

XV CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE PROYECTOS
HUESCA, 6, 7 y 8 Julio, 2011

APLICACIÓN DE NUEVOS PROCESOS DE CONFORMADO EN CALIENTE PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVOS COMPONENTES ESTRUCTURALES PARA AUTOMOCIÓN: MONTANTE/PILAR A

Dr. Víctor Oliveras Mérida^(p),

Prof. asociado dep. Proyectos de Ingeniería. ETSEIB. UPC. Barcelona

Centro Técnico de SEAT. Resp. Estrategia de Innovación

Abel Zahinos Ruiz

Doctorando de la Cátedra SEAT-UPC, ETSEIB. UPC. Barcelona

Markus Ferst

Centro Técnico de SEAT, Resp. Desarrollo Carrocería

Xavier Agusti Ripoll

Centro Técnico de SEAT, Resp. Cálculo Técnico

Víctor Clua

Estudiante de la Cátedra SEAT-UPC, ETSEIB. UPC. Barcelona

Abstract

The aim of this project is to determine the technical viability of the bodywork manufacturing process using the Blow-forming technology. Specifically, the blow-forming technology has been studied to be applied to manufacture the A-pillar.

The results of using this technology reveal the following:

- Weight and CO₂ reduction owing to the fact that this technology makes it possible to use thinner high strength steel.
- Passengers' safety improvement.
- Improvement of the driver's sight angle as result of the smaller section of the A-pillar.
- Reduction of manufacturing costs.
- Reduction of the number of components of the A-pillar.

During the development stage, the following results are also achieved:

- Harden material above 1.500 MPa.
- Up to 20% of A-pillar weight reduction.
- Utilization of material by 95% vs 40% of current use.
- Component number reduction.

Results suggest that the application of the Blow-forming technology to manufacture the A-pillar is technically viable and complies with the geometric and manufacturing requirements.

Key words: *blow-forming; manufacturing processes; high strength steel; A-pillar*

Resumen

El objetivo de este proyecto es estudiar la viabilidad del uso de la tecnología "Blow-forming" para la construcción de una carrocería, y concretamente uno de sus componentes, el montante A.

Los resultados derivados de la aplicación de la tecnología en el proceso de fabricación de esta pieza son:

- Reducción de peso, y consecuentemente de las emisiones de CO₂, debido a la posibilidad que ofrece esta tecnología de utilizar de acero de alta resistencia mecánica de espesor menor que el empleado en las piezas convencionales.
- Incremento de la seguridad de los ocupantes.
- Mejora del ángulo de visión del conductor debido a la reducción de la sección del Montante A que es posible conseguir manteniendo las propiedades mecánicas del conjunto.
- Reducción de los costes de fabricación.
- Reducción del número de componentes del montante A.

En la fase de desarrollo de la pieza se consiguen los siguientes resultados:

- Material endurecido por encima de los 1500 MPa.
- Reducción aproximada del 20% en peso del montante A.
- Aprovechamiento de material en un 95% frente al actual 40%
- Reducción del número de componentes.

Los resultados del proyecto indican que la aplicación de la tecnología "Blow-Forming" en el montante A es técnicamente viable, cumpliéndose los requisitos geométricos y de fabricación.

Palabras clave: *soplado en caliente; proceso fabricación; acero de alta resistencia; montante A*

1. Introducción

En los últimos años, en el sector automovilístico, se está produciendo un progresivo endurecimiento de las exigencias que deben cumplir los nuevos modelos. Un claro ejemplo de este hecho es la obligación de ofrecer vehículo que proporcionen una mayor seguridad para los ocupantes del vehículo en las pruebas de impacto. Otra exigencia importante es la reducción continua de los consumos de los vehículos, y para lograrla, entre las estrategias que los fabricantes emplean, está la reducción continua del peso de los diferentes componentes y piezas. Para cumplir estas exigencias, que en ocasiones podrían parecer contradictorias, los fabricantes están buscando alternativas a los materiales tradicionalmente empleados para el diseño y fabricación de componentes estructurales. Un ejemplo de este tipo de materiales son los aceros avanzados de alta resistencia, que permiten reducir notablemente el espesor de las piezas, si se compara con piezas diseñadas con otros tipos de acero, y, por lo tanto, el peso en piezas con requerimientos estructurales en la carrocería.

Sin embargo la aplicación de estos aceros entraña serias dificultades. En primer lugar, al emplear aceros de alta resistencia, en los procesos tradicionales de conformado, tales como el perfilado en frío, aparecen serios problemas. Estos problemas, que no tienen su origen en la falta de ductilidad del propio acero, se deben a la magnificación del fenómeno de recuperación elástica, y al acusado desgaste y constantes roturas de las herramientas de conformado, lo cual obliga a un replanteamiento y rediseño del material del que se fabrican los útiles de conformación.

Estos problemas son especialmente relevantes en aceros de muy alta resistencia, superior a 1000 MPa, que justamente son los que más interés despiertan en la industria por la relevante disminución de peso que significaría su utilización.

Con el objetivo de solucionar estos problemas, en los últimos años, se están desarrollando nuevos procesos de conformado para aceros de hasta 1500 MPa. de resistencia mecánica. Estos procesos, realizados en caliente, de modo que la chapa de acero se deforma debido a la alta temperatura, tratan de aprovechar las características del material en su fase austenítica, en la cual el material presenta una elevada ductilidad. Tras el conformado en caliente, se efectúa un temple para conseguir estructuras martensíticas. El temple tiene la particularidad de efectuarse dentro de los útiles de conformado, donde se aprovecha la baja temperatura del útil, lo cual hace que el posterior enfriamiento, que hace también las veces de auto-revenido, elimine la problemática de la recuperación elástica. Este proceso, denominado estampación en caliente, y como indicado anteriormente permite trabajar con aceros de alta resistencia, es el utilizado por SEAT para la fabricación de los montantes A y B del nuevo Seat Ibiza.

