



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño y desarrollo de Restyling de un parachoques. Estudio de inyección secuencial

Restyling design and development of a bumper.
Sequential injection study

Documento de Memoria

Autor

Juan Aranda Ibáñez

Director/es

Aranzazu Martínez Pérez

Jorge Aísa Arenaz

ÍNDICE

0. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
0.1 Objetivo	5
0.2 Resumen	5
0.3 Planificación	6
1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	
1.1 Estética en el mundo de la automoción	7
1.2 Sector industrial de la automoción	7
1.3 El mundo del tuning	8
1.4 Defectos típicos de las piezas inyectadas	9
1.5 Proceso de inyección: inyección secuencial	10
1.6 Diseño de piezas de plástico	12
2. ESTUDIO DE MERCADO	
2.1 Evolución de los parachoques en el tiempo	13
2.2 Piel de un parachoques - componentes	15
2.3 Normativa	15
2.4 Conclusiones	16
3. LÍNEA ESTÉTICA - Volvo V40 Hatchback	17
4. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	17
5. GENERACIÓN DE CONCEPTO	18

6. MEDICIÓN

6.1 introducción	19
6.2 CAD 2D	20
6.3 Del boceto al CAD	22

7. MODELADO

7.1 Técnica de modelado	23
7.2 Cambios de diseño: Mejoras	26
7.3 Elementos: Anclajes y rejillas	27

8. ESTUDIO DE MATERIALES

8.1 ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)	30
8.2 PP (Polipropileno)	31
8.3 Selección de materiales según base de datos	33

9. ESTUDIO DE INYECCIÓN

9.1 Inyección convencional por puntos	34
9.2 Inyección secuencial	56

10. ESTIMACIÓN DE COSTES DE FABRICACIÓN

10.1 Elección de la maquinaria	63
10.2 Tiempo de ciclo.	65
10.3 Precio del molde	65

11. CONCLUSIONES

11.1 Fase de creación de concepto 67

11.2 Fase de modelado 67

11.3 Fase de simulación de inyección. 68

11.4 Fase de estimación de coste de fabricación 68

12. OTROS ELEMENTOS A CONSIDERAR PARA LA FABRICACIÓN DE UN PARACHOQUES 69

13. RENDERS 70

14. PLANOS 73

REFERENCIAS 76

0. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

0.1 OBJETIVO

Este proyecto consiste en el Restyling de la piel de un parachoques delantero, con el estudio de su fabricación mediante inyección secuencial. El objetivo es sustituir los mismos componentes de fábrica que se encuentran en un coche del segmento tipo C, que representan al tipo de carrocería "Hatchback". Para ello se va a partir del vehículo Volvo V40 T2 (2015-2016). El proyecto se debe regir por las medidas del bastidor.

0.2 RESUMEN

El proyecto comenzará por la búsqueda de información sobre diferentes puntos relacionados, para obtener unas conclusiones y especificaciones de diseño. En base a esto, se realizará la fase de generación de un concepto, ya que el diseño final irá cogiendo forma a través del modelado. Posteriormente, se llevará a cabo la medición del chasis del vehículo, para conocer sus puntos de anclaje y dimensiones, de ahí se pasará a desarrollar el modelado 3D. A continuación, se abordará la selección de materiales y el estudio de inyección secuencial, estimándose los costes de fabricación de la pieza plástica. Por último, se plasmarán las conclusiones del trabajo con los planos y renders finales de la pieza.

Siguiendo las recomendaciones indicadas en cuanto a la elaboración de memorias de TFG de la EINA, el documento cuenta con 10.290 palabras. Su elevado número de páginas es únicamente debido a la gran cantidad y tamaño de las imágenes incluidas en el texto.

0.3 PLANIFICACIÓN

INFORMACIÓN, ESTUDIO DE MERCADO y EDPs						
16-8	17-8	18-8	19-8	20-8	21-8	22-8
23-8	24-8	25-8	26-8	27-8	28-8	29-8
30-8	31-8	1-9	2-9	3-9	4-9	5-9
6-9	7-9	8-9	9-9	10-9	11-9	12-9
GENERACIÓN DE CONCEPTOS						
13-9	14-9	15-9	16-9	17-9	18-9	19-9
MEDICIÓN Y MODELADO DE CHASIS						
20-9	21-9	22-9	23-9	24-9	25-9	26-9
27-9	28-9	29-9	30-9	1-10	2-10	3-10
4-10	5-10	6-10	7-10	8-10	9-10	10-10
11-10	12-10	13-10	14-10	15-10	16-10	17-10
DESARROLLO DEL CONCEPTO ELEGIDO						
18-10	19-10	20-10	21-10	22-10	23-10	24-10
25-10	26-10	27-10	28-10	29-10	30-10	31-10
ESTUDIO DE INYECCIÓN						
1-11	2-11	3-11	4-11	5-11	6-11	7-11
8-11	9-11	10-11	11-11	12-11	13-11	14-11
ESTIMACIÓN DE COSTES		CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS		RENDERS Y PLANOS		
15-11	16-11	17-11	18-11	19-11	20-11	21-11
SEMANA DE DEPOSITO						
22-11	23-11	24-11	25-11	26-11	27-11	28-11
29-11	30-11	1-12	2-12	3-12	4-12	5-12
			DEFENSA			
6-12	7-12	8-12	9-12	10-12	11-12	12-12
13-12	14-12	15-12	16-12	17-12	18-12	19-12

Fig 0.3 Planificación

1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

1.1 ESTÉTICA EN EL MUNDO DE LA AUTOMOCIÓN

Poco a poco, la automoción ha ido depurando la estética de los vehículos a medida que iba evolucionando la tecnología y el conocimiento de diversos factores. Con la evolución de los motores, cobra especial relevancia la aerodinámica y la refrigeración de cualquiera de sus componentes.

