

**II CONGRESO
INTERNACIONAL
ECONOMÍA
CIRCULAR
Y PLÁSTICO**
2-3 de abril de 2025
Convento de la Trinidad
ALCALÁ LA REAL- JAÉN



**Monitorización y control
en materiales reciclados**

David Sanjuan
Area Sales Coordinator. Kistler



Economía Circular

Monitorización y control en
materiales reciclados

DAVID SANJUÁN

Area Sales Manager



Linked **in**

MONITORIZACIÓN Y CONTROL EN MATERIALES RECICLADOS



- Kistler de un vistazo



- Plástico reciclado y sus problemas



- ¿Qué nos aporta la curva de presión en cavidad?



- Nuestra contribución a la economía circular

MONITORIZACIÓN Y CONTROL EN MATERIALES RECICLADOS



- **Kistler de un vistazo**



- Plástico reciclado y sus problemas



- ¿Qué nos aporta la curva de presión en cavidad?



- Nuestra contribución a la economía circular

KISTLER GROUP

Fundada en Winterthur en 1959

- Empresa Familiar
- Pionero y líder mundial del mercado en tecnología de medición dinámica de

- Presión 
- Fuerza 
- Par 
- Aceleración 

- “Amplificador de carga”
inventado por Walter P. Kistler

1950

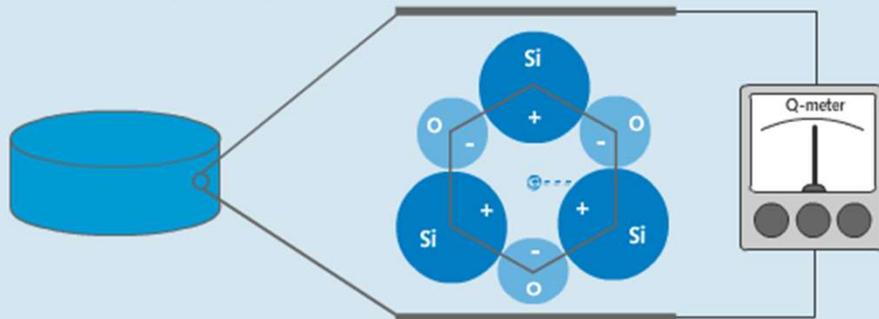


First patent –
a piezoelectric charge amplifier



KISTLER CORE TECHNOLOGY

Piezoelectric principle



MONITORIZACIÓN Y CONTROL EN MATERIALES RECICLADOS

Kistler de un vistazo

KISTLER

measure. analyze. innovate.

10.000+

Clientes activos en todo el Mundo

60+

Ubicaciones en todo el mundo

2200+

Empleados en todo el mundo

600+

Patentes concedidas y en curso

30+

Colaboraciones con Centros I+D y Universidades



KISTLER: UN MUNDO DE MUCHOS MUNDOS



Espacio y Aviónica

Llevando la precisión y la confiabilidad al más allá de los límites físicos



Deporte y Salud

La clave para un entrenamiento y una terapia más eficientes



Medical

Tolerancia cero para defectos de producción



Aplicaciones Industriales

Monitorización de procesos y aseguramiento de la calidad



Seguridad en vehículos

Mejorar la seguridad del vehículo para proteger a los ocupantes



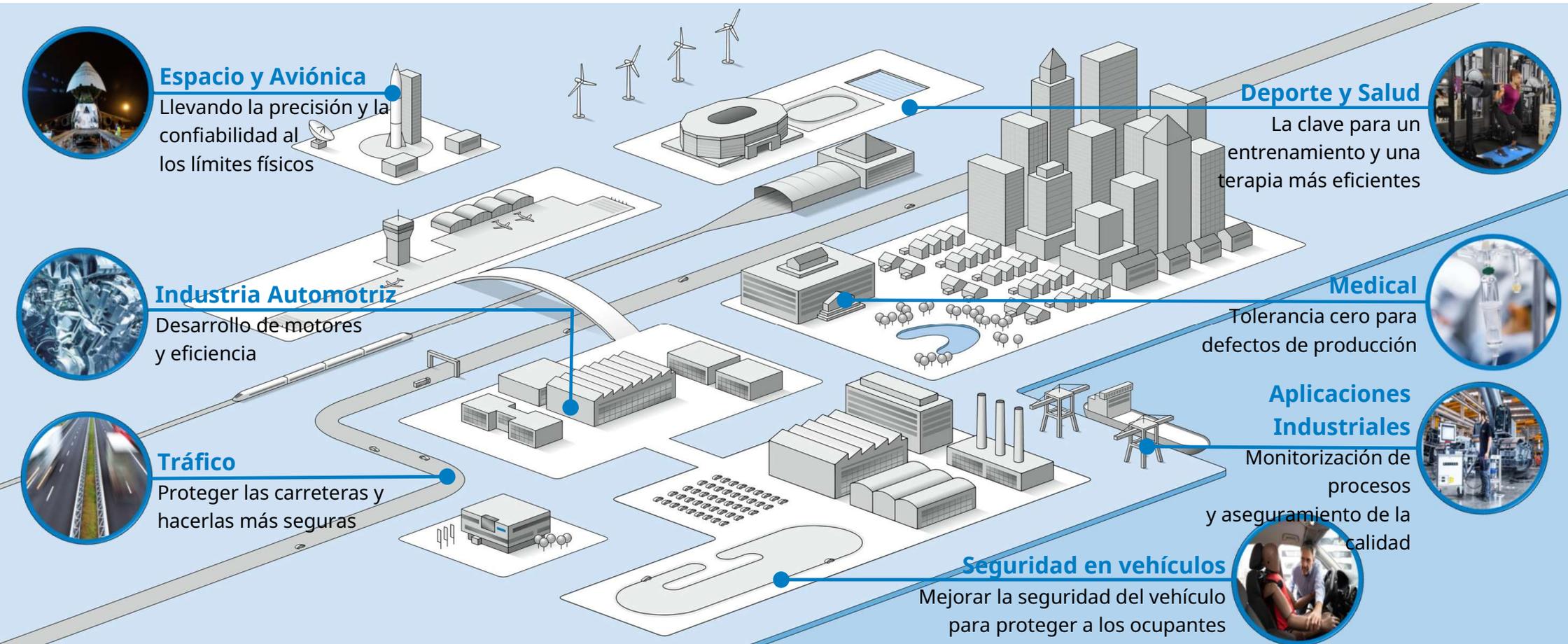
Industria Automotriz

Desarrollo de motores y eficiencia



Tráfico

Proteger las carreteras y hacerlas más seguras



MONITORIZACIÓN Y CONTROL EN MATERIALES RECICLADOS



- Kistler de un vistazo



- **Plástico reciclado y sus problemas**



- ¿Qué nos aporta la curva de presión en cavidad?



- Nuestra contribución a la economía circular

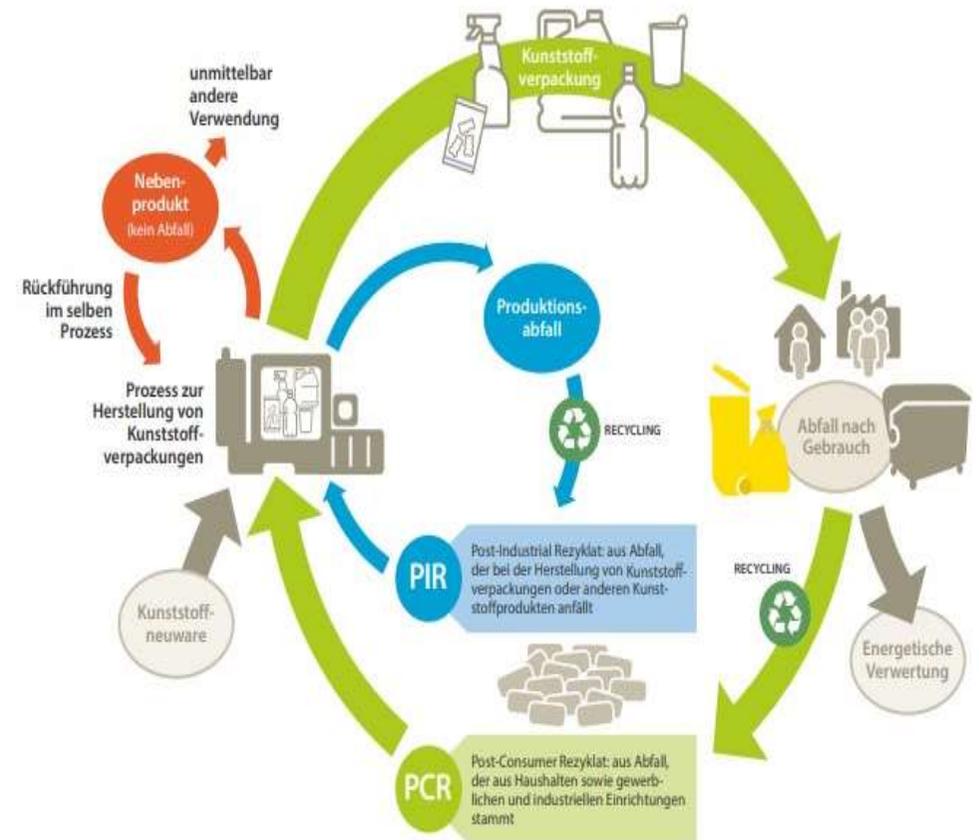
PLÁSTICO RECICLADO Y SUS PROBLEMAS

Definición (refrescando terminología)

Material reciclado de plástico: Materias primas secundarias que se generan con la recuperación de residuos plásticos

Hay diferencias entre los tipos de ciclos:

1. **Reciclados-Post-Consumo: PCR**
Residuos plásticos que se eliminan después de su uso
2. **Reciclados-Post-Industrial: PIR**
Residuos plásticos que se producen en la industria