El presente artículo expone los resultados obtenidos de la investigación llevada a cabo para el diseño y desarrollo del montante A utilizando aceros de alta resistencias y aplicando las nuevas técnicas de fabricación. La investigación llevada a cabo ha permitido evaluar el uso de estas nuevas tecnologías de desarrollo de elementos estructurales mediante soplado en caliente. Los datos obtenidos son de gran utilidad para la comparación de estas tecnologías con a las empleadas tradicionales, y facilita el proceso de toma de decisiones en relación a la posible utilización de aceros de alta resistencia y conformado en caliente en futuros proyectos de desarrollo de vehículos de la marca.

2. Objetivo del Proyecto

El presente artículo describe los resultados obtenidos en unos de los proyecto que Seat ha llevado a cabo con la finalidad de reducir las emisiones contaminantes emitidas por el uso de sus vehículos, tal y como exigen las diferentes normativas europeas y las normas del sector de la automoción en materia medioambiental. Una de las posibles vías de actuación para lograr tal fin es la reducción del peso total de los vehículos mediante la sustitución de aquellos componentes más pesados por otros más ligeros, sin que ello afecte negativamente a las prestaciones del vehículo.

Este artículo presenta los resultados del proyecto que tiene como objetivo estudiar la viabilidad de la aplicación de nuevos procesos de conformado, concretamente los denominados de soplado en caliente, para el diseño y fabricación de uno de los elementos estructurales del vehículo: el montante A del futuro modelo del SEAT León. El proyecto, además de determinar la viabilidad técnica del proceso, tiene como objetivo estudiar las características del material más adecuado para el diseño de la pieza y para el propio proceso empleado para su fabricación.

En caso de ser viable, esta nueva forma de conformado en caliente permitiría a Centro Técnico de Seat (CTS en adelante) aplicar esta tecnología en otras piezas del vehículo, de

mayores dimensiones, tales como el anillo, lo que ayudaría a lograr reducciones de peso y emisiones más importantes.

Los objetivos específicos del proyecto llevado a cabo son:

- Rediseñar el montante A de modo que éste pueda adaptarse a las geometrías a obtener por el proceso de soplado en caliente.
- Seleccionar los materiales a emplear para efectuar la pieza por este procedimiento, manteniendo unos requerimientos mínimos de 1500 MPa.
- Analizar el proceso de fabricación en su conjunto, con detección de los posibles puntos a mejorar y eventual rediseño de la pieza.
- Analizar las prestaciones solicitadas: mecánicas y de resistencia a corrosión, entre otras.

3. Justificación y Beneficios Esperados

Los beneficios esperados, de demostrarse la viabilidad del proceso, son los indicados a continuación:

- Reducción del peso y, en consecuencia, de las emisiones de CO₂ de los vehículos.
- Incremento de la seguridad de los pasajeros.
- Reducción de los costes de fabricación y la mejora del impacto del proceso productivo sobre el medioambiente.

La idea subyacente en el empleo de este tipo de conformado por soplado en caliente es la posibilidad de poder utilizar aceros de alta resistencia, lo cual permite obtener piezas con elevadas prestaciones mecánicas empleando el mínimo de material. Esto implica que, de poder utilizarse este tipo de procesos y materiales, se podría disminuir tanto la sección de la pieza como el peso de la misma. Otras ventajas que se podrían conseguir, consecuencia de la reducción del peso de la pieza bajo estudio, son una reducción de las emisiones de CO₂ y una mejora de la dinámica del vehículo, tanto en la aceleración como en el frenado, y de su comportamiento en carretera. Esto se debe a que la reducción de peso en el área superior del vehículo, lugar en el que se encuentra la pieza bajo estudio, contribuye a desplazar el centro de gravedad del vehículo hacia el suelo.

Por otro lado, el uso de componentes estructurales más resistentes permitiría dotar de una mayor seguridad a los pasajeros de los vehículos gracias a:

- Aumento de la resistencia que de los citados elementos, contribuyendo a reforzar la resistencia del conjunto del vehículo.
- Incremento del campo de visión del conductor al poder fabricar montantes A con una sección transversal menor y que obstaculicen lo menos posible el campo de visión. Con ello se conseguiría disminuir los ángulos muertos que se originan en esta zona y con ello aumentar la seguridad en la conducción.

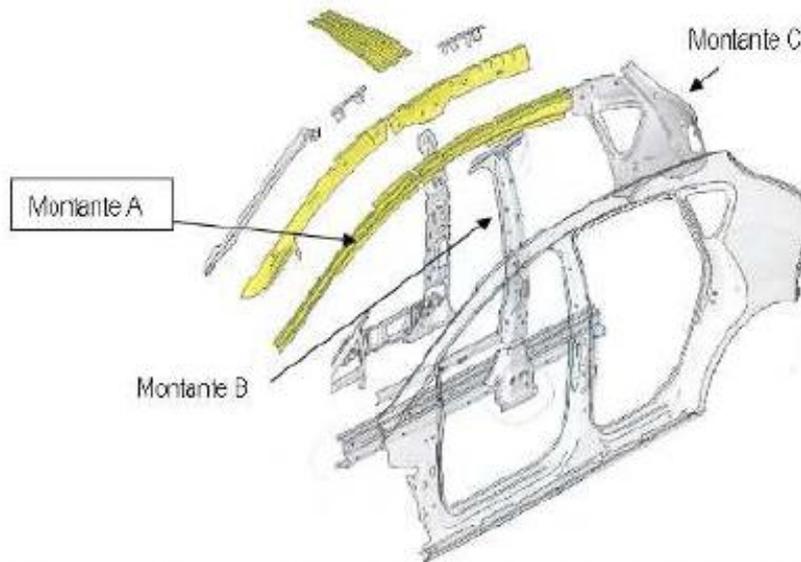
Finalmente, se espera que la utilización de un montante A fabricado por soplado en caliente ayude a conseguir una reducción de la complejidad del proceso de fabricación de los vehículos, y por tanto una reducción tanto de los costes de fabricación como del impacto del proceso productivo sobre el medioambiente. Esto se vería reflejado a través de:

- La reducción del número de componentes que forman parte del montante A, obteniendo así ventajas logísticas, una reducción del gasto de producción y de manipulación, el uso de menos herramientas, una fabricación más económica y la minimización del gasto de montaje.

