

## PROYECTO FIN DE CARRERA

Análisis experimental y numérico del fallo en chapas conformadas de aluminio sometidas a tracción biaxial

Carlos Fernando Mellado Castellero

5 de septiembre de 2007



# Capítulo 1

## Conclusiones. Desarrollos futuros

### 1.1. Modelo de elementos finitos

De este proyecto resulta un modelo de Elementos Finitos que permite la simulación del ensayo *Erichen* tal y como dice la norma *DIN 50 101*. El citado modelo es capaz de reflejar fenómenos característicos como la aparición de estricción. Los resultados obtenidos con nuestro modelo aproximan cualitativamente a los *FLDs* obtenidos experimentalmente. Además, con ligeras modificaciones es posible utilizar el modelo desarrollado para simular otros ensayos *Erichsen* normalizados.

La simplificación realizada, de analizar el modelo como un cuarto del real, permite obtener resultados sin pérdida de precisión con un considerable ahorro de tiempo.

¿Limitaciones de nuestro modelo?.

La ley de plastificación cuadrática de Hill no es adecuada para aluminios. Sería mejor una ley no cuadrática, por ejemplo, la de Barlat.

Debemos decir que se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo: ley de comportamiento no lineal del material, estudio del rozamiento, anisotropía, etc. Estas consideraciones permiten el empleo de nuestro modelo para prácticamente cualquier aplicación.

#### **FLDs obtenidos**

Puede apreciarse que los diagramas de conformados obtenidos numéricamente son cualitativamente similares a los obtenidos experimentalmente. Así mismo, como se refleja en [10], los *FLDs* en *estricción* tienden a los *FLDs* en *fractura* para las probetas de mayor ancho, aumentando esta diferencia a medida que decrece el ancho.

Por otra parte se aprecia que ambas consideraciones predicen el fallo con más antelación para las probetas con ancho inferiores a 40 mm. Para anchos de 60 y 80 mm los resultados numéricos se aproximan mejor a los experimentales.

## 1.2. Desarrollos futuros

Estudios posteriores que utilicen el software *ARAMIS* utilizado aquí deberían de emplear más *frames* a la hora de construir las gráficas con las que se han obtenido los FLDNs. En el actual trabajo se han trabajado con unos 30 *frames*, no repartidos uniformemente y con mayor densidad de capturas en los instantes próximos al fallo del material. Capturando un mayor número de *frames* e igualmente espaciados podría haberse trabajado con la derivada numérica, en lugar de haber trabajado con polinomios que aproximaban la curva obtenida.

### 1.2.1. El estudio de la flexión

Desarrollos futuros deberían de tener en cuenta la influencia de la flexión en la aparición del fallo.

Estudios llevados a cabo por Mark R. et al. [12], Fig. 1.1, ponen de manifiesto el efecto de la flexión en el conformado de chapa. Estos estudios relevan que la estricción tiene lugar en la superficie convexa cuando la deformación en la parte concava de la chapa alcanza un valor crítico. Medida de la deformación con rejillas rectangulares de 0.5 mm muestran que este resultado es consistente con el FLD<sub>0</sub>, diagrama límite de conformado en deformación plana para deformación en el plano. Sin embargo, parece ser ambiguo en la interpretación de los datos a baja curvatura debido a la tendencia del *estricción* a ocurrir en la zona plana, fuera del contacto del punzón y del agarre del prensachapa. Además la regla de fallo presentada en este estudio presenta efectos no lineales para curvaturas elevadas, ( $t/R > 0,5$ ).

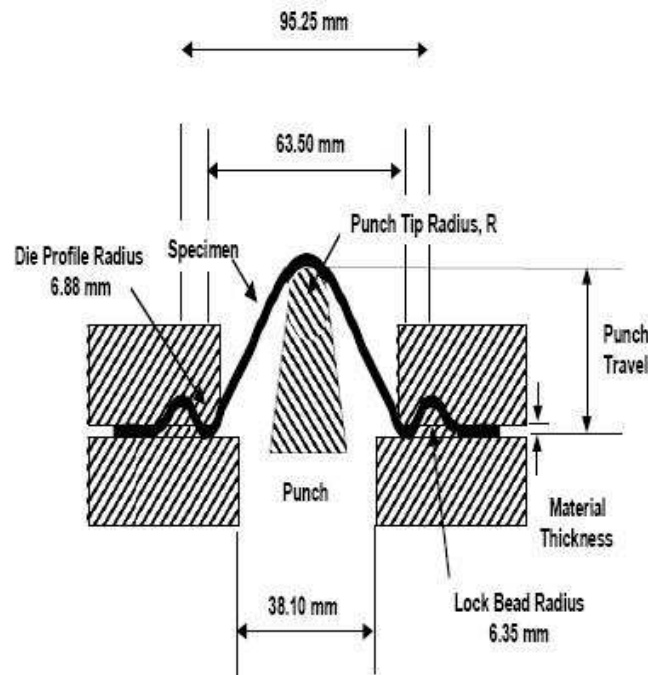


Figura 1.1: Dibujo esquemático del ensayo de estirado con flexión, descrito en [12].