PLÁSTICO RECICLADO Y SUS PROBLEMAS

Fabricación por Inyección

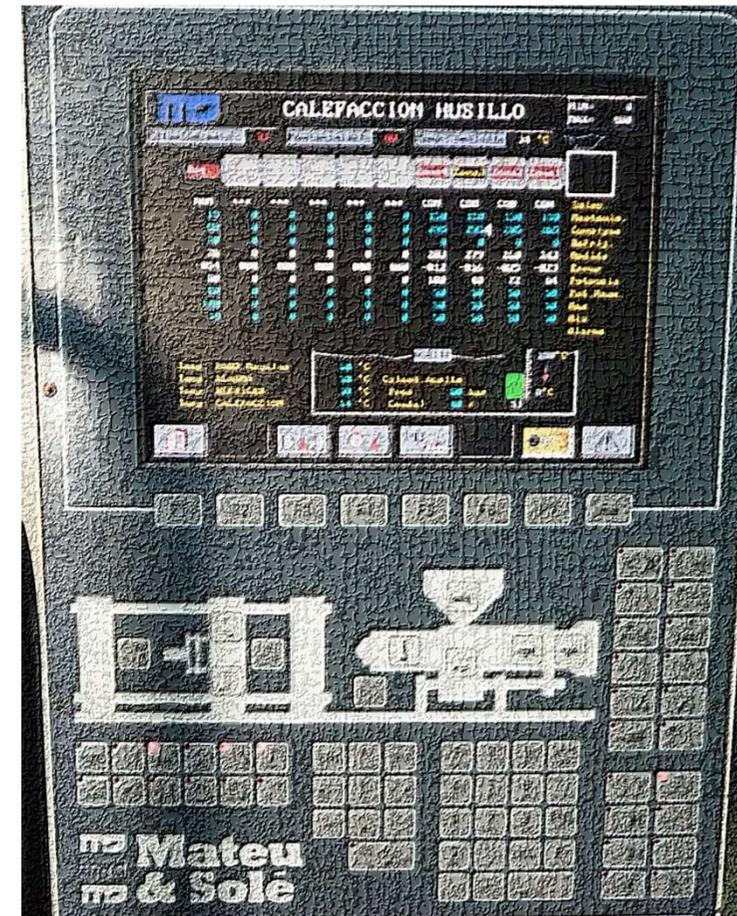
KISTLER

measure. analyze. innovate.

«Debe constituir siempre la aspiración de toda organización industrial crear y poner en marcha en gran escala alguno de esos sistemas de fabricación que hemos visto desarrollarse en los últimos años. Con ayuda de métodos adecuados y de una maquinaria construída a propósito pueden producirse cantidades considerables de numerosos artículos de uso general a un coste de fabricación relativamente bajo cuando ésta se encuentre ya en curso. El gasto inicial suele, en cambio, ser elevado porque el diseño de las máquinas y el planeado del proceso requieren gran experiencia y habilidad y exigen el empleo de mucho tiempo para adquirir los necesarios conocimientos y saber aplicarlos a un propósito definido.»

(Discurso presidencial en la British Association sobre «Artesanía y Ciencia», pronunciado por el profesor Sir William Bragg en 5 de septiembre de 1928.)

Tecnología madura, con muy diferentes tamaños, calidades, operadores...

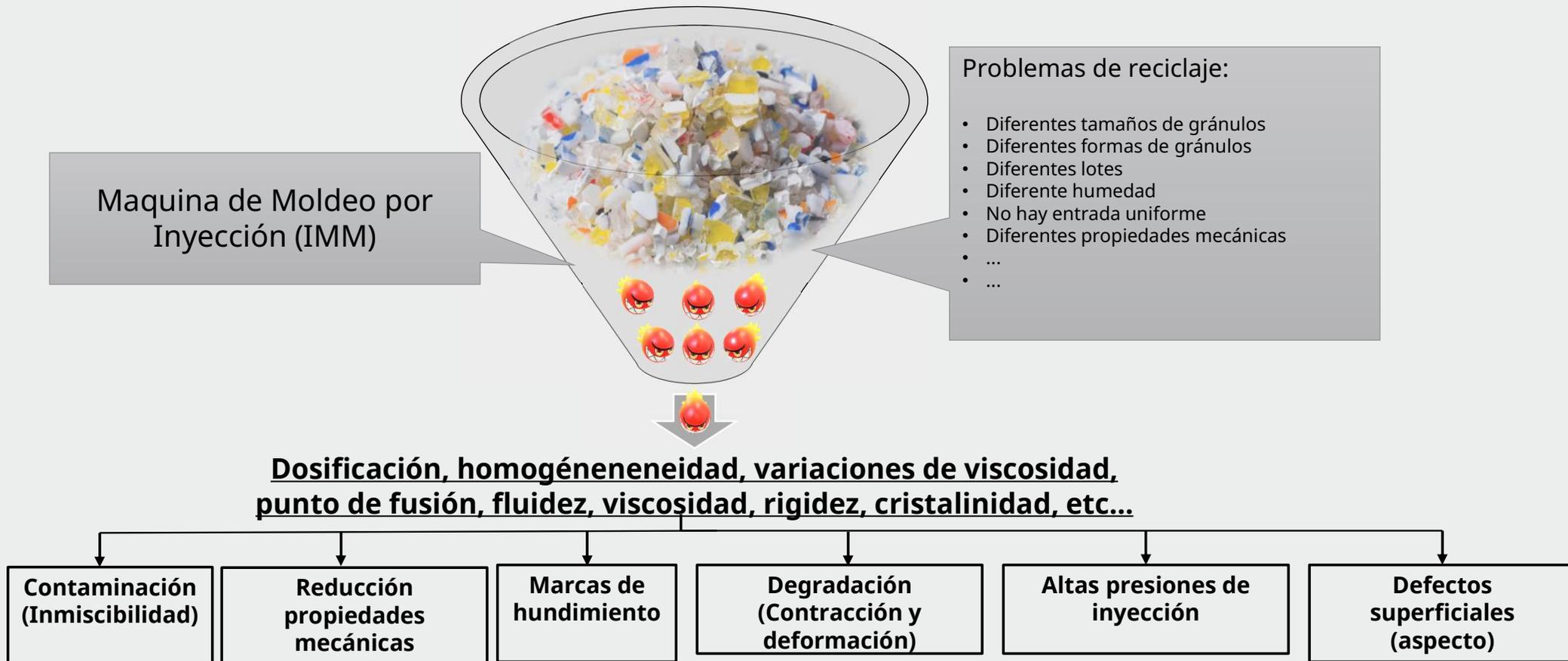


PLÁSTICO RECICLADO Y SUS PROBLEMAS

Problemas en el procesado del plástico reciclado

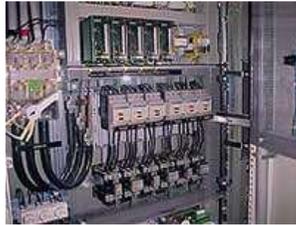
KISTLER

measure. analyze. innovate.



PLÁSTICO RECICLADO Y SUS PROBLEMAS

Influencias en el Proceso de Inyección



Desviaciones Controladores



Desviaciones Materiales



Operario



Temperatura



Codiciones ambientales
(Dia/Noche/Humedad)



Abrasión

PLÁSTICO RECICLADO Y SUS PROBLEMAS

Defectos típicos durante el proceso de la Inyección

Problemas de llenado

- ~80% de las aplicaciones

Surcos / rechupes / hundimientos

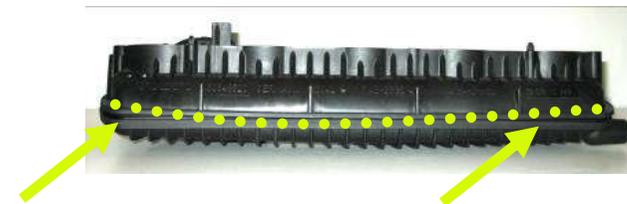
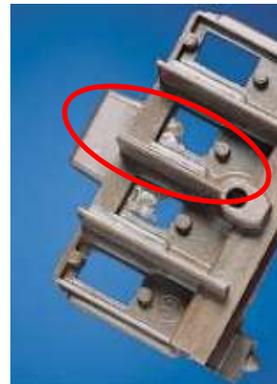
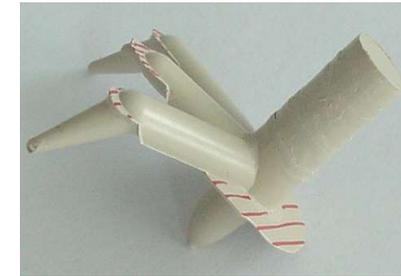
- Piezas gruesas y paneles planos

Rebabas

- Problemas molde, fuerza cierre molde....

Deformaciones

- Paneles y parachoques



PLÁSTICO RECICLADO Y SUS PROBLEMAS

Control de Calidad Tradicional

- Efectuado al final del proceso
- Monitorización/análisis de poca cantidad de muestras
- Inspección manual que requiere recursos
- Reacción tardía a los problemas del proceso.
- Consecuencia directa en los siguientes pasos de producción
- Entrega de piezas defectuosas a los clientes(rechazos/disconformidades/penalizaciones)
- Retiros y rebajas en la lista de proveedores
- ...

KISTLER

measure. analyze. innovate.



MONITORIZACIÓN Y CONTROL EN MATERIALES RECICLADOS



- Kistler de un vistazo



- Plástico reciclado y sus problemas



- ¿Qué nos aporta la curva de presión en cavidad?



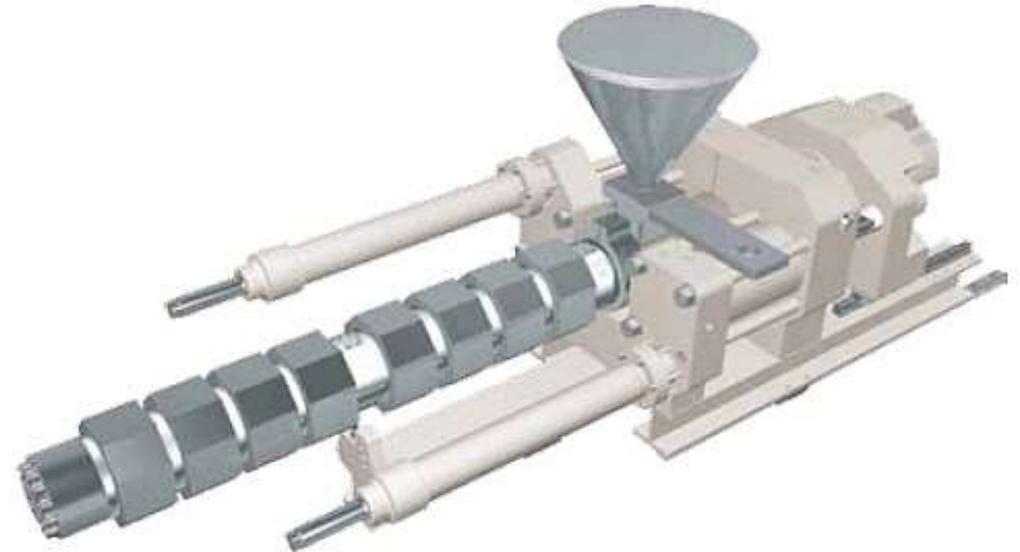
- Nuestra contribución a la economía circular

¿QUÉ NOS APORTA LA CURVA DE PRESIÓN EN CAVIDAD?