- El incremento del grado de aprovechamiento de material de partida, debido a la posibilidad de pasar del proceso actual de estampación a uno futuro de perfilado.

En resumen, con la realización de este proyecto se espera reducir el peso del montante A en aproximadamente un 35% y reducir costes e inversiones manteniendo o incluso mejorando el comportamiento estructural de la pieza.

4. Metodología y actividades desarrolladas



4.1

Anillo perfilado completo, formado por montante A (en amarillo objetivo del presente proyecto), montante B y montante C

Antecedentes

En esta sección se explican los antecedentes y motivaciones que condujeron a planteamiento de la utilización de nuevos materiales y procesos productivos para el diseño y fabricación de elementos estructurales del vehículo, como es el montante A.

Dentro de la carrocería de un automóvil existen una serie de componentes de alta responsabilidad estructural, tales como los montantes A, B, C y la talonera, los cuales forman el denominado anillo.

Figure 1: Elementos estructurales estudiados y que componen el anillo

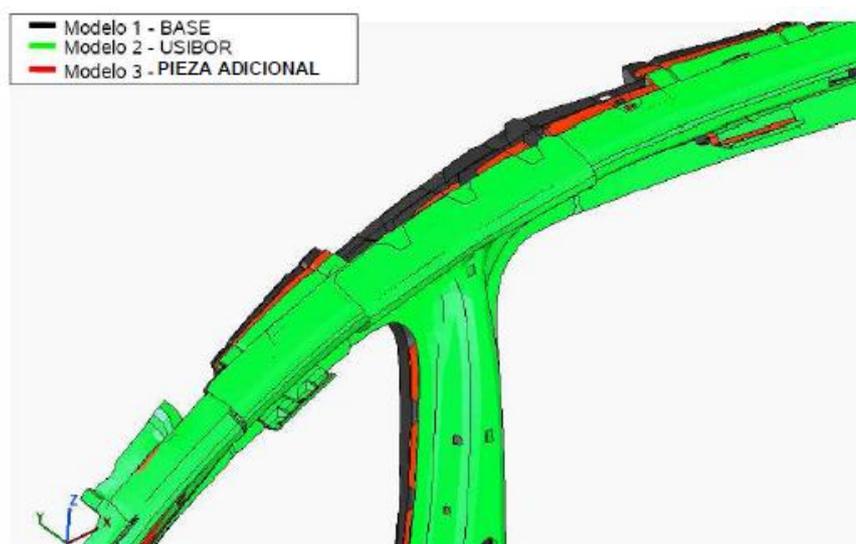
Durante el desarrollo de proyectos anteriores, y especialmente en los relacionados con el desarrollo del actual SEAT Ibiza, con el objetivo básico de reducir peso, al tiempo que se garantiza la protección de los ocupantes en caso de choque, se tomaron decisiones como la eliminación de la travesa central de techo. Este hecho aportaba los siguientes beneficios: reducción de la complejidad de fabricación, reducción del número de piezas y menores costes logísticos. Al eliminar la travesa central del nuevo Ibiza, se tomaron medidas para garantizar el correcto funcionamiento del vehículo. Sin embargo, los márgenes de seguridad en lo que respecta al impacto lateral, se redujeron sensiblemente. Esto viene provocado por el hecho de que el refuerzo del montante A superior debe prolongarse hasta la zona del montante C, a diferencia de lo que se hacía en la familia de vehículos antecesora, actual SEAT Leon, donde el montante A superior no conecta con el montante C. Al prolongarse el montante A y no disponer de apoyo intermedio en la zona de Montante B, la flexión de la misma es muy elevada, aumentando el riesgo de colapso en impacto lateral, y aumentando notablemente las intrusiones en la zona superior de dicho montante.

A la vista de los resultados en ensayos físicos, se decidió iniciar actividades que permitiesen asegurar en proyectos futuros un mejor funcionamiento en *crash* lateral del montante A superior.

Los estudios que se realizaron para solucionar este problema reflejaron que en caso de disponer de un Montante A superior de acero estampado en caliente, tipo USIBOR 1500, se obtiene un comportamiento mucho más adecuado para aumentar los márgenes de seguridad en caso de impacto lateral.

En este estudio se barajaron también alternativas, como piezas adicionales en el interior del montante A, que se mostraron mucho menos eficientes, tanto en coste como peso, que la solución basada en la utilización de aceros de alta resistencia.

Figure 2: Comparación de deformaciones plásticas en el Montante A superior en Crash Lateral en el Nuevo Seat Ibiza



Detalle comparativa de deformaciones plásticas en el Montante A superior en Crash Lateral en el Nuevo SEAT Ibiza.

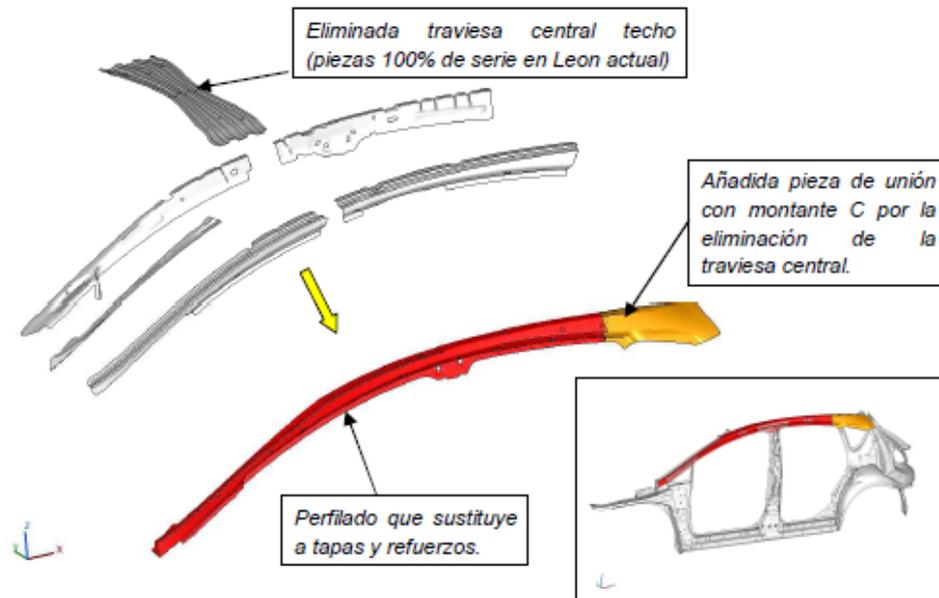
Para llevar a cabo el estudio de viabilidad del proceso de conformado de aceros de alta resistencia se solicitó al Departamento de Carrocería de CTS que propusiese una geometría

de Montante A superior, y posteriormente, esta geometría se introdujo en un modelo de elementos finitos del actual SEAT Leon para realizar las simulaciones necesarias.

