

## MEJORAS DE COMPETITIVIDAD EN UNA FORJA AUTOPARTISTA: UN ENFOQUE GLOBAL

L. Baretta<sup>1</sup>, J. Rosso<sup>1</sup>, L. Martinez<sup>1</sup>, G. Abate<sup>2,3</sup>, V. Martynenko<sup>2</sup>, D. Perez<sup>2,3</sup>, D. Martinez Krahmer<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Extensión y Desarrollo, Instituto Nacional de Tecnología Industrial

<sup>2</sup>Centro de Mecánica, Instituto Nacional de Tecnología Industrial

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora

[lbaretta@inti.gob.ar](mailto:lbaretta@inti.gob.ar) ; [mkrahmer@inti.gob.ar](mailto:mkrahmer@inti.gob.ar)

### OBJETIVOS

- Desarrollar mejoras de competitividad mediante la reducción de los tiempos implicados en los cambios de herramental, y la racionalización del uso de los materiales.
- Aplicar la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die), para disminuir el tiempo de cambio de matriz, y la herramienta de simulación al proceso de conformado.

### DESCRIPCION

Los procesos de forjado se aplican a la producción de piezas que deben satisfacer estrictos requisitos de seguridad. Tal es el caso del sector autopartista, por ejemplo, en la fabricación de un extremo de dirección.

Asimismo, el valor del acero, puede representar un 50% o incluso más del costo de producción.

Si a ello le añadimos que, 1) la máquina principal de forja (prensa o martillo), presenta un elevado costo de funcionamiento y/o mantenimiento, 2) los forjadores, se orientan a producir mayor variedad de productos, para atender una mayor porción del mercado, y 3) el mercado argentino es reducido, todos estos factores, pueden perturbar la competitividad de los procesos. ¿Cómo se los puede contrarrestar? Con una buena planificación de la producción, estudiando los procesos de preparación de máquina (cambio de una pieza a otra) que detienen la producción, y racionalizando el uso del acero (en el forjado en caliente siempre se usa un material inicial en exceso, para llenar la cavidad de la matriz).

En consecuencia, en este trabajo, mostramos como es posible: a) **disminuir el tiempo muerto implicado en el cambio de herramental**, y b) **economizar acero conformando piezas buenas**. Para ello, se utilizaron las metodologías de SMED y de simulación computacional, respectivamente.

En relación a la primera actividad, la empresa evaluada, posee una única máquina de forja. Para pasar de un modelo a otro, el cambio de herramental y su puesta a punto requieren de 3h, realizando el mismo con una frecuencia de 1,5 días.

Para mejorar dicho tiempo, se realizó una filmación completa desde la última pieza buena fabricada, hasta la primera pieza buena, del siguiente modelo.

### RESULTADOS

#### Preparación de la máquina de forja

Analizando la filmación, se puede indicar cuanto tiempo se requirió por cada una de las actividades que constituyen el cambio. A continuación, se presenta la tabla obtenida:

Tabla 1: Cuadro Actividad vs Tiempo

Actividad interna	Tiempo (min)	%
Precalentamiento	00:57	34%
Esperas	00:40	24%
Limpieza de la zona de trabajo	00:17	10%
Retiro de la matriz Superior (A)	00:12	7%
Ajustes gruesos	00:13	8%
Ajustes Finos	00:10	6%
Pruebas	00:08	5%
Retiro de la matriz inferior (A)	00:04	2%
Colocación de la matriz Superior (B)	00:04	2%
Colocación de la matriz inferior (B)	00:01	1%
Total	02:50	100%

Resulta evidente la importancia del precalentamiento, y la necesidad de trabajar en pos de disminuir el tiempo implicado.

En el forjado de piezas de acero, se requiere una temperatura de precalentamiento superficial en el rango de los 180°C a los 300°C, para asegurar una vida útil adecuada para la matriz, así como un buen desempeño del lubricante.

Luego de 60 minutos de precalentamiento usando un quemador de gas rectangular (ver figura), se obtuvo la siguiente termografía:

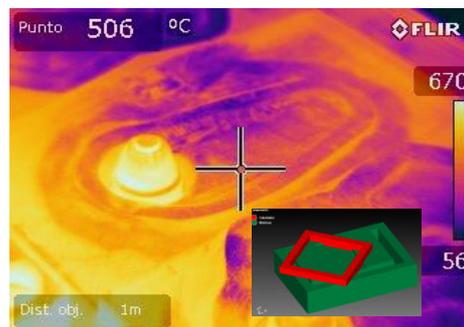


Fig. 1: Termografía en 60 min. y quemador rectangular

Es notorio que la temperatura resultaba excesiva. Entonces, para homogeneizarla y achicar el tiempo, se propuso cambiar a un quemador rectangular. Se analizaron varios diseños de quemadores mediante la simulación del precalentamiento. La mejor opción alcanzada fue la siguiente:

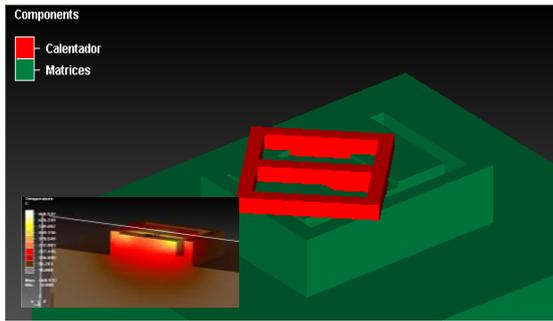


Fig. 2: Quemador rediseñado y mapa de temperaturas

Con este nuevo diseño el software mostró que, con sólo 30 minutos de calentamiento, la zona central superior de la estampa, alcanzaría los 296°C, mientras que la base llegaría hasta los 226°C (gradiente vertical = 70°C).