### 1.2.2. Otros modelos para predecir el *estricción*

La estricción localizada requiere la concentración de la deformación del material en una zona muy pequeña, del orden del espesor, mientras que el resto del material deja de deformarse.

Esta localización de la deformación puede emplearse como método para determinar el inicio de la estricción. Si en cada instante se compara un punto dentro de la zona de estricción y otro fuera, aparecerá un instante en la que la deformación de ambos difieren especialmente.

Aprovechando el modelo en elementos finitos que ya teníamos para la chapa de 1.2 mm se estudió la evolución de la  $\epsilon_I$  en dos puntos consecutivos del *path*, situados, como puede verse en la Fig. 1.2, a una distancia del orden del espesor de esta chapa.

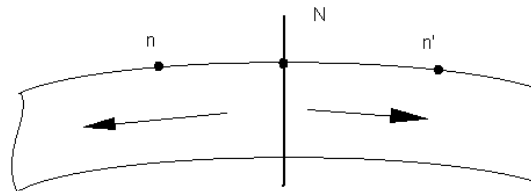


Figura 1.2: Punto de comienzo del fallo y adyacente

En la Fig. 1.3 puede apreciarse lo comentado anteriormente.

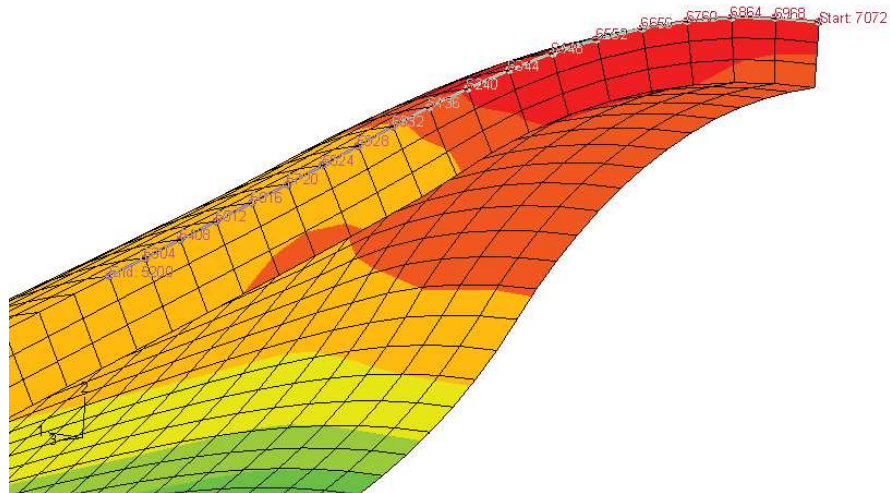


Figura 1.3: Detalle del espesor de la una chapa de 1.2mm y del path en la cara superior de ésta.

En la Fig. 1.4 podemos apreciar la evolución de la tensión principal,  $\epsilon_I$  en el punto de fallo a lo largo del tiempo y su variación con el ancho de las probetas.

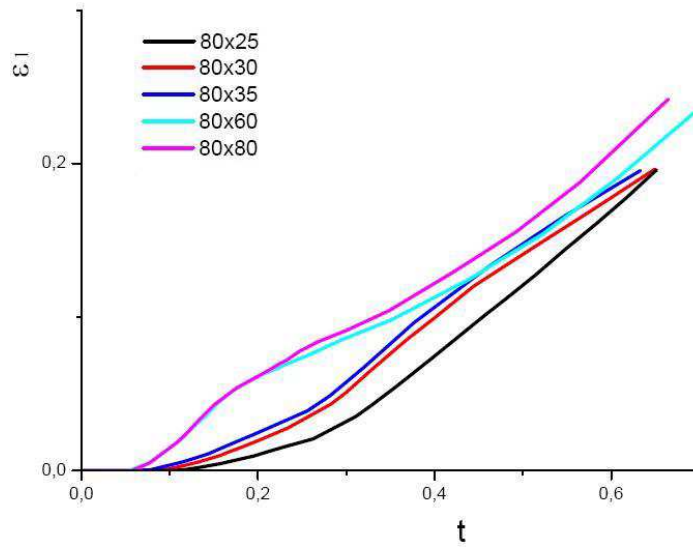


Figura 1.4: Variación de la deformación principal I con respecto al tiempo y el ancho de las probetas.

En 1.5 y 1.6 se representan las evoluciones de  $\epsilon_I$  a lo largo del tiempo para tres puntos: el de fallo y los dos contiguos al mismo en el path.

