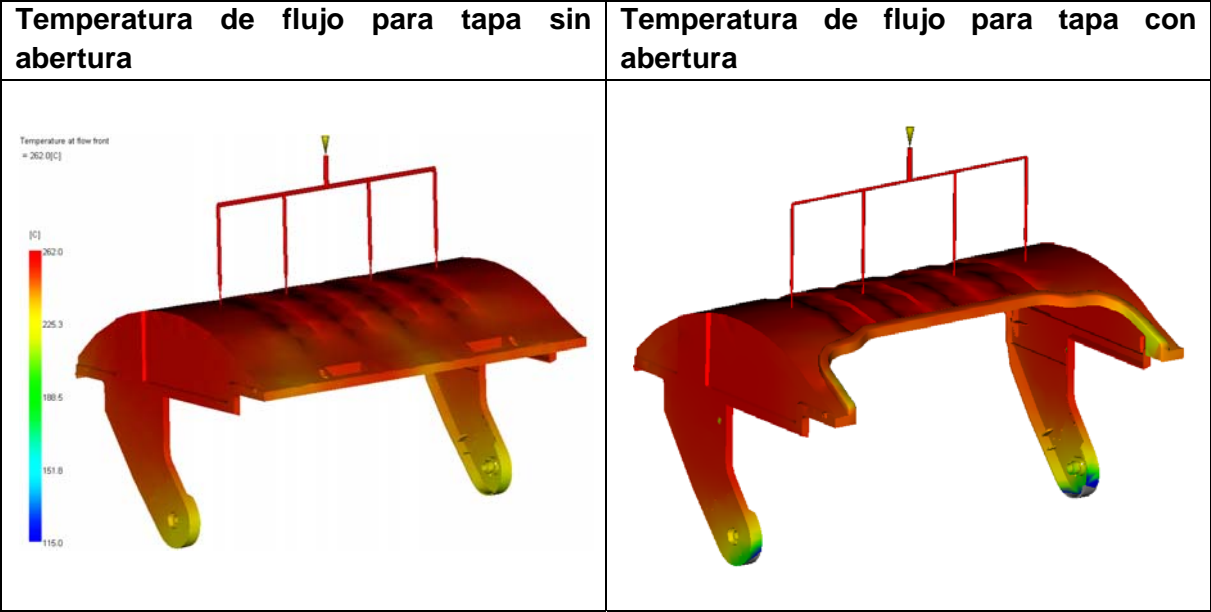


Tabla iv.7. Resultado en Moldflow de temperatura de flujo para cada uno de los casos