Unidad de plastificación: el material pasa de sólido a fundido

Del primer cambio de fase tenemos gran cantidad de información, ya que ocurre en la máquina, sabemos.....

- Temperatura Material
- Velocidad Usillo
- Cantidad de material a inyectar
- Velocidad Inyección
- Presión Inyección
-



¿Qué NOS APORTA LA CURVA DE presión en cavidad?

Dentro del molde: el plástico fundido solidifica

Del segundo cambio de fase, el que ocurre en el molde, donde se forma la pieza definitiva

Sabemos:

-
-
- **directamente NADA**

Sólo tenemos medidas indirectas:

- Lo que nos dice la máquina
- Lo que nos dicen periféricos como los atemperadores

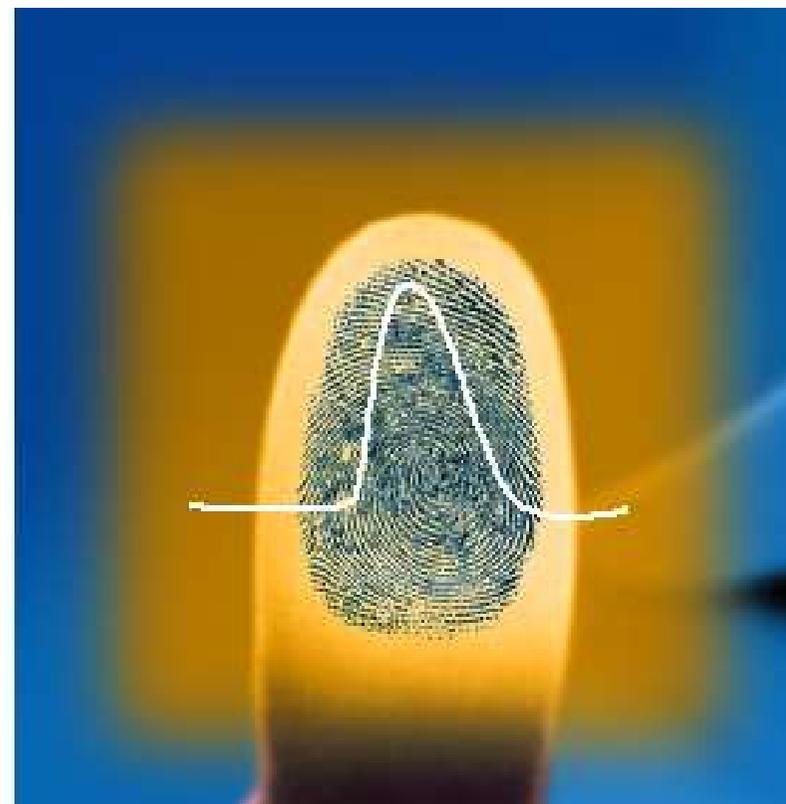
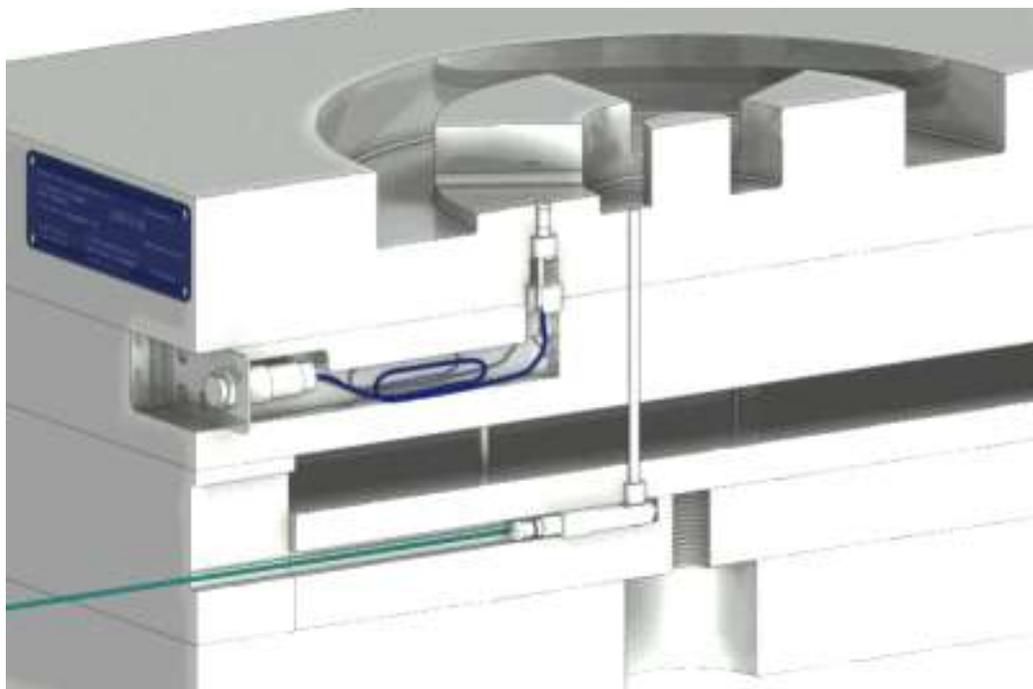


¿QUÉ NOS APORTA LA CURVA DE PRESIÓN EN CAVIDAD?

La presión de la cavidad es la "huella digital" del proceso de moldeo por inyección

KISTLER

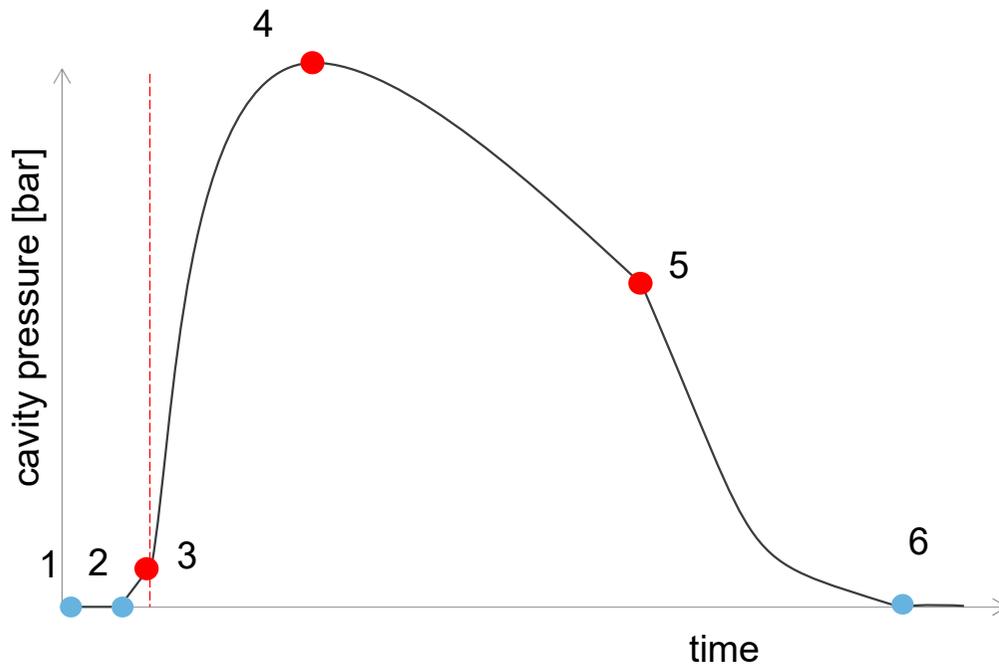
measure. analyze. innovate.



¿QUÉ NOS APORTA LA CURVA DE PRESIÓN EN CAVIDAD?

Información que ofrecen los sensores de presión en cavidad

Curva de presión en cavidad tipo



Descripción

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Inicio de inyección | 4. Comienza mantenimiento |
| 2. El material fundido llega al sensor | 5. Solidificación de la entrada |
| 3. Punto de conmutación | 6. Presión ambiente, expulsión |

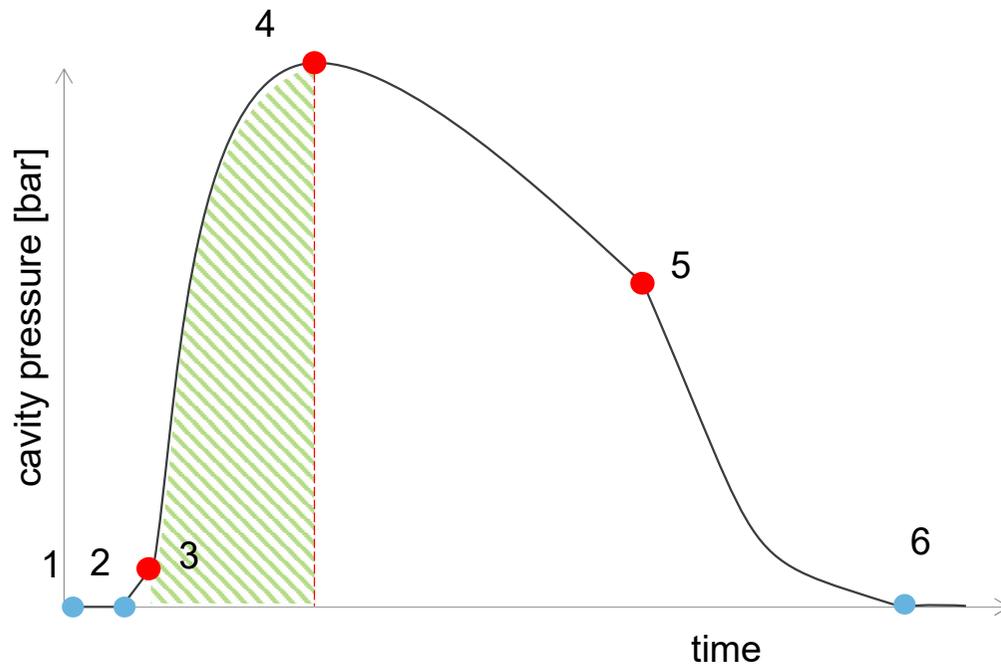
Calidad de pieza

	Llenado	Presurización	Mantenimiento
Parámetros de máquina claves	- Velocidad de inyección - Temperaturas de material y molde		
Propiedades de polímero y pieza afectadas	- Viscosidad - Degradación térmica - Cristalinidad - Orientación en la capa externa de pieza		
Efectos en la pieza	- Aspecto superficial		

¿QUÉ NOS APORTA LA CURVA DE PRESIÓN EN CAVIDAD?