La

Figure 3 muestra la estructura del anillo del Montante A superior del actual SEAT Leon, y la estructura desarrollada para este estudio, compuesta por el refuerzo del Montante A superior, en color rojo, más la pieza de prolongación hasta montante C.

Figure 3: Comparación de las piezas empleadas en modelos anteriores junto con las piezas desarrolladas para este proyecto



Cambio de estructura en simulación conceptual sobre el actual SEAT Leon (sustitución de piezas de modelo de serie 100% por pieza Montante A superior perfilado + eliminación travesía central de techo)

4.2 Requisitos solicitados a la pieza a construir

En esta sección se describen los requisitos que debe cumplir tanto la nueva pieza desarrollada como el proceso de fabricación para su obtención.

El Montante A es un componente estructural del vehículo que ha de cumplir los requisitos detallados a continuación:

- Rigidez. Por tratarse de una pieza de la estructura de la carrocería, debe de aportar la rigidez necesaria tanto como pieza individual como en el conjunto de la estructura de la carrocería.
- Crash. Debe de superar los requisitos que garanticen la integridad del habitáculo en caso de accidente.
- Coste. Como cualquier otra pieza del vehículo está sometida a unos objetivos coste a cumplir.
- Package. Se denomina *package* del habitáculo al espacio disponible para sus ocupantes dentro del vehículo. Por las dimensiones del espacio disponible a ofrecer se producen restricciones lógicas a la forma de la pieza, ya que hay que hacer la estancia de los ocupantes dentro del mismo lo más cómoda posible.
- Peso. Al igual que el coste, el peso es un parámetro muy importante, que se controla y vigila constantemente en el desarrollo de un vehículo. Como ya se ha comentado

anteriormente, una disminución del peso conlleva automáticamente una disminución de emisiones de gases contaminantes.

- **Visión.** Dada la posición que ocupa el montante A, situado en el campo de visión del conductor, esta pieza interfiere en su visión lateral, sobre todo en curvas y giros en calles. Cuanto menor sea la sección del mismo, mayor campo de visión se ofrece y por lo tanto, mayor seguridad se cabría esperar.
- **Diseño/Estética.** Por tratarse de una pieza en gran parte visible, cuya geometría afecta e influye en las proporciones de color de la carrocería vista, hace que su tamaño y orientación sea una dimensión importante para el diseñador.
- **Protección de peatones.** El montante A es una pieza con la cual, si se produce un atropello, el peatón puede llegar a colisionar. Por ello es fundamental evitar zonas muy angulosas que puedan producir lesiones graves en caso de accidente.

Respecto al proceso de fabricación, actualmente la pieza se fabrica mediante un proceso de perfilado en frío de aceros microaleados de relativo bajo contenido en carbono que ofrecen límites elásticos en el entorno de 220 a 340 MPa en estado de recepción (el perfilado posteriormente le aumenta estas propiedades). Esto da lugar a que el componente se fabrique mediante la unión de hasta cinco piezas, que en total pesan 12.2 kg/coche. Una solución alternativa, de la que SEAT ya tiene cierta experiencia en el nuevo Ibiza, pasa por efectuar la pieza por estampado en caliente y el proceso queda reducido a solo tres piezas con un peso de 8.4 kg/coche.

Como alternativa aún más exigente planteada en el presente proyecto, ya que se estima que con la tecnología de soplado en caliente se podría lograr, es diseñar toda la pieza como un único componente, con lo que su peso final se reduciría a tan sólo 7.9 kg/coche.

4.3 El proceso de estampación en caliente

El proceso de estampación en caliente es un proceso patentado por la empresa Linde-Wieman, que participa como subcontratada en el proyecto. El proceso consta de los pasos descritos a continuación. En primer lugar se obtiene una preforma de la pieza mediante un perfilado clásico en frío. Posteriormente dicho perfil se cierra, se hace hueco y estanco mediante soldadura. Finalmente, y mediante un proceso de deformación por soplado en caliente, que es la verdadera novedad del proyecto, la pieza adquiere su forma definitiva.

Los procesos de soplado en caliente entran dentro de la categoría de conformado por fluido, siendo el más característico el hidroconformado, que se aplica sobre todo a procesos de conformado en frío. Este tipo de procesos tienen la ventaja de producir una presión uniforme, al contrario que los procesos clásicos de estampación que pueden producir concentraciones locales de esfuerzos. Por otra parte, al poder controlar a voluntad la presión aplicada en una secuencia de temperatura-tiempo, es posible conseguir piezas complejas y de espesores a su vez variables.

En el caso que aquí nos ocupa, una vez calentada la pieza, bien en un horno convencional o mediante inducción, ésta se introduce en la matriz de conformado donde se sopla aire a 300 bars de presión. Una vez conseguida la forma se enfría la pieza en agua mientras está todavía dentro del troquel, pasando de 900 a 40 °C en 10 segundos. Finalmente se cortan los extremos y los agujeros necesarios mediante láser o cualquier otro procedimiento a definir.

Tras las primeras reuniones mantenidas por SEAT y Linde-Wieman queda claro que hay que buscar una solución de compromiso entre la geometría actual del montante A en el nuevo Seat Leon y las aparentes posibilidades del proceso de soplado en caliente según la propia experiencia de Linde-Wieman.