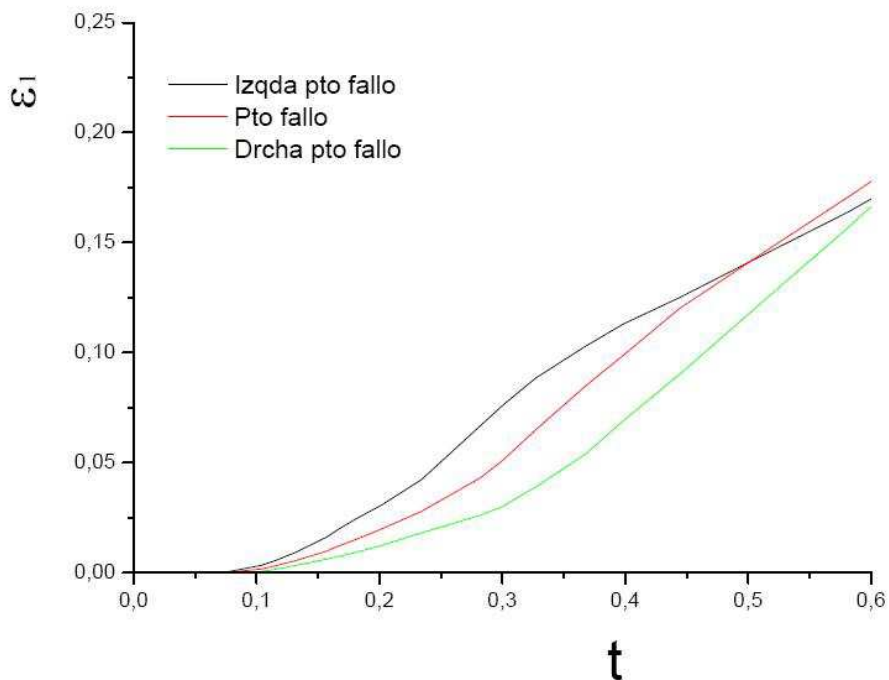


Figura 1.5: Evolución de la deformación principal I en el punto de fallo y sus proximidades, para una probeta de 80x30mm

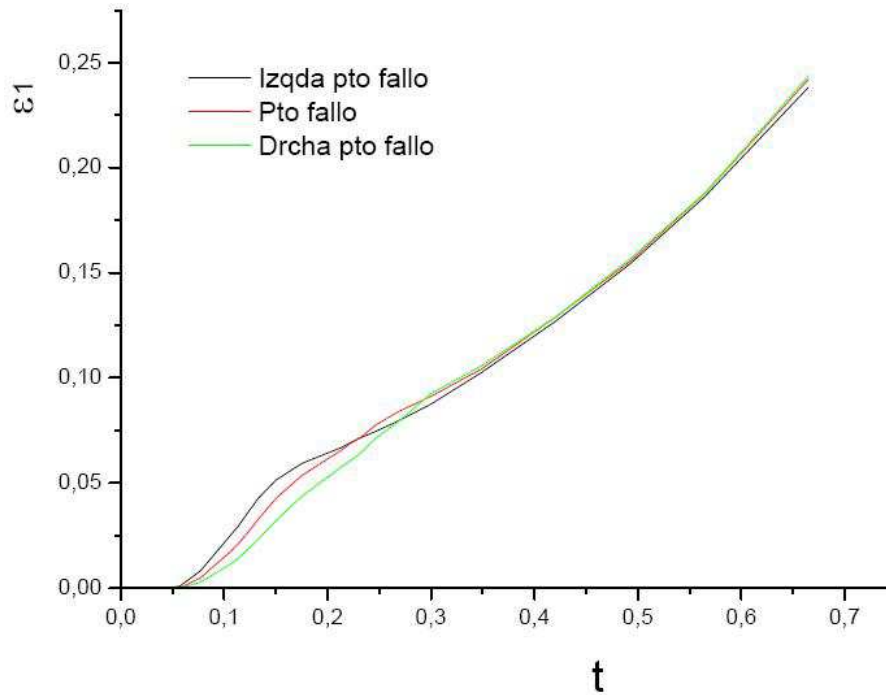


Figura 1.6: Evolución de la deformación principal I en el punto de fallo y sus proximidades, para una probeta de  $80 \times 80 \text{ mm}$

Los resultados aquí mostrados muestran una tendencia casi inmediata a la separación de los puntos elegidos. Ello puede ser debido al radio de curvatura del punzón con el que estamos trabajando. Este método puede ser más apropiado cuando se trabaje con poca curvatura.

Queda a cargo de futuros estudios determinar cual es la distancia entre ambos puntos a partir de la cual puede considerarse se ha producido el *estricción*.