Información que ofrecen los sensores de presión en cavidad

Curva de presión en cavidad tipo



Descripción

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Inicio de inyección | 4. Comienza mantenimiento |
| 2. El material fundido llega al sensor | 5. Solidificación de la entrada |
| 3. Punto de conmutación | 6. Presión ambiente, expulsión |

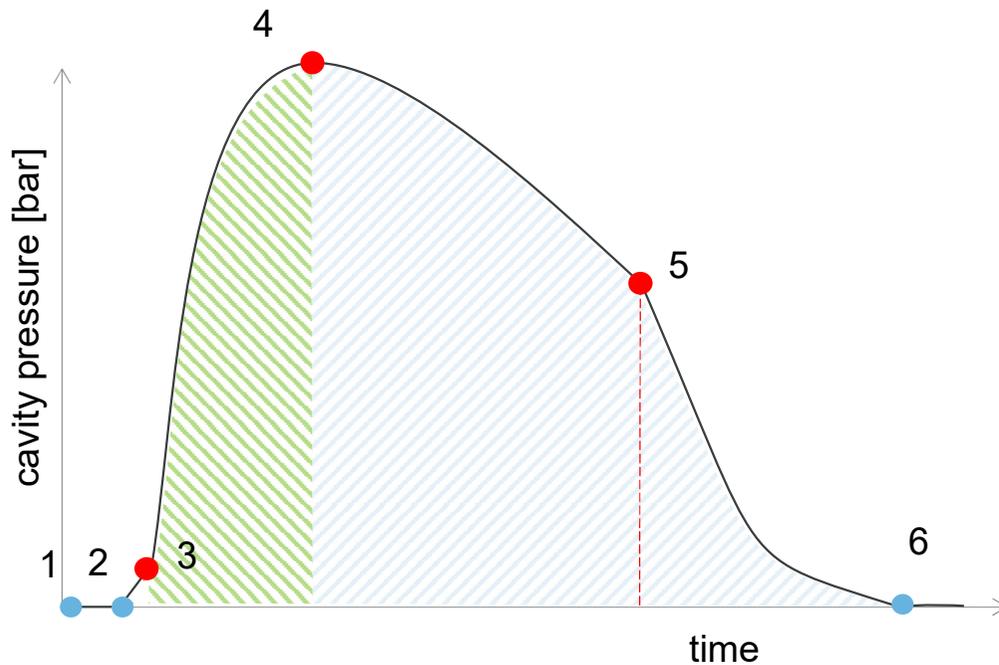
Calidad de pieza

	Llenado	Presurización	Mantenimiento
Parámetros de máquina claves	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de inyección - Temperaturas de material y molde 	<ul style="list-style-type: none"> - Punto de conmutación - Temperaturas de material y molde 	
Propiedades de polímero y pieza afectadas	<ul style="list-style-type: none"> - Viscosidad - Degradación térmica - Cristalinidad - Orientación en la capa externa de pieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Cristalinidad - Anisotropía 	
Efectos en la pieza	<ul style="list-style-type: none"> - Aspecto superficial 	<ul style="list-style-type: none"> - Llenado completo/incompleto - Conformado superficial - Aparición de rebabas 	

¿QUÉ NOS APORTA LA CURVA DE PRESIÓN EN CAVIDAD?

Información que ofrecen los sensores de presión en cavidad

Curva de presión en cavidad tipo



Descripción

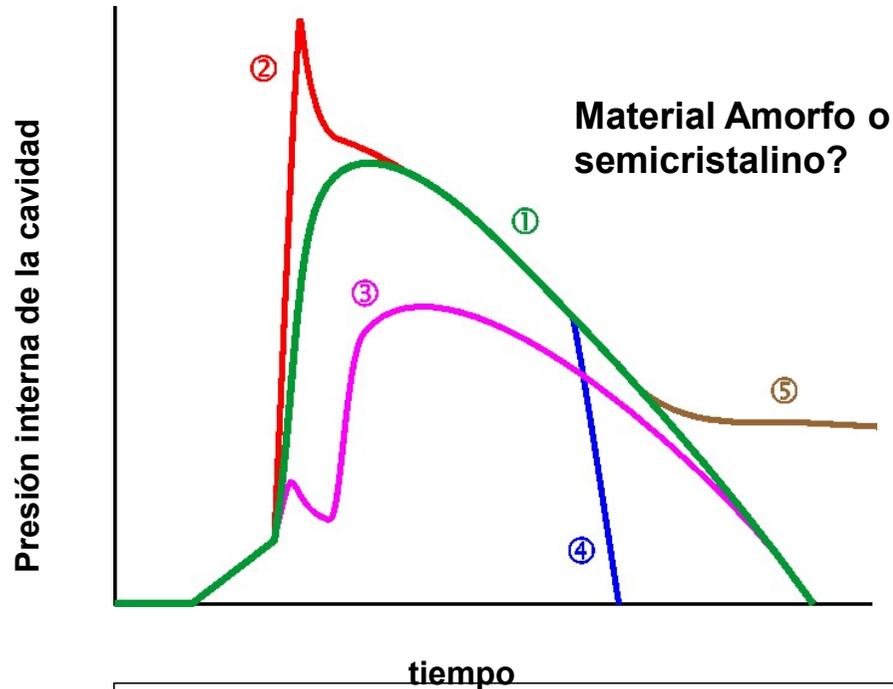
- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Inicio de inyección | 4. Comienza mantenimiento |
| 2. El material fundido llega al sensor | 5. Solidificación de la entrada |
| 3. Punto de conmutación | 6. Presión ambiente, expulsión |

Calidad de pieza

	Llenado	Presurización	Mantenimiento
Parámetros de máquina claves	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de inyección - Temperaturas de material y molde 	<ul style="list-style-type: none"> - Punto de conmutación - Temperaturas de material y molde 	<ul style="list-style-type: none"> - Presión de compactación - Tiempo de compactación - Temperatura de molde
Propiedades de polímero y pieza afectadas	<ul style="list-style-type: none"> - Viscosidad - Degradación térmica - Cristalinidad - Orientación en la capa externa de pieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Cristalinidad - Anisotropía 	<ul style="list-style-type: none"> - Cristalinidad - Orientación en el núcleo de la pieza - Contracción
Efectos en la pieza	<ul style="list-style-type: none"> - Aspecto superficial 	<ul style="list-style-type: none"> - Llenado completo/incompleto - Conformado superficial - Aparición de rebabas 	<ul style="list-style-type: none"> - Huecos, burbujas - Peso - Estabilidad dimensional - Alabeo

¿QUÉ NOS APORTA LA CURVA DE PRESIÓN EN CAVIDAD?

Una imagen dice más que mil palabras



- No hay curva de presión ideal
- Cada pieza tiene una curva de presión característica (geometría, material, herramienta)
- Reglas claras para analizar un proceso y la calidad de las piezas

«Patrón ideal» de una curva de presión interna de la cavidad

Conmutación demasiado tardía tensiones

Conmutación demasiado temprana tardía tensiones

Tiempo de mantenimiento demasiado corto o apertura de molde

Tiempo de mantenimiento demasiado largo o deformación local de las placas del molde

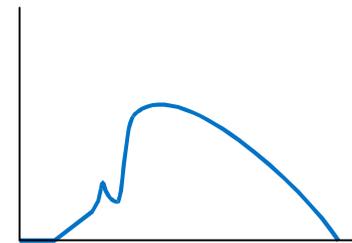
¿QUÉ NOS APORTA LA CURVA DE PRESIÓN EN CAVIDAD?

„Defectología“

- **Pieza corta/incompleta**
Cavidad no llena en su totalidad

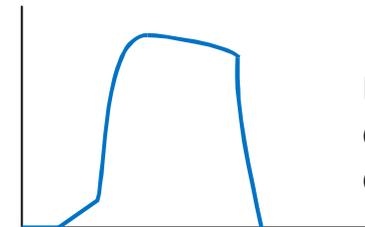


Curvas características típicas de presión en cavidad



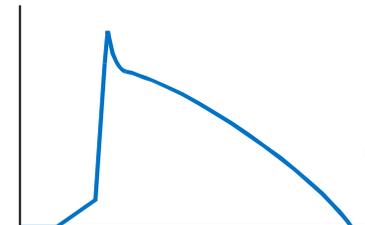
Presión Maxima Demasiado baja
Conmutación temprana antes de que la cavidad esté llena

- **Deformaciones o «rechupes»**
Contracciones del material



Presión de mantenimiento demasiado baja o demasiado corta.