Las primeras etapas del proyecto se centran, por tanto, en hacer converger las necesidades de SEAT con las posibilidades del proceso. Para ello CTS aporta en esta fase una nueva metodología de innovación, que va a permitir, en la Fase de Concepto, la creación de un modelo matemático geométrico, en 3D, parametrizado. Con el modelo matemático, desarrollado a partir de una superficie externa inicial correspondiente a una fase temprana del desarrollo del Diseño, se obtiene un resultado válido para poder iniciar, entre otras actividades, las simulaciones. Tras sucesivas iteraciones entre CTS y Linde-Wieman se acuerda la geometría final a fabricar y el material a utilizar. Respecto al material, es evidente que para este tipo de tecnología ha de escogerse un acero de fácil templabilidad. Sin embargo este efecto no es nada deseable si hay operaciones de soldadura intermedias. Asimismo, tradicionalmente la templabilidad se consigue aleando, lo cual suele ir en detrimento de la propia ductilidad en frío del material. A este respecto existe una tendencia a emplear aceros microaleados con boro, lo cual parece ser una solución que puede combinarse en este proceso.

La segunda etapa del proceso, la soldadura, requiere un acero de fácil soldabilidad. Este requerimiento va en contra del requerimiento de alta templabilidad, necesario en la etapa final, y por tanto es necesario encontrar una solución de compromiso. Como resultado de las características de los materiales, pieza a desarrollar y proceso a utilizar, para el proyecto se escoge inicialmente dos aceros microaleados con boro: el 22MnB5 y 27MnB5. En ambos casos, se decide hacer pruebas con y sin el recubrimiento que suministra el fabricante. Debido a que el acero presenta templabilidad, es necesario escoger un proceso de soldadura que, además de ser suficientemente rápido para no afectar la productividad, no promueva el agrietamiento del acero. Debe no obstante mencionarse que aunque se produzcan estructuras martensíticas en la soldadura, como la pieza se calienta posteriormente para el soplado final, dicha microestructura desaparece. Por tanto, la mera aparición de martensita no debe considerarse un problema, pero si el que el material quede muy fragilizado, de modo que pueda agrietarse en el enfriamiento o posteriores manipulaciones, antes del soplado en caliente.

La microestructura final, y por ende las propiedades mecánicas van a depender casi exclusivamente del temple después del soplado. Dicho temple, una vez fijado el acero, va a depender de la velocidad de enfriamiento. En principio, un acero como el USIBOR1500 requiere velocidades de temple de cerca de 70-80 °K/s, lo que sobre el papel aparentemente puede cumplir el proceso de soplado en caliente, aunque esto depende también del espesor del acero. Al tratarse de piezas con curvaturas y ligeras variaciones de sección es posible que no todas las partes de la pieza enfrien igual, y por tanto tengan propiedades mecánicas distintas. Hay por tanto que evaluar que tan homogénea es la microestructura, las propias propiedades mecánicas, y actuar en consecuencia.

Una vez fabricada la pieza, el siguiente paso es determinar si se cumplen todos los requerimientos solicitados al montante A indicados anteriormente. Particularmente importantes son los requerimientos a impacto. Aquí cabe mencionar que aunque la pieza no posea una completa homogeneidad microestructural, no significa que tenga que ser descartable, siempre y cuando cumpla los requisitos mecánicos. Es más, si presenta ciertas heterogeneidades microestructurales, éstas se pueden incluir en la etapa de simulación y rediseñar de acuerdo a las mismas.

4.4 Innovación introducida y tecnologías aplicadas

La innovación tecnológica del proyecto reside principalmente en:

- La tecnología aplicada. Se utiliza la tecnología de perfilado con endurecimiento por aero-conformado en caliente para la realización de un montante A.

- El desarrollo de un nuevo elemento estructural. Se desarrolla un montante A que permita su posterior integración en la estructura de un vehículo, atendiendo a las limitaciones inherentes a la tecnología utilizada y ofreciendo unas prestaciones idénticas o mejores a las actuales, de modo que la seguridad del vehículo no se ve alterada.
- La viabilidad de su industrialización. El desarrollo del montante A mediante el uso de la tecnología de perfilado con endurecimiento por aero-conformado en caliente debe afrontar los retos de la industrialización de esta tecnología de forma que los prototipos a desarrollar puedan resultar viables en el futuro en el contexto de su industrialización.
- La aplicación de nuevas herramientas software para la etapa de diseño y cálculo: el modelo técnico virtual.

A continuación se describen en detalle las innovaciones que el proyecto aporta.

4.4.1 Tecnología de perfilado con endurecimiento por aero-conformado en caliente

La tecnología de perfilado con endurecimiento por aero-conformado en caliente se caracteriza por explotar al máximo las ventajas de cada uno de los procesos relacionados:

1. Del perfilado. Las ventajas de este proceso son:

- Uso de secciones cerradas.
- Operaciones de transformación integradas en el mismo proceso de perfilado (pre-stamping y post-stamping).
- Diseño variable de las piezas (p.e. la longitud del perfil puede ser variada en función de los requerimientos sin necesidad de realizar nuevos utillajes).
- Coste de utillajes contenidos frente coste equivalente en proceso de estampado.
- Mínimo desperdicio de material.

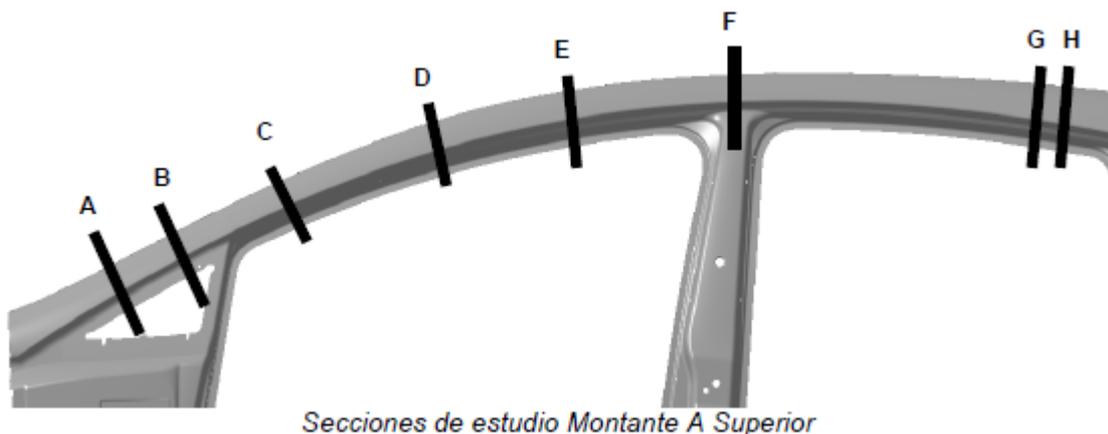
2. Del endurecimiento por aero-conformado en caliente. Sus ventajas son:

- Diseño del proceso optimizado: Integración de todas las operaciones en la línea de perfilado más aero-conformado.
- Sección adaptable al contorno: Posibilidad de variar la sección de forma continua a lo largo de la pieza.
- Material endurecido por encima de los 1400 MPa partiendo de material de 500 MPa.
- Excelente absorción de energía frente a impactos.

Dicha tecnología se encuentra ya patentada por parte de Linde-Wiemann, y forma parte de los diferentes procesos de que dispone dicha empresa para el endurecimiento de piezas perfiladas. Sin embargo, a pesar de que esta tecnología se aplica actualmente en el sector de la automoción en otras piezas, como parachoques, queda todavía pendiente evaluar su viabilidad en el desarrollo de otros componentes del sector de la automoción como el montante A, debido principalmente a las geometrías diferentes entre unos componentes y otros y que requieren por tanto de su estudio con el fin de determinar si dicha tecnología puede ser adoptada para este tipo de piezas.

En la Figure 4 se puede observar la comparativa de las secciones propuestas por Linde Wiemann versus el concepto original de Centro Técnico de SEAT.

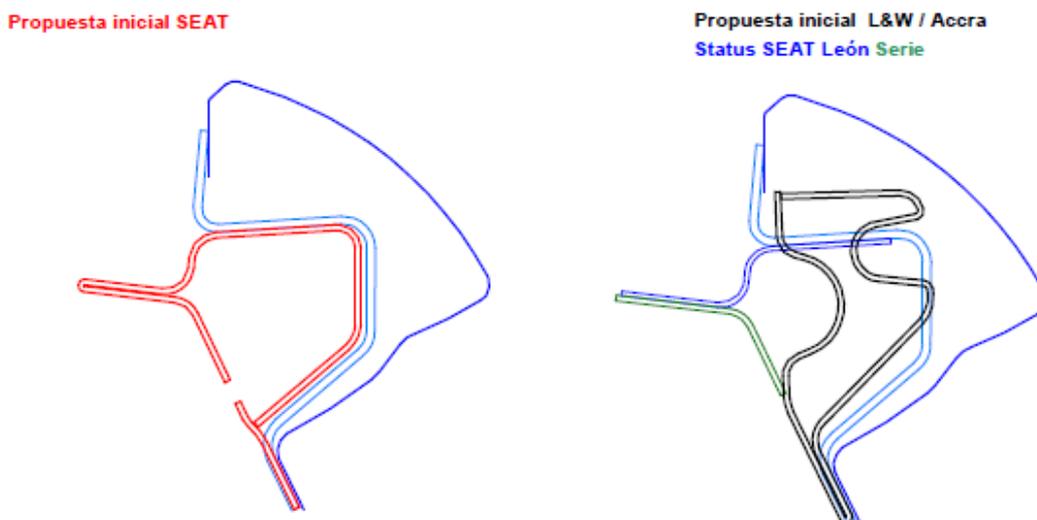
Figure 4: Secciones empleadas en el análisis del montante A



El hecho de introducir las buñas longitudinales en el refuerzo perfilado por parte de Linde Wiemann, se deben a limitaciones en el proceso productivo de la pieza, donde tan sólo son admisibles alargamientos del 30% como máximo en el material durante el proceso de fabricación. Al disponer de secciones radicalmente diferentes en el tramo anterior y posterior del montante perfilado, se hace necesario introducir estos pliegues longitudinales a fin de asegurar la factibilidad industrial de la pieza.

Sin embargo las secciones resultantes de la propuesta industrialmente viable conllevan una geometría difícilmente funcional en el tramo anterior del montante A superior, especialmente por requerimientos de choque Offset. Por ello se plantea la necesidad de construir un modelo de elementos finitos que reflejase el diseño del nuevo SEAT León, debido a que la geometría de este refuerzo, el Montante A, está muy condicionada por el diseño del propio vehículo.

Figure 5: Comparación de dos alternativas de la sección C-C



Sección C-C. Comparativa de los dos conceptos originales de Montante A superior perfilado (Centor Técnico de SEAT y Linde)

Para cubrir esta necesidad de cálculo se planteó construir una nueva herramienta de trabajo: El Modelo Técnico Virtual.

4.4.2 Modelo técnico virtual

Como nueva metodología de innovación, en el desarrollo del nuevo León, CTS ha desarrollado una herramienta que permite en la Fase de Concepto la creación de un modelo matemático geométrico en 3D parametrizado, en donde a partir de una superficie externa inicial (piel), correspondiente a una fase temprana del desarrollo del Diseño, se obtiene un resultado válido para poder iniciar, entre otras actividades, las de simulación.

Para ello se toman como informaciones iniciales que acompañan al mencionado Diseño las procedentes de:

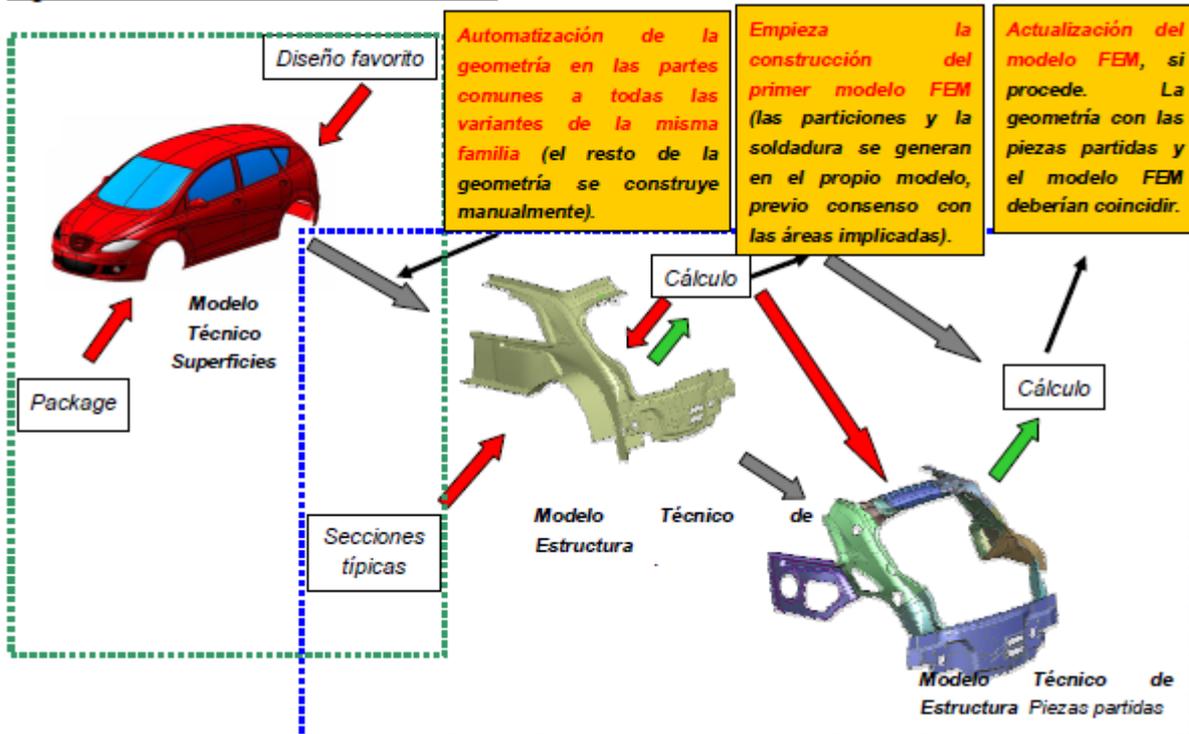
- Package y Ergonomía. Con estas se asegura la arquitectura querida, las dimensiones que aseguran el espacio de confort y conducción.
- Conceptos Técnicos y tecnológicos. Estos aseguran la factibilidad de realización del anterior apartado, Package, empleando para ello las llamadas “secciones típicas”.
- Estudios de viabilidad. Esta actividad es la principal fuente de información para el desarrollo del modelo técnico, pues nos guía durante la construcción del mismo y aúna las anteriores.

El proceso que se sigue es el siguiente:

1. Se parte de un modelo de diseño “favorito” (en estas fases suelen existir cuatro o más alternativas de Diseño).
2. La información de dicho modelo, es adaptada/transformada mínimamente mediante la aplicación de conceptos técnicos básicos.
3. A partir de este momento comienza realmente la generación de la geometría del modelo técnico, desarrollando por separado las diferentes partes del mismo. (ver Figure 6)

Figure 6: Proceso de creación del Modelo Técnico

Fig. A – Como se crea el Modelo Técnico



Una breve descripción del proceso se ofrece a continuación:

- Se inicia con una parametrización de las zonas comunes, obteniendo una superficie básica general. Esta superficie se segmenta atendiendo a parámetros de fabricabilidad, ensamblaje, y conceptos de uniones, entre otros.
- Con las superficies básicas, se elaboran las primeras simulaciones de los diferentes estados y pruebas de carga.
- Del feedback de las simulaciones se retroalimentan las geometrías del Modelo Técnico, así mismo, como el diseño avanza en paralelo.
- Aparecen nuevas informaciones del Diseño (superficies) por lo cual se debe de actualizar, también el Modelo Técnico. Gracias al mismo, la construcción de las geometrías está asociada al diseño, las actualizaciones del modelo son relativamente rápidas de realizar, permitiendo dar una respuesta muy satisfactoria en cuanto a tiempo de desarrollo (ver

Figure 7)

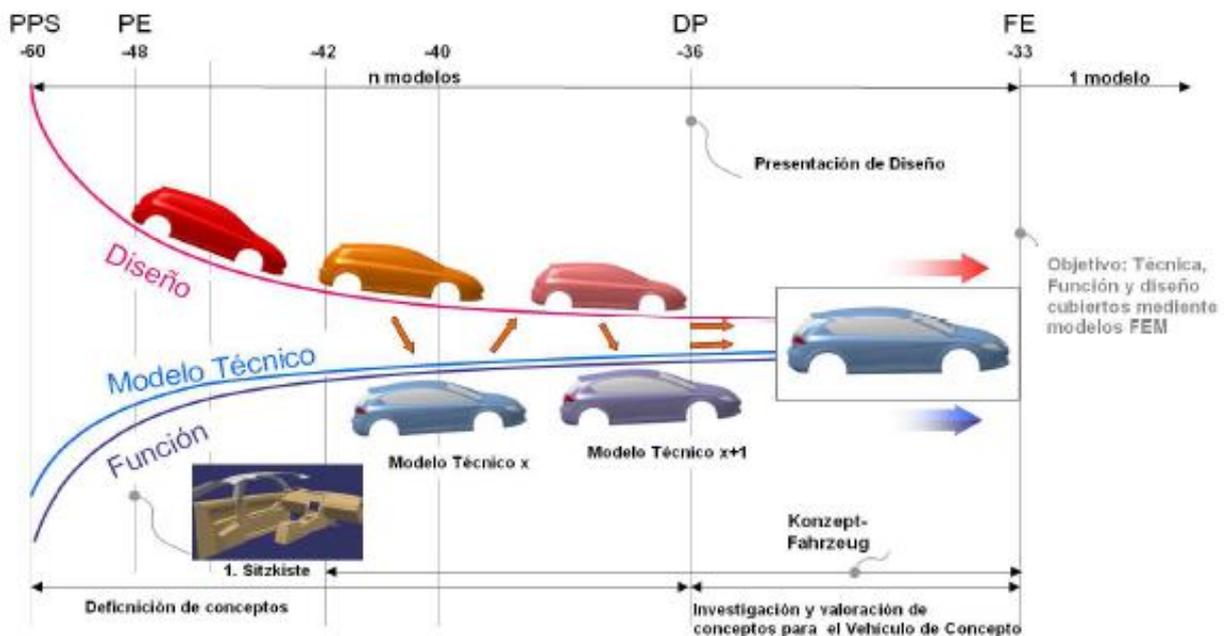
Figure 7: Pasos del proceso llevado a cabo