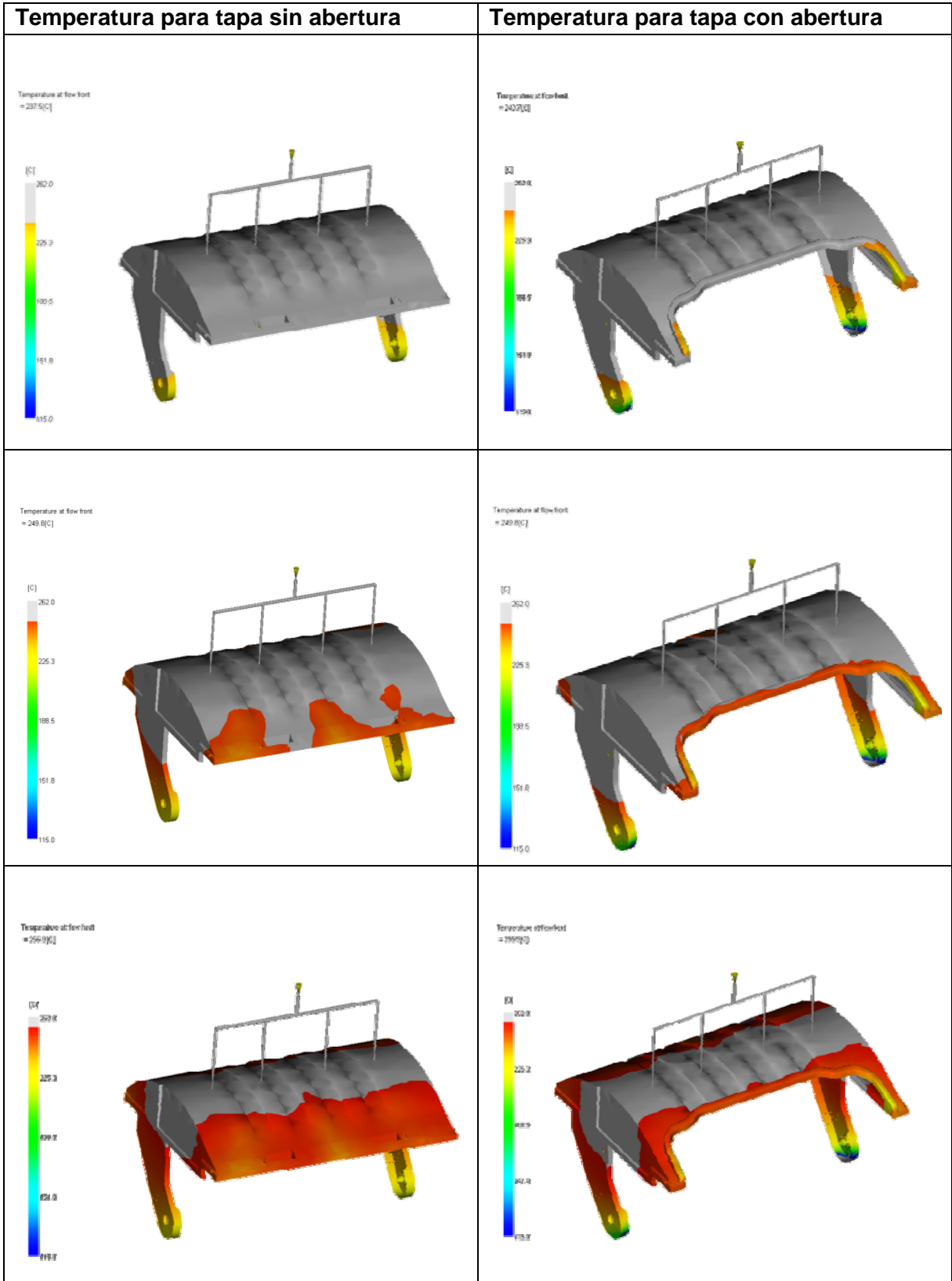


Tabla iv.8. Representación de cómo es la temperatura en cada uno de los casos