- **Rebabas**
Material sobresale en las líneas de separación de la cavidad/figura



Presión de inyección demasiado alta

MONITORIZACIÓN Y CONTROL EN MATERIALES RECICLADOS



- Kistler de un vistazo



- Plástico reciclado y sus problemas



- Qué nos dice la curva de presión interna de la herramienta



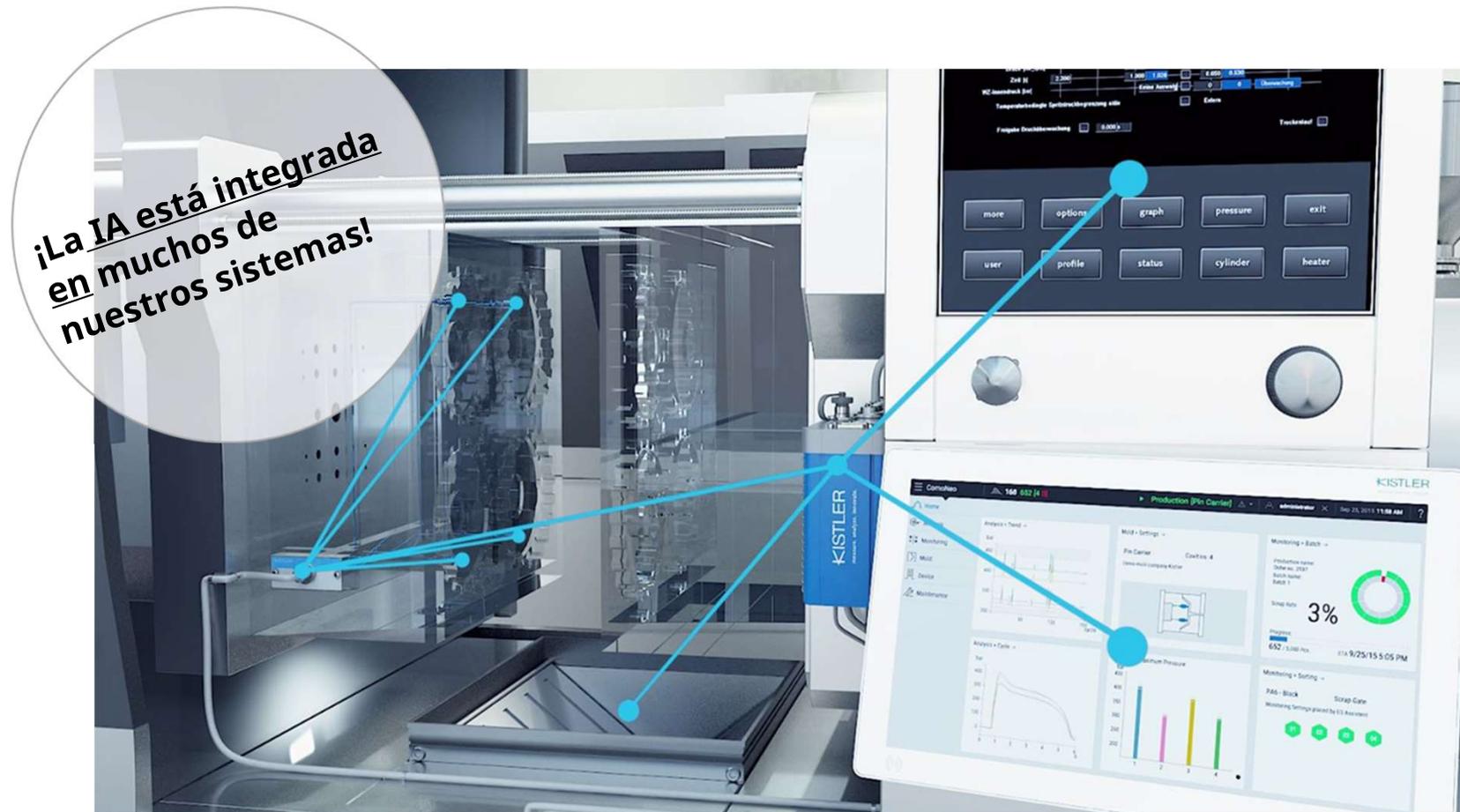
- **Nuestra contribución a la economía circular**

MONITORIZACIÓN Y CONTROL EN MATERIALES RECICLADOS

ComoNeo: Supervisión y control en el moldeo por inyección

KISTLER

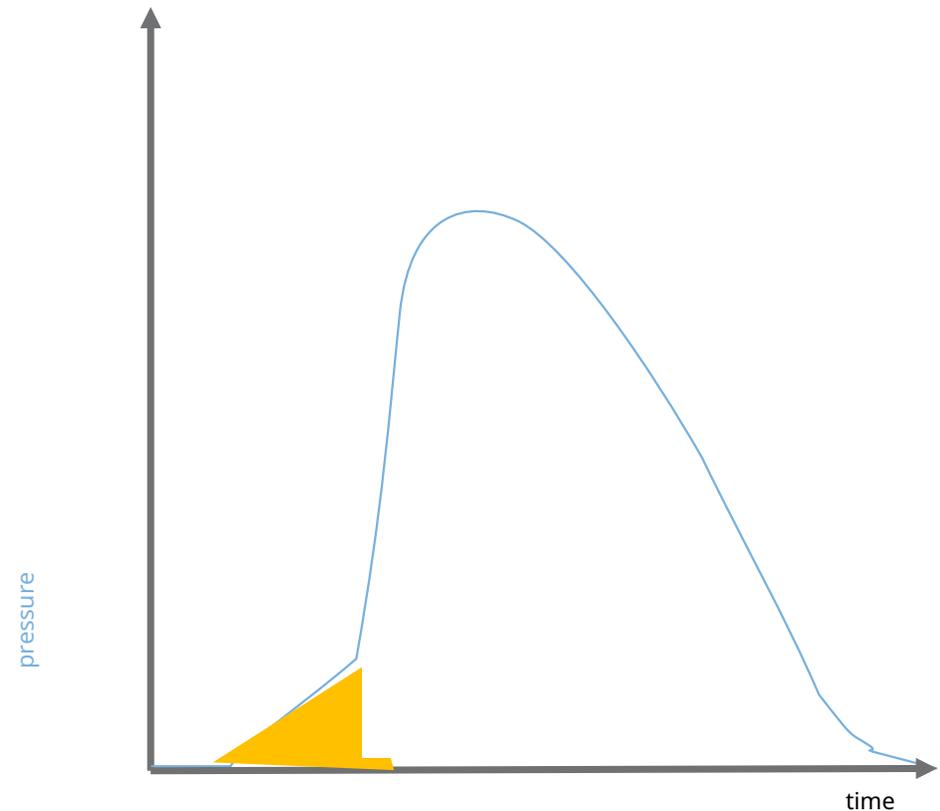
measure. analyze. innovate.



NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

¿Problemas en su proceso de inyección? La respuesta podría ser la viscosidad

- La viscosidad de la cavidad se calcula mediante la integral debajo de la curva de presión que comienza en $t(0 \text{ bar})$ y termina en $t(\text{SLP})$. La unidad es $\text{bar} \cdot \text{s}$
- La viscosidad de la cavidad puede ser diferente para todas las cavidades, ya que las curvas de presión y SLP pueden verse diferentes para todas las cavidades.
- Visualización y en proyecto futuro el control de dicho valor

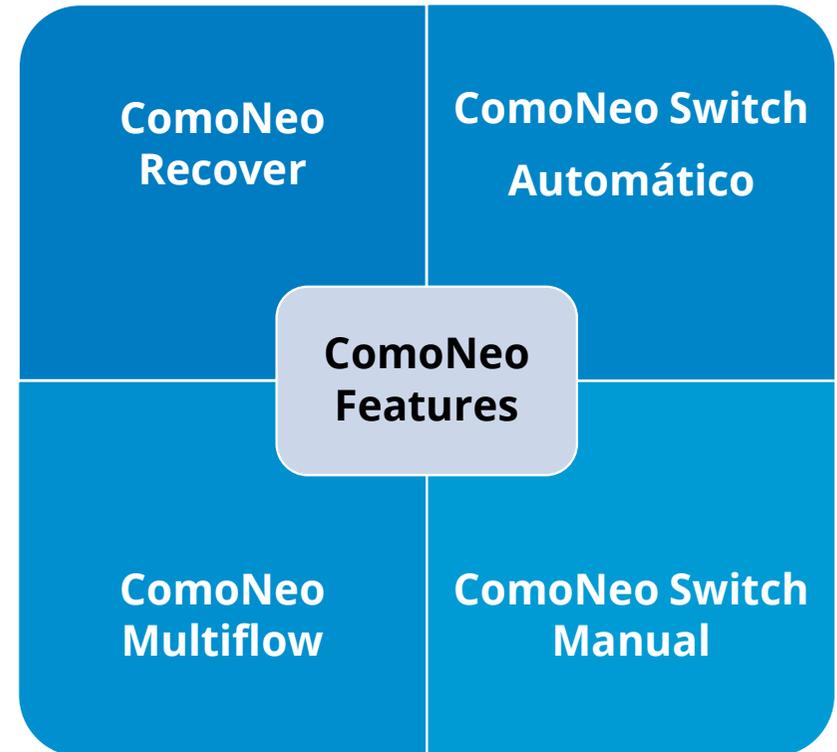


NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Reproducir - Cambiar - Equilibrar



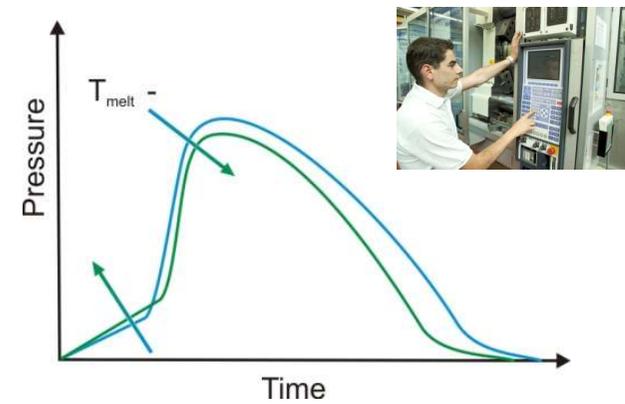
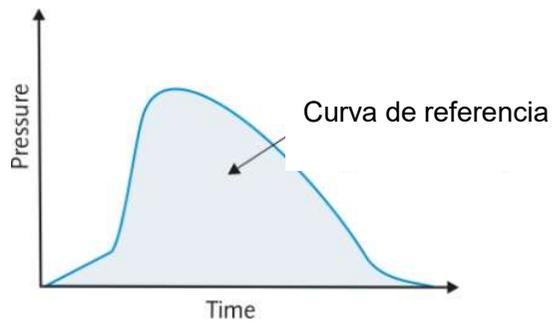
" Con nuestro apoyo, formamos una asociación"



NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

La curva de presión nos ayuda a reducir los tiempos de transferencia de molde

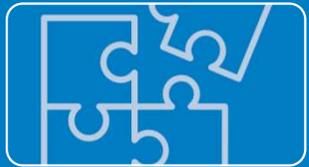
KISTLER
measure. analyze. innovate.



NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

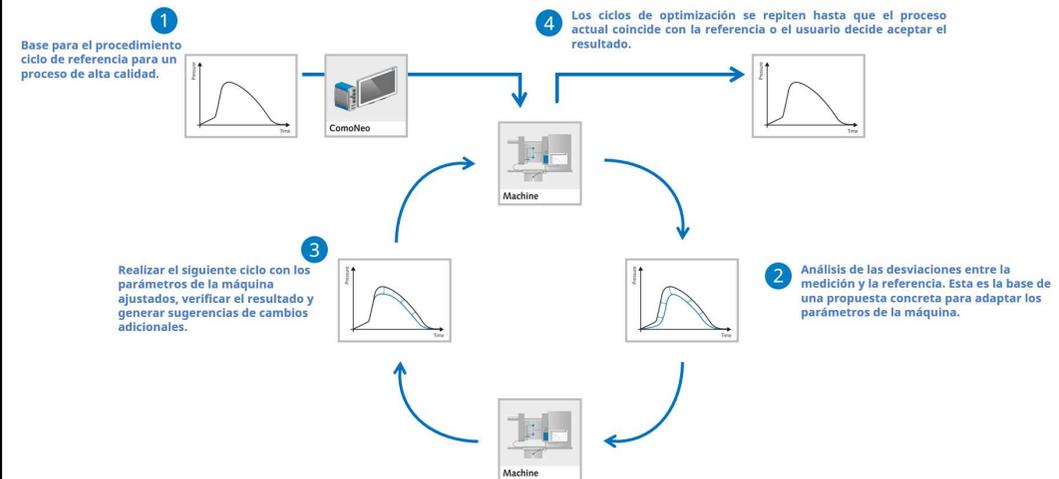
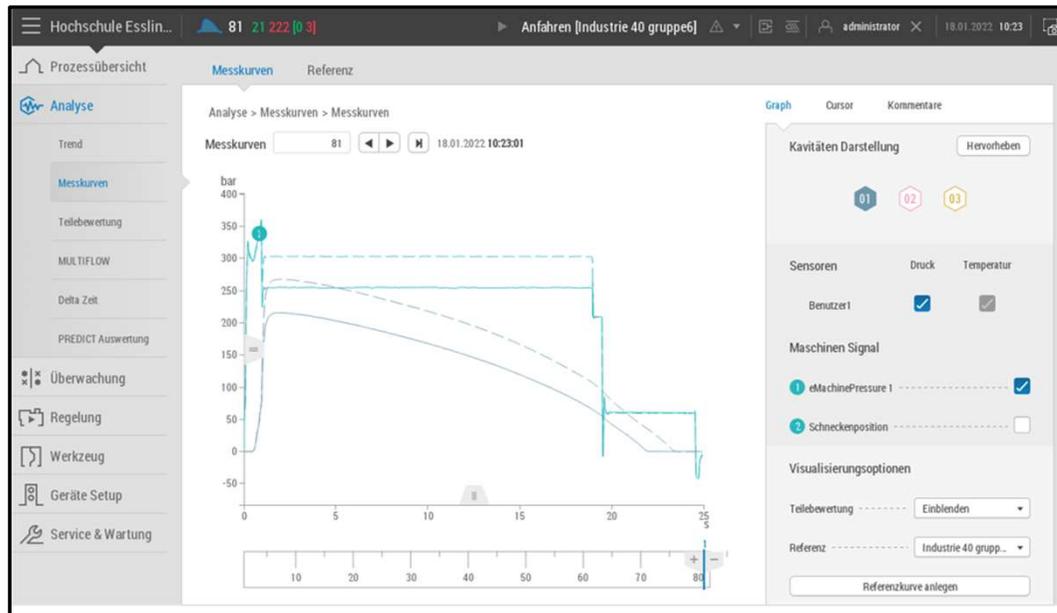
Reproducibilidad

KISTLER
measure. analyze. innovate.



ComoNeoRecover

- Reduce el tiempo de configuración mediante el guiado que ayuda a configurar los procesos (mediante una curva de referencia)

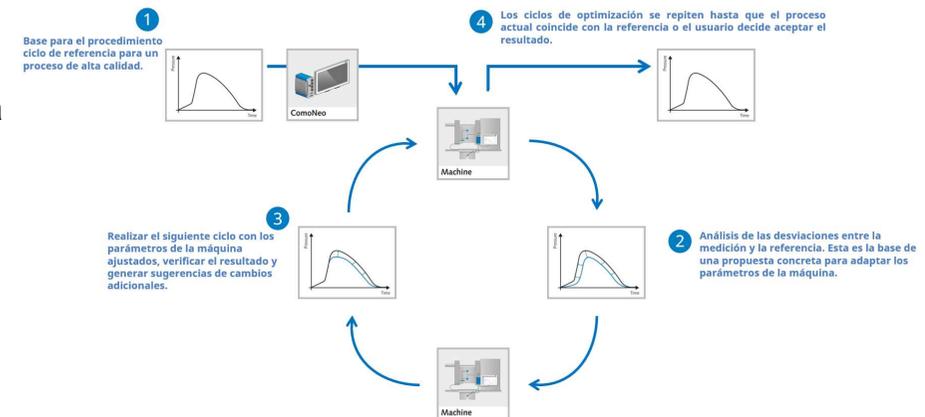
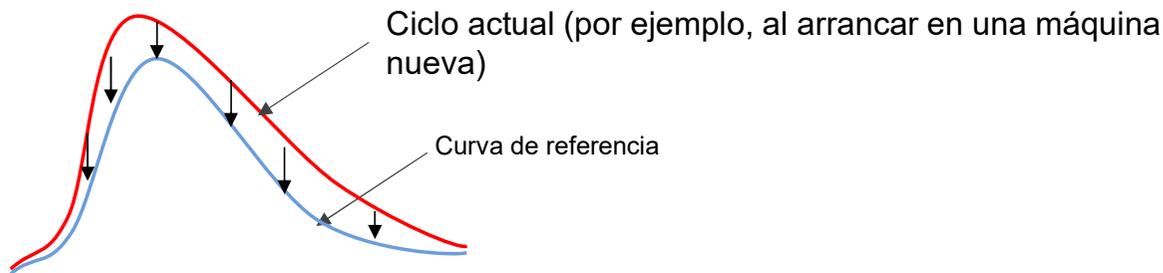


NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Reproducibilidad

• ¿Qué hace CoMoNeoRECOVER?

- RECOVER compara la curva REAL" con la curva de referencia
- RECOVER ahora ayuda al operador sugiriendo qué parámetro debe ser ajustado a cada valor para llegar a la referencia.

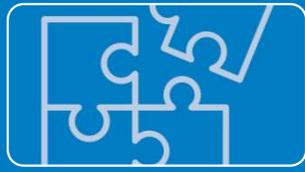


• ¿Cuándo y por qué necesito RECOVER?

- Configuración sencilla y rápida con referencia a la referencia compartida
- Aplicar los mismos procesos en diferentes máquinas

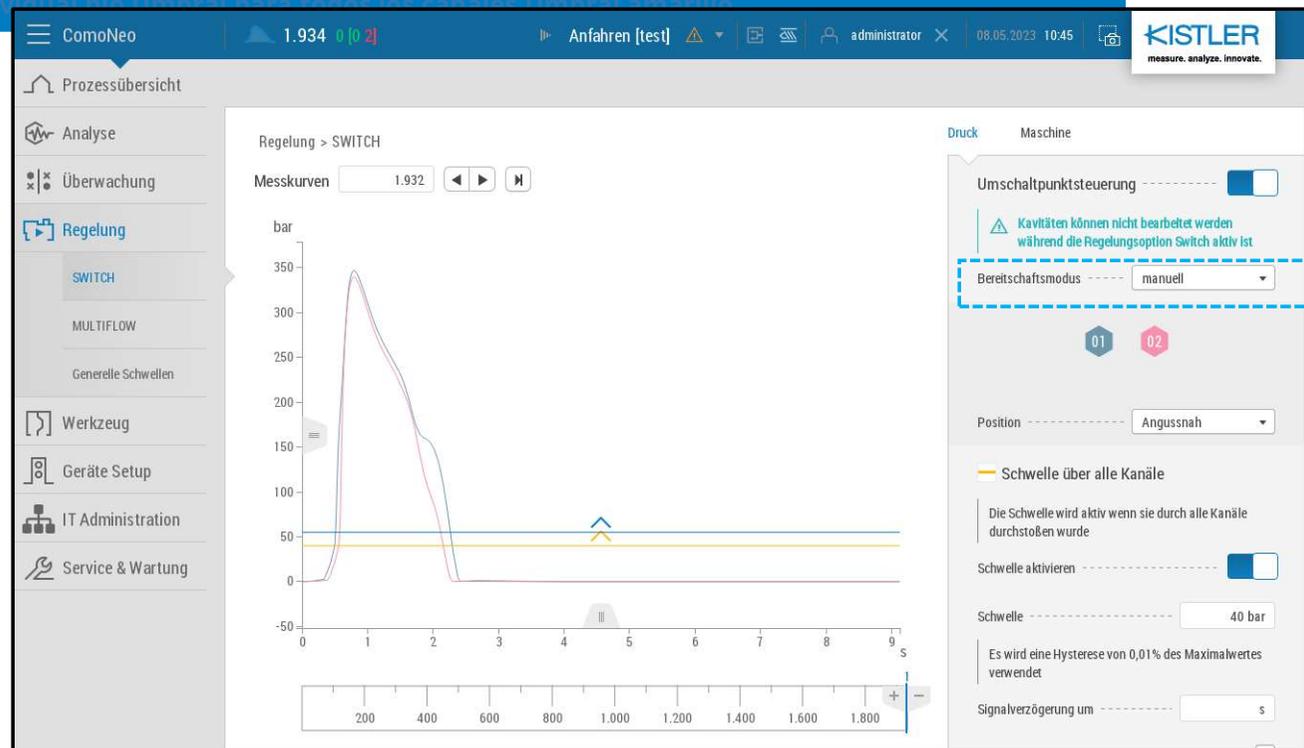
NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Conmutación por presión de cavidad



ComoNeoSwitch (Manual)

- Entrada manual
- Umbrales de presión

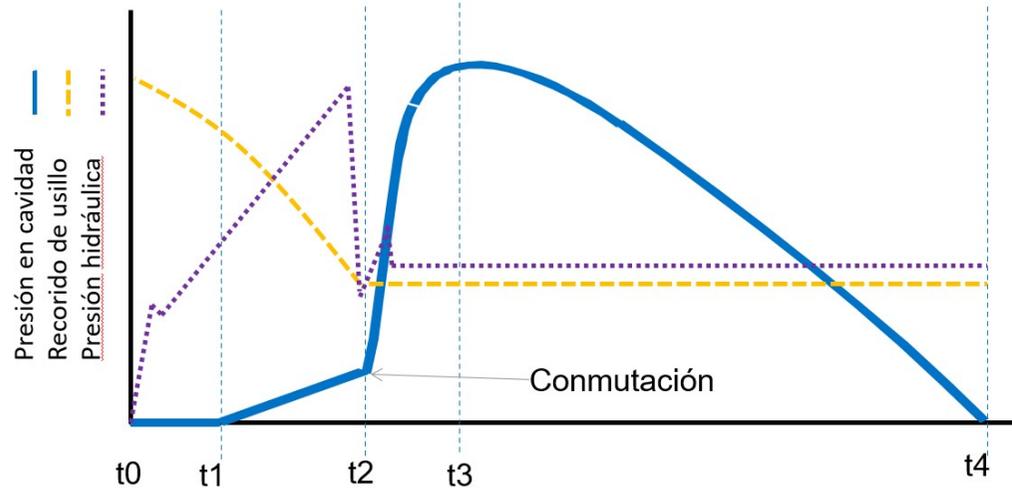


¿NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Punto de conmutación

KISTLER

measure. analyze. innovate.