- Normalmente se realizan dos o tres rondas de cálculo. En ese mismo periodo de tiempo el diseño ha madurado, acercándose a su definición final o congelación. Una de las ventajas de este proceso es obtener, en ocasiones, en una fase muy temprana, los datos para la construcción de Vehículo Concepto, primer prototipo funcional casi al 100% representativo del diseño y la técnica. (ver Figure 8)

Figure 8: Actualización según Fases de Diseño

Fig. C –Actualización según fases de Diseño.



Finalmente, se enumeran las principales líneas de actuación que se siguen en el desarrollo del proyecto para comprobar si las piezas desarrolladas a partir de la tecnología expuesta anteriormente son viables técnica y económicamente:

- Diseño, simulación y optimización del nuevo diseño. Construcción del prototipo.
- Caracterización de propiedades del material y la pieza.
- Ensayos experimentales y validación experimental.

De las líneas de trabajo se obtienen los resultados descritos a continuación.

5. Resultados

5.1 Diseño de Geometría Fabricable

De esta fase de proyecto se obtiene como resultado una geometría para el montante A a fabricar mediante el proceso de perfilado en frío, seguido de soldadura para cierre del perfil y soplado en caliente. Esta etapa inicial es iterativa hasta obtener piezas aparentemente sanas. No obstante se efectúan simulaciones para acortar el número de pruebas y acercarse lo más posible a una pieza sana en las primeras pruebas. Para las simulaciones se emplea la metodología de innovación de modelo técnico desarrollado por SEAT. Posteriormente se procede a la fabricación de los prototipos, tanto de los útiles de conformado, como de las propias piezas.

5.2 Caracterización de Propiedades del Material y la Pieza

Una vez obtenidas piezas aparentemente sanas, se procede al estudio mecánico de las mismas. Para ello se procede a evaluar, mediante las correspondientes metalografías, las microestructuras obtenidas. Además, se estudian las propiedades mecánicas mediante evaluación localizada a través de ensayos de dureza y de tracción. Esto se realiza sobre todas las piezas sanas, y en función de la tabla de condiciones de conformación que se considerarán posteriormente. En este sentido es necesario evaluar sobre todo como afectan a la microestructura los parámetros de conformado en caliente, y particularmente, la temperatura inicial, la presión de soplado, la severidad del medio de temple, ya sea aire o agua y las temperatura de las matrices, y el tipo de acero escogido.

Los resultados obtenidos pueden eventualmente realimentar la fase de diseño para ajustar este aún más. Esta etapa contempla también la caracterización del estado de recepción del material para alimentar los primeros diseños así como la verificación dimensional del componente fabricado

5.3 Ensayos experimentales y validación experimental

Finalmente se evalúa el funcionamiento en servicio de la pieza, de modo que se cumplan los estrictos criterios de protección del habitáculo de pasajeros, mediante la realización de diversas pruebas. De este modo, en caso de colisiones, la deformación del habitáculo debe garantizar la seguridad de los pasajeros y ésta se debe producir de forma lenta y progresiva dando tiempo a que los airbags puedan actuar.

Los resultados obtenidos son piezas que cumplen los requisitos técnicos especificados para todas las pruebas realizadas sobre el montante A, tanto a nivel de seguridad como de fabricación.

El estudio de viabilidad indica que es posible diseñar, desarrollar y fabricar piezas utilizando la tecnología de conformación en caliente y aceros de alta resistencia. Dadas las características del proceso de fabricación, los costes asociados a este proceso son

superiores a los del proceso de fabricación convencional empleando materiales de menores prestaciones. Por este motivo, el estudio de viabilidad da como principal conclusión que este tipo de materiales y tecnologías son económicamente viables siempre que se destinen a vehículos de gama media y alta, donde el cliente objetivo muestra disposición a asumir un ligero sobrecoste si percibe que su producto tiene características y prestaciones superiores, en cuanto a visibilidad, seguridad, confort, consumo de combustible y respeto al medioambiente, en relación a la competencia.

6. Conclusiones

La tecnología de conformado en caliente, o *blow-forming*, podrían permitir la utilización de aceros de alta resistencia en el diseño de piezas estructurales de vehículos. La introducción de estos materiales ofrece importantes ventajas a los fabricantes, dado que permiten reducir costes, de materiales y logísticos, al tiempo que facilita el diseño y fabricación de vehículos con mayores prestaciones relacionadas con el consumo de combustible, la seguridad y el confort.

En el presente artículo se describen las actividades de un proyecto, y los resultados obtenidos durante el mismo, que tiene como objetivo determinar la viabilidad de introducir un proceso de conformación en caliente para la fabricación de una pieza, el montante A. Los resultados obtenidos sugieren que las piezas obtenidas son viables técnicamente y que las prestaciones obtenidas superan las de las piezas fabricadas con materiales convencionales. Asimismo, el estudio de viabilidad realizado da como resultado que este tipo de procesos y materiales pueden ser utilizados en las gamas de vehículos con mejores prestaciones, donde el cliente muestra disponibilidad a asumir los costes de un vehículo con características superiores a las de la competencia.

7. Referencias

- Dykstra, B. (2001) *Hot Metal Gas Forming for Manufacturing Vehicle Structural Components*. MetalForming Magazine. September 2001.p 50-52
- Gerhand Gücker,E. & Berglund, G. (2008) *From profile hardening to custom-made components*. Steel Grips 6 Suppl. CHS2, p. 311
- Saito, K., Watanabe, J., Yokoyama, O., Nakao, K. (2008) *Application technology of aluminum blow forming for automotive closure panel*. 6th EUROSPF Conference, Carcassonne, France, 2008. p. 1-7

Correspondencia (Para más información contacte con):