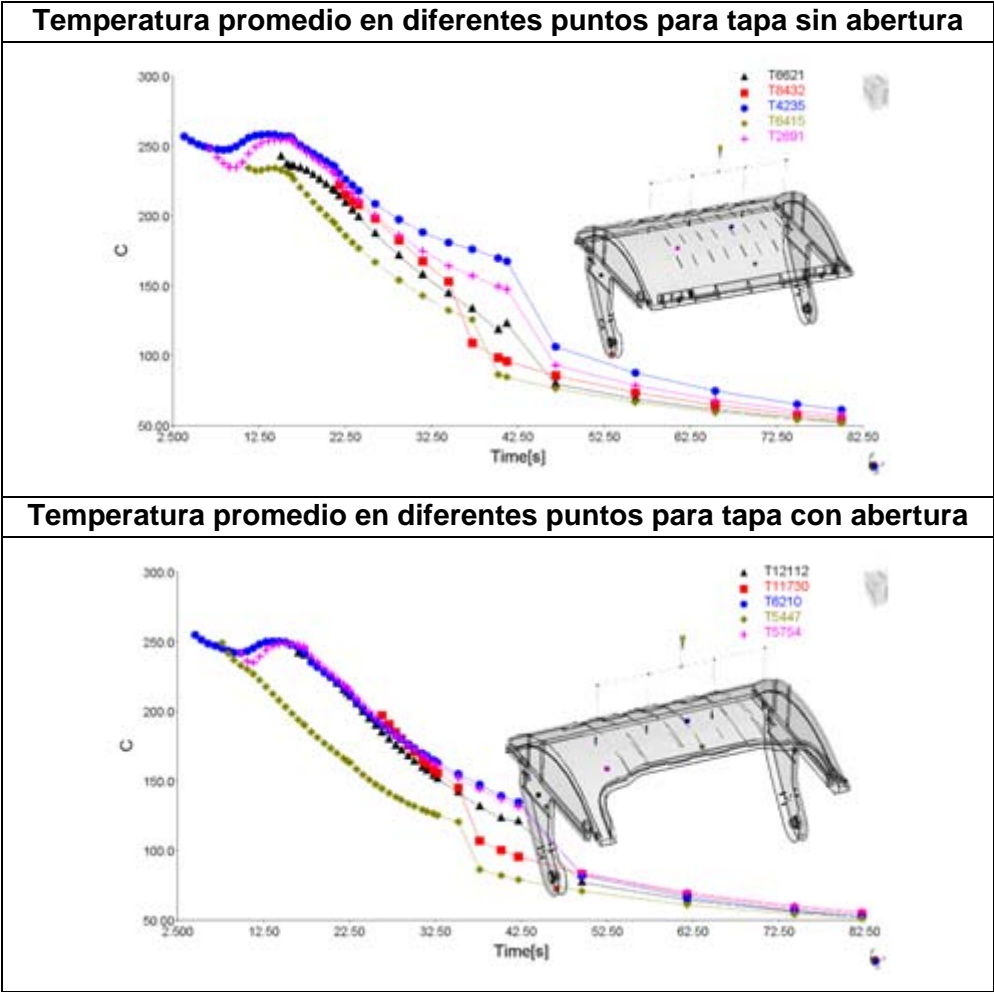


Tabla iv.9. Resultado en Moldflow de temperatura promedio en diferentes puntos para cada uno de los casos