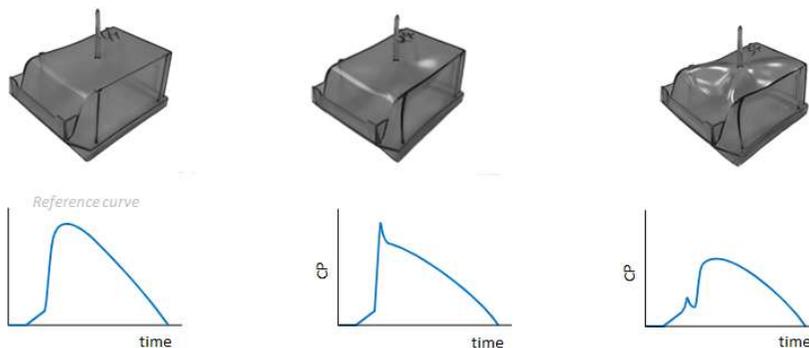
- Conmutación de la velocidad de inyección a la presión de mantenimiento (de la fase de llenado dinámico a la fase de presión de mantenimiento casi estática)
- Generalmente, el cambio se realiza con un llenado volumétrico del 95%.

■ **Pieza corta/incompleta**

Cavidad no llena en su totalidad

■ **Rebabas**

Material sobresale en las líneas de separación de la cavidad/figura



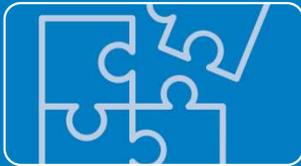
✓ Good part

✗ Bad part

✗ Bad part

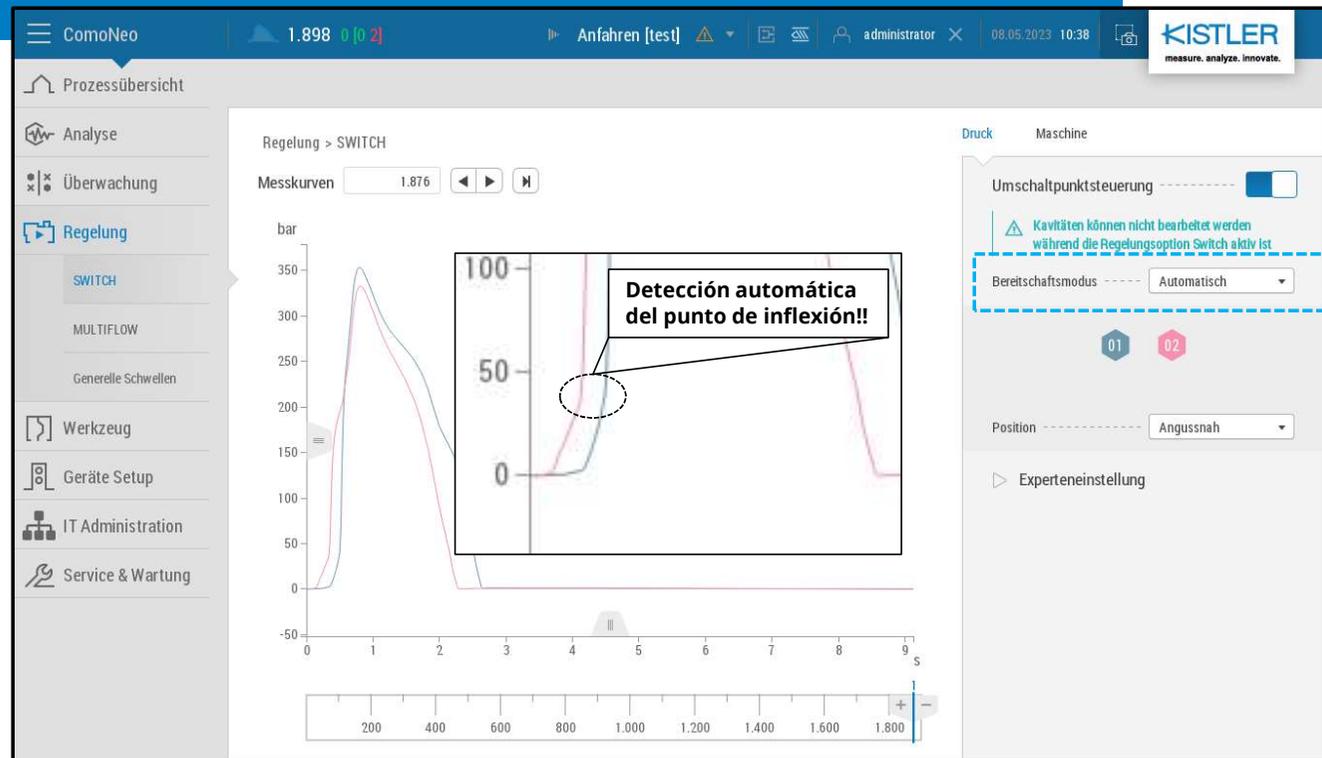
NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Cambio totalmente automático



ComoNeoSwitch (automático)

- Compensación de máquinas y fluctuaciones del proceso relacionadas con el material
- Cambio totalmente automático



NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Eficiencia



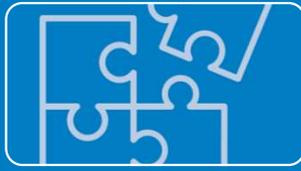
- Compensación de fluctuaciones materiales.
- Compensación de fluctuaciones de máquinas.
- Compensación de influencias ambientales.
- Compensación de desequilibrios de temperatura y flujo de fusión
- Punto de conmutación basado en cavidades como criterio para un proceso estable y, por tanto, una calidad estable de las piezas
- Mayor calidad de las piezas → Reproducibilidad de las piezas → menos desechos
- Reducción del sobremoldeo
- Configuración rápida del proceso después del tiempo de inactividad
- Reducción de ajustes manuales, pruebas y errores para encontrar un proceso estable

NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Equilibrado automático del canal caliente con control de temperatura

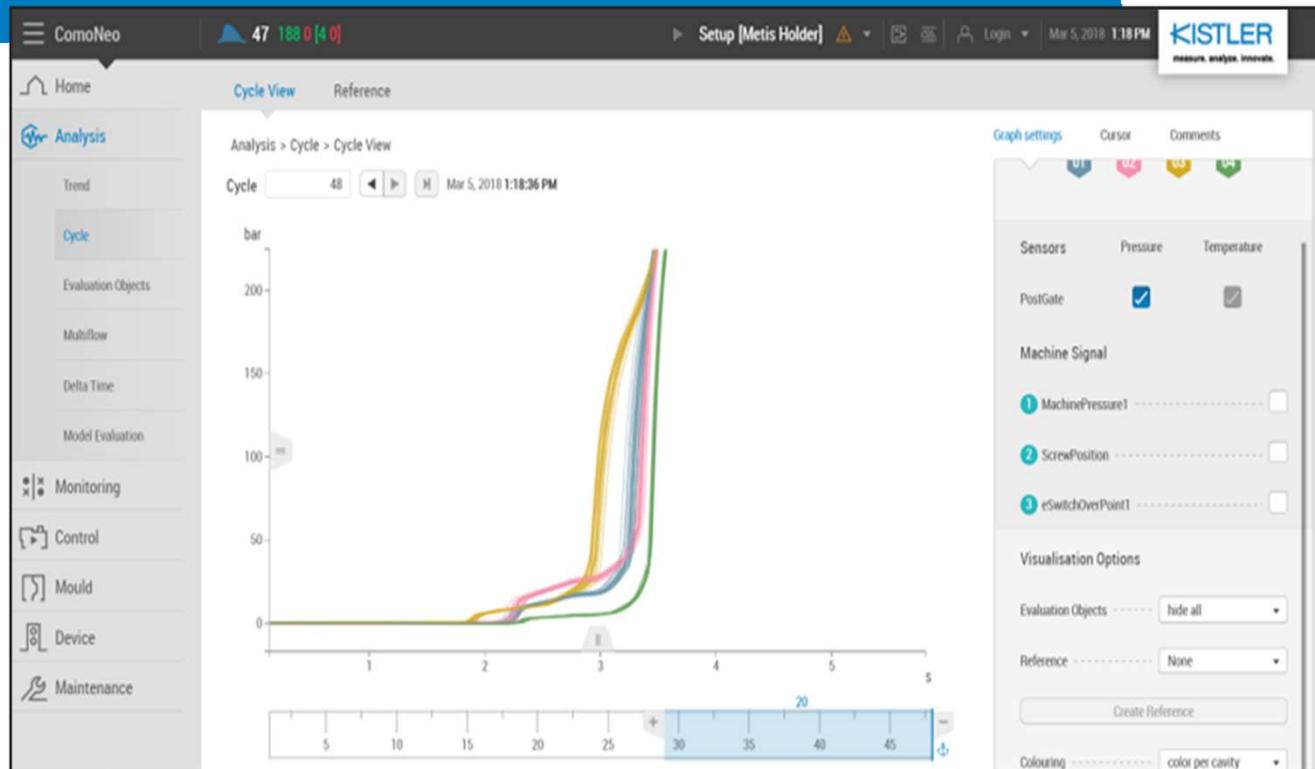
KISTLER

measure. analyze. innovate.