Completamos esta parte del trabajo, con la figura siguiente, donde presentamos las curvas de temperatura superficial, obtenidas por los tres métodos usados.

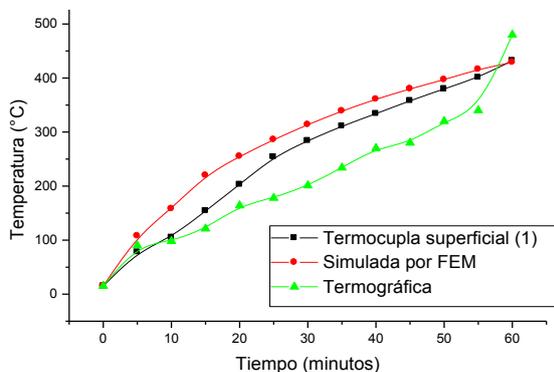


Fig. 3: Las tres curvas de calentamiento superficial

### Economía de acero

La empresa produce unos 400 modelos de piezas. Para que el trabajo produjera el mayor impacto posible, se seleccionó la pieza con código interno 103, por tener mayores ventas. El proceso original forjaba, a partir de una barra cilíndrica, dos piezas en dos golpes (preforma y final). Tal como se muestra en la imagen siguiente, la excesiva rebaba resultaba ser, un 94% del peso de las dos piezas rebabadas.



Figura 4: Producto de forja seleccionado y par de piezas 103 forjadas con rebaba (derecha)

Se propuso forjar, a razón de una pieza por golpe, partiendo de una barra cuadrada. El proceso fue simulado.

Los datos usados fueron:

- Geometrías:** archivos CAD 3D de las matrices
- Material de partida:** palanquilla de acero SAE 1038 de 25,4 mm x 95 mm de largo.
- Espesor de flash:** 2,6 mm
- Prensa mecánica** de 230 mm de carrera, 842mm de largo de biela y 100 golpes por min
- Velocidad de deformación:** 2m/s
- Temperatura de precalentamiento de las matrices / forja:** 180°C / 1200°C
- Coefficiente de rozamiento:** 0,3

Finalmente, se realizaron las pruebas en planta, obteniéndose resultados equivalentes a los entregados por la simulación (derecha).

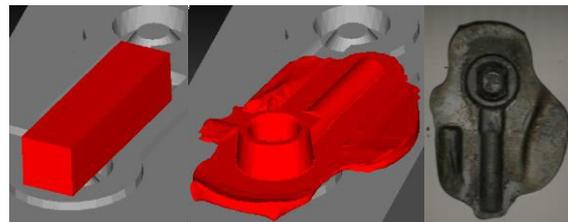


Fig. 5: Proceso nuevo simulado y pieza experimental

Se pasó así a una rebaba equivalente al 66% del peso de la pieza terminada. Un resumen de lo actuado se muestra en la tabla que sigue:

Proceso original	Propuesto (barra cuadrada)
Preforma y final en 2 pasos	1 pieza por golpe.
Redondo de $\Phi 31,8$ mm x 178 mm de largo.	Cuadrado de 25,4 mm x 95 mm de largo.
Dos piezas en dos golpes.	Una cavidad por matriz
Material de partida: 1100 g.	Material de partida: 480 g.
94% de scrap por rebaba.	66% de scrap por rebaba.

### CONCLUSIONES

- La reducción del tiempo de precalentamiento, más una buena organización que elimine las esperas, conduciría a un tiempo muerto de 2h (se reduce 1h frente al tiempo inicial), logrando 22 días adicionales de maquina al año.
- El empleo de barras cuadradas para el forjado, permitiría un ahorro de unas 2t/año.
- Dado que la empresa fabrica piezas con geometría similar (familia de piezas), podría lograrse un beneficio en el mismo sentido.
- Todas las propuestas realizadas pueden ser implementadas de manera simple y económica.

### Para mayor información:

[1] Martynenko, Abate, Perez, Riu y Martinez Kraemer, *Estudio de alternativas para mejorar el precalentamiento de matrices de forja en caliente empleando quemadores de gas*, Congreso CAI, Buenos Aires (2014).

[2] Abate, Perez, Riu y Martinez Kraemer, *Application of numerical simulation to reduce the flash of a hot forged automotive piece*, Congreso PANACM, Buenos Aires (2015).