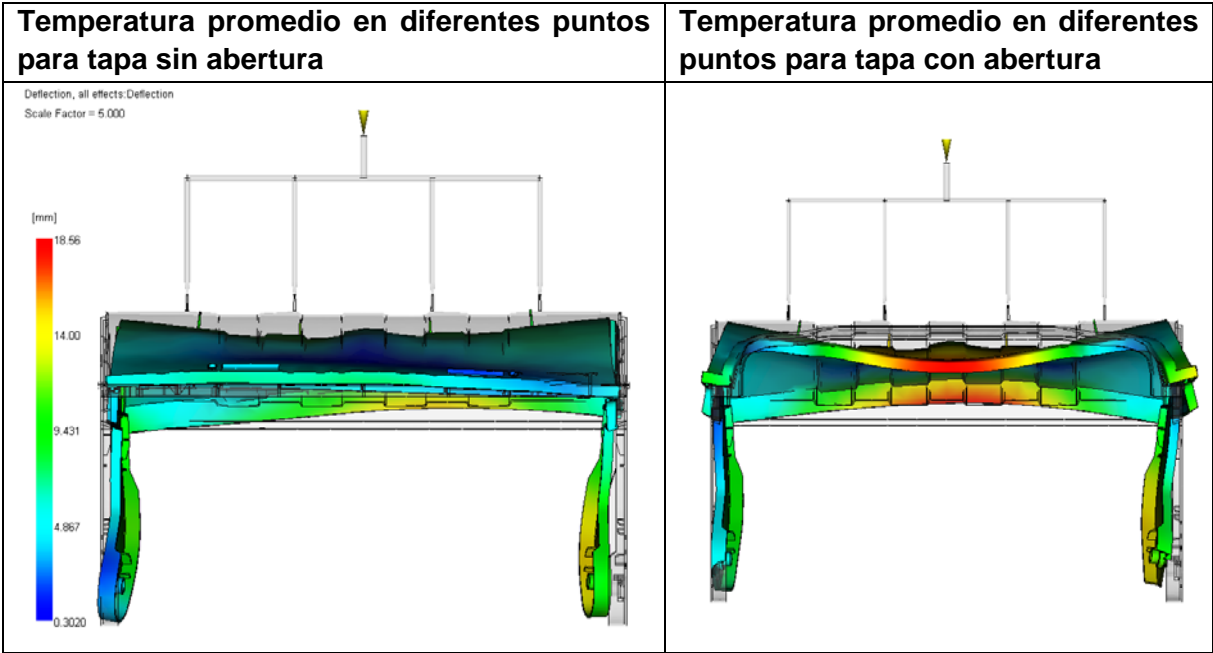


Tabla iv.10. Resultado en Moldflow de alabeo para cada uno de los casos

## v - Hoja de características de la máquina de inyección del T.I.I.P. [8]

MATEU & SOLÉ

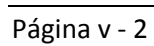
GAMA METEOR

### 4. DATOS TÉCNICOS

#### 4.1 Características Técnicas y Dimensiones.

CLASIFICACION EUROMAP			
INYECCION		165/55H	270/55H
Diámetro del husillo	mm	26-30-35	30-35-40
Relación L/D del husillo		20,5	20,5
Presión máxima de inyección	Bar	2270-1705-1250	2365-1735-1329
Volumen teórico de inyección	cm3	72-95-130	113-155-201
Peso máximo de inyección (PS)	g	65-86-118	105-140-185
Caudal de inyección	cm3/s	70-93-126	67-91-118
Capacidad de plastificación	g/s	20-35-50	40-50-60
Velocidad regulable del husillo	min-1	337	216
Par de giro del husillo	Nm	445	696
Zonas de calefacción	nº	4+1	4+1
Potencia de calefacción	KW	7,18-8,38-9,58	8,38-9,58-11,58
Fuerza máxima apoyo boquilla	KN	90,7	90,7
Carrera máxima de la boquilla	mm	270	320
CIERRE			
Fuerza de cierre	KN (Mp)	550(55)	
Carrera máxima de apertura	mm	350	
Espesor molde ajustable de ...a...	mm	120-300	
Dimensiones de los platos HxV	mm	525x525	
Paso entre columnas HxV	mm	355x355	
Distancia máxima entre platos	mm	630	
Diámetro de las columnas	mm	60	
Fuerza máxima de expulsión	KN	44	
Carrera máxima de expulsión	mm	130	
GENERAL			
Ciclos en vacío (Euromap 6a)	min-1	60	
Potencia del motor	KW (CV)	15(20)	
Potencia total instalada	KW	22,18-23,38-24,58	23,38-24,58-26,68
Capacidad depósito aceite +auxiliar	L	170+20	
Peso neto de la máquina	Kg	3200	

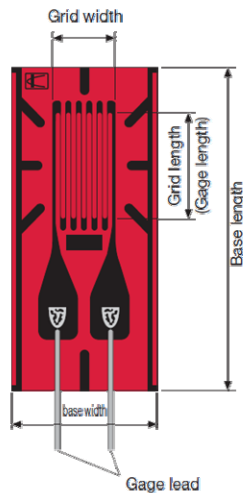






## vi - Hoja de características de las galgas extensométricas [9]

### ● General-purpose Foil Strain Gages in KFG Series



The KFG series gages use polyimide resin for the base approximately 13 μm thick, ensuring excellent flexibility. Besides indoor measurement, the outstanding moisture resistance lets them effectively perform outdoor measurement. Unless directly exposed to waterdrops, no coating treatment is required.

#### Applicable Adhesives and Operating Temperature Range after Curing

CC-33A : -196~120°C (-10 to 80°C with vinyl-coated cable attached)  
 CC-35 : -30~120°C (-10 to 80°C with vinyl-coated cable attached)  
 CC-36 : -30~100°C (-10 to 80°C with vinyl-coated cable attached)  
 EP-34B : -55~150°C (-10 to 80°C with vinyl-coated cable attached)  
 PC-600 : -196~150°C (-10 to 80°C with vinyl-coated cable attached)

#### Notes on pre-attached leadwire cables

- Standard color of the 2-wire cable pre-attached to uniaxial gages is red (R). If desired, a white, green, yellow or black cable can be pre-attached.
- Standard 3-wire cable pre-attached to uniaxial gages has red stripes. If desired, the red stripes can be changed to blue or yellow stripes.
- In the case of a triaxial gage, 2-wire cables are color-coded with red, white and green stripes for 0°, 90° and 45°, respectively and 3-wire cables, with red, yellow and blue stripes for 0°, 90° and 45°, respectively. The letter code is S in common.