ComoNeoMultiflow

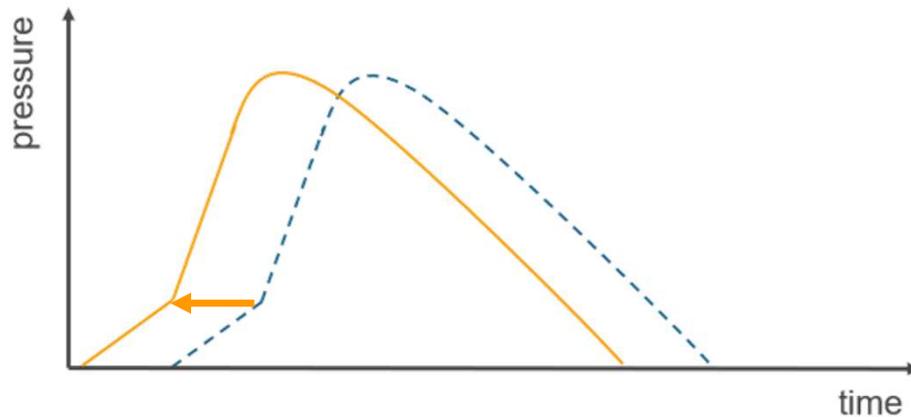
- Regulación automática de la temperatura de la boquilla del sistema de canal caliente
- El llenado desigual se elimina controlando la distribución de la presión en las cavidades



NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Teoría y antecedentes de la aplicación

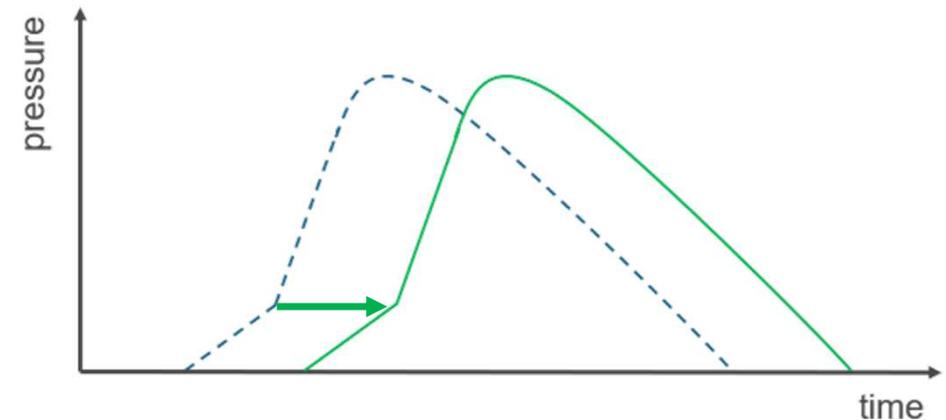
Correlación entre la temperatura de la boquilla/ viscosidad/ inyección



Si el aumento de la presión de la cavidad es demasiado temprana

Cavidad llena rápidamente

Reducción temperatura en la boquilla



Si el aumento de la presión de la cavidad es demasiado tardía

Cavidad llena muy lentamente

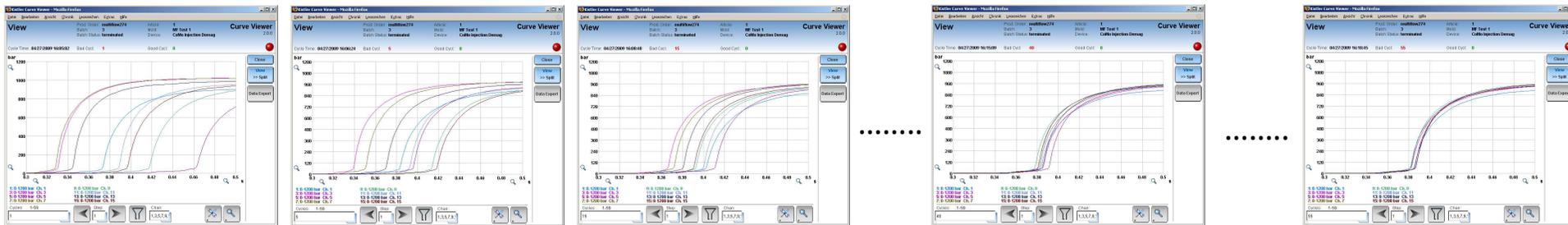
Incrementar la temperatura de la boquilla

NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Reproducibilidad

• ¿Qué hace CoMoNeoMultiflow?

- Un sensor de Presión en cavidad para detectar el comportamiento de la curva de presión.
- Ajuste las temperaturas de los canales calientes automáticamente según las señales de los sensores de presión de cavidad



ciclo 1

ciclo 5

ciclo 15

ciclo 40

ciclo 55

• ¿Ventajas?

- Mismas condiciones de llenado en todas la cavidades
- Reducción de los tiempos de ajuste
- Rápido arranque del proceso de inyección
- No se requiere ajuste manual o reajuste de temperaturas o parámetros
- Corrección totalmente automática de variaciones de material y alteraciones del proceso

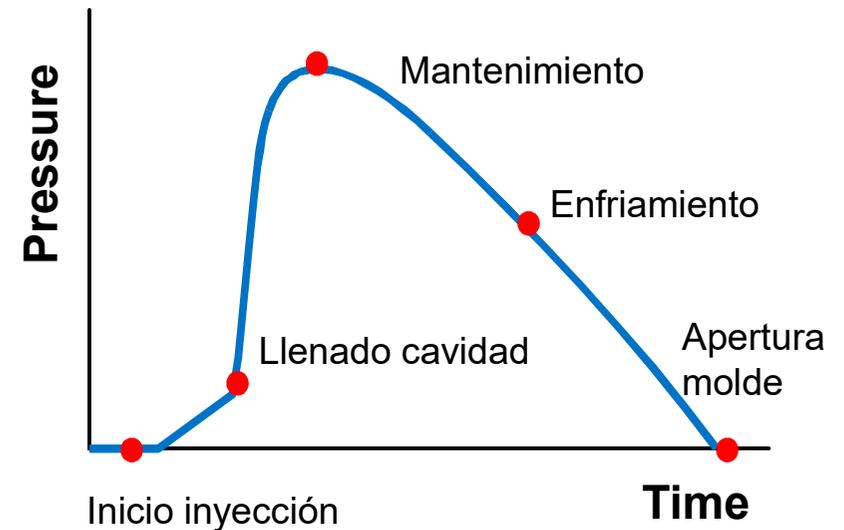
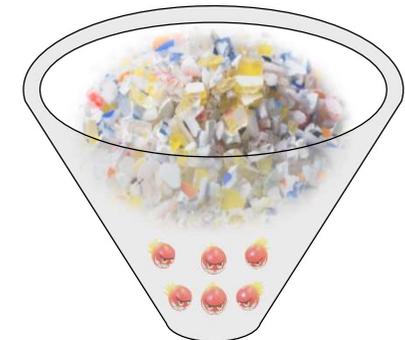
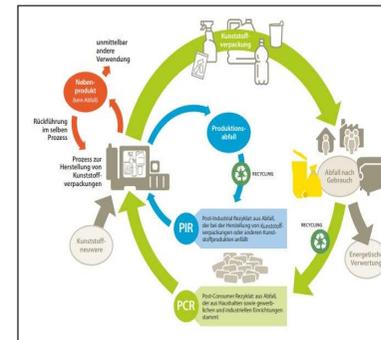
NUESTRA CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Control de calidad “durante el proceso de inyección”

KISTLER

measure. analyze. innovate.

- Control de calidad automático
- Cada parte producida se verifica en tiempo real
- Detección del defecto en la primera aparición.
- Control de rechazos (scrap) = Producción CERO defectos
- Documentación para todas las piezas producidas y lotes de fabricación.
- Análisis estadístico de calidad y producción.



RESUMEN

Take-home messages

KISTLER

measure. analyze. innovate.

- 1. Objetivos:** El principal objetivo de la economía circular es reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia de los recursos a través de un sistema que promueve la reutilización, la reparación, la renovación y el reciclaje de materiales y productos.
- 2. Relevancia:** En la industria del plástico, esto implica desafíos y oportunidades únicos, dado que los plásticos son una parte fundamental de la economía moderna, pero tienen un considerable impacto ambiental debido a su producción y gestión de residuos. Adoptar la economía circular en la industria del plástico no solo es crucial para reducir los desechos plásticos y la contaminación, sino también para conservar recursos, optimizar procesos y fomentar la innovación en materiales sostenibles y biodegradables.
- 3. Tecnologías Habilitadoras:** Sensores avanzados, análisis de datos y la automatización, son clave para la transición hacia una economía circular. Permiten una mayor visibilidad y control sobre los procesos de producción, lo que facilita la optimización y la reducción de residuos.
- 4. Contribución de KISTLER en este Contexto:** Los sensores y equipo ComoNeo de KISTLER, optimizan el proceso de inyección de plásticos mediante la monitorización precisa de la presión, desempeñando un papel crucial en los objetivos de economía circular al reducir el desperdicio de material y mejorar la calidad del producto.
- 5. Beneficios:** Al integrar nuestra tecnología, las empresas pueden no solo seguir las directrices de sostenibilidad, sino también mejorar su competitividad al reducir los costos asociados con el material desperdiciado y los productos defectuosos.

GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN



IMPRINT

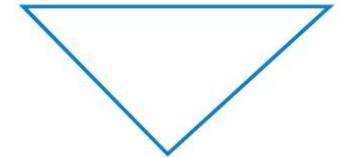
David Sanjuán Molió
Application Sales Engineer

Kistler Ibérica SLU
C/Pallars, 6 Planta 2 Pta 2
08402 Granollers
Barcelona, Spain
www.kistler.com

Mobile +34 649 80 17 11
Office +34 93 860 33 24
david.sanjuan@kistler.com



CONÓCENOS



© 2025 Kistler Group