### ■ Types, lengths and codes of leadwire cables pre-attached to KFG series gages

Type	Polyester-coated 2-wire copper cable	Polyester-coated 3-wire copper cable	Vinyl-coated flat 2-wire cable		Vinyl-coated flat 3-wire cable		Middle-temperature 2-wire cable	Middle-temperature 3-wire cable
Length	C1,C2,C3, C15,C16, D1,D2,D3,D4, D6,D9,D16, D17,D19,D28, D29,D31	C1,C2,C3, C15,C16, D1,D4, D16,D17,	C1,C2,C3, C15,C16, D9,D19,	D1,D4, D16,D17, D28,D29, D39	C1,C2,C3, C15,C16, D2,D9,D19, D31	D1,D4, D16,D17, D28,D39	C1,C2,C3, C15,C16, D1,D4,D9, D16,D17,D19, D28,D39	C1,C2,C3, C15,C16, D1,D2,D4,D9, D16,D17,D19, D28,D31,D39
2 cm	N2C2	N2C3						
3	N3C2	N3C3						
4	N4C2	N4C3						
5	N5C2	N5C3						
10	N10C2	N10C3						
15	N15C2	N15C3	L15C2R	L15C2S	L15C3R	L15C3S	R15C2	R15C3
30	N30C2	N30C3	L30C2R	L30C2S	L30C3R	L30C3S	R30C2	R30C3
50	N50C2	N50C3	L50C2R	L50C2S	L50C3R	L50C3S	R50C2	R50C3
1 m	N1M2	N1M3	L1M2R	L1M2S	L1M3R	L1M3S	R1M2	R1M3
2			L2M2R	L2M2S	L2M3R	L2M3S	R2M2	R2M3
3			L3M2R	L3M2S	L3M3R	L3M3S	R3M2	R3M3
4			L4M2R	L4M2S	L4M3R	L4M3S	R4M2	R4M3
5			L5M2R	L5M2S	L5M3R	L5M3S	R5M2	R5M3
6			L6M2R	L6M2S	L6M3R	L6M3S	R6M2	R6M3
7			L7M2R	L7M2S	L7M3R	L7M3S	R7M2	R7M3
8			L8M2R	L8M2S	L8M3R	L8M3S	R8M2	R8M3
9			L9M2R	L9M2S	L9M3R	L9M3S	R9M2	R9M3
10			L10M2R	L10M2S	L10M3R	L10M3S	R10M2	R10M3
15			L15M2R	L15M2S	L15M3R	L15M3S	R15M2	R15M3
20			L20M2R	L20M2S	L20M3R	L20M3S	R20M2	R20M3
25			L25M2R	L25M2S	L25M3R	L25M3S	R25M2	R25M3
30m			L30M2R	L30M2S	L30M3R	L30M3S	R30M2	R30M3
Comp. temp. range	-196 to 150°C		-10~80°C				-100~150°C	
Remarks	Twisted for 50-cm and 1-m long (with some exception)		L-6, L-9 for 6 m or longer		L-7, L-10 for 6 m or longer		L-11	L-12

When ordering, suffix the leadwire cable code to the model number with a space in between.

#### Examples

KFG-5-120-C1-11 N10C3 for the gage with a polyester-coated 3-wire copper cable 10 cm long → KFG-5-120-C1-11 N10C3  
 KFG-5-120-C1-11 L5M2R for the gage with a vinyl-coated flat 2-wire cable 5 m long → KFG-5-120-C1-11 L5M2R  
 KFG-5-120-D17-11 L5M3S for the gage with a vinyl-coated flat 3-wire cable 5 m long → KFG-5-120-D17-11 L5M3S  
 KFG-5-120-C1-11 R5M3 for the gage with a middle-temperature 3-wire cable 5 m long → KFG-5-120-C1-11 R5M3  
 KFG-5-120-D17-11 R5M2 for the gage with a middle-temperature 2-wire cable 5 m long → KFG-5-120-D17-11 R5M2  
 If no leadwire cable code is suffixed, the gage is delivered with gage leads only (silver-clad copper wires 25 mm long)

Pattern, Gage Resistance, Gage Factor	Model	Corresponds to the Material Base color	Dimensions (mm)				Remarks
			Grid		Base		
			Length	Width	Length	Width	
<div>Uniaxial</div> <div>Silver-clad copper gage leads 25mm long</div> <div>Resistance : 120Ω, Gage factor: Approx. 2.1</div> <div><div></div>Common steel</div> <div><div></div>Stainless steel</div> <div><div></div>Aluminum</div> <div><div></div>Magnesium alloy</div> <div>(Linear expansion coefficient based on the base color to distinguish)</div>							
<div>KFG-10-120-C1</div> <div></div> <div>※Figure is KFG-10-120-C1-23</div>	KFG-10-120-C1-11	<div></div>	10	3	16	5.2	
	KFG-10-120-C1-16	<div></div>					
	KFG-10-120-C1-23	<div></div>					
	KFG-10-120-C1-27	<div></div>					