A raíz del mayor conocimiento sobre la aerodinámica, las diferentes marcas de vehículos han ido dando un mayor valor al tema estético. Se buscan formas más curvas y fluidas, evitando así figuras angulares de tiempos pasados.

No se puede esperar que la estética de los vehículos sea la misma para todo el mundo, por temas culturales o simplemente por la cantidad de recursos que se disponen en los distintos países. Si se centra el estudio en América, en la marca Ford, se ve claramente que lo que predomina es el volumen y motores de mayor capacidad frente a la aerodinámica, aspecto que se busca más en Europa. Uno de los motivos es que en América se pueden permitir esos motores por los precios del combustible que allí se aplican. Por el contrario, en Europa el aspecto del precio del carburante cobra mayor relevancia. [1]



Fig 1.1 Ford Mustang 1964-2021 (América) y Ferrari F40 1987 (Europa) [F1] - [F2]

1.2 SECTOR INDUSTRIAL DE LA AUTOMOCIÓN

Es por todos conocido que el sector del automóvil no está en su mejor momento, y menos después de la pandemia. Los automóviles avanzan hacia un futuro donde se potencia la comodidad del cliente y la estética, debido a que cada vez se compran más vehículos a través de una pantalla que acudiendo al propio concesionario.

Se está produciendo un cambio hacia nuevas tecnologías y una economía circular, principalmente centradas en los vehículos eléctricos. Por otro lado, se van a ir incorporando nuevos materiales en el proceso de fabricación. Algunas marcas como Ford, Jaguar o Audi han comenzado a emplear el aluminio, otras como BMW han dado un paso más allá introduciendo el chasis de fibra de carbono. [2]

El sector del automóvil está en un continuo proceso de adaptación en función de las innovaciones en la tecnología y los gustos de los consumidores. Las compañías del automóvil están preparadas para todas las alternativas que puedan surgir, proceso de fabricación mediante robots, fabricación de piezas por impresión 3D, empleo de nuevos materiales, eléctricos, híbridos, etc.

1.3 EL MUNDO DEL TUNING

Tunear [3]

Del ingl. to tune; literalmente 'afinar', 'ajustar'.

1. tr. *Adaptar algo, especialmente un vehículo, a los gustos o intereses personales.*

¿QUÉ ES EL TUNING?

Principalmente el tuning, se define como el hecho de realizar una serie de modificaciones en un vehículo con el objetivo de dotarlo con una identidad propia.

Las modificaciones dentro del mundo del tuning pueden relacionarse con muchos ámbitos, donde algunas de las modificaciones se realizan en la potencia del motor, cambio de motor (swap), en la carrocería (body kits), rediseño de interiores o cambio de ruedas o llantas.

El mundo del tuning está pensado para realizar piezas únicas para coches. El objetivo de este proyecto no se relaciona en este aspecto con el tuning, ya que se busca obtener una pieza que pueda ser inyectada para una producción en serie, no a nivel individual. Sin embargo, se ha realizado una revisión sobre la técnica, ya que una de sus características principales es el restyling o rediseño, que sí es objeto de este TFG.

ORIGEN DEL TUNING

Erróneamente, se pensaba que el tuning nace en la época de los 90's o 00's, pero realmente lleva presente desde mucho tiempo atrás. Los orígenes de este mundo se relacionan con los años 1960-1970, en Alemania. Estos primeros pasos en Europa se realizaban para copiar aspectos tanto estéticos como funcionales de los vehículos de la competencia.

Esta práctica rápidamente se extendió a otros continentes como América o Asia, especialmente en Japón. El estilo rápidamente se fue adaptando a las culturas de los países. En América se optaba por un estilo donde cobra protagonismo la potencia, por otro lado, en Asia, primaba la tecnología y la cultura del drifting (modelo de conducción que consiste en conducir derrapando el mayor tiempo posible). Esta cultura no tardaría en llegar a España.

Para más información acerca del tuning consultar el **Anexo 1. Historia del tuning.**



Fig 1.3 Ford Falcom de 1973 y Ford Falcom de 1973 [F3]

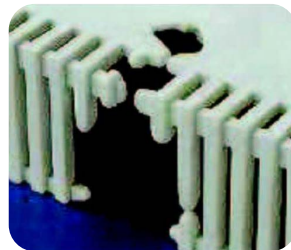
1.4 DEFECTOS TÍPICOS DE LAS PIEZAS INYECTADAS

Dado que una gran parte de las piezas del automóvil se fabrican en plástico inyectado, y teniendo en cuenta que la calidad estética es un factor muy importante en el sector de la automoción, se van a mostrar a continuación los defectos más comunes en las piezas de plástico. La descripción de cada defecto, así como las causas y sus posibles soluciones, se pueden consultar en el **Anexo 2. Principales defectos en piezas inyectadas consideradas para este caso.**

LÍNEAS DE SOLDADURA



LLENADO INCOMPLETO



ALABEO



REBABAS



RECHUPES



Fig 1.4 Defectos en piezas inyectadas [F4]

1.5 PROCESO DE INYECCIÓN: INYECCIÓN SECUENCIAL

El moldeo por inyección es el proceso más común en la fabricación de piezas de plástico, este permite gran variedad de formas y texturas, con un proceso de acabado mínimo. El detalle del ciclo se muestra a continuación, y la descripción de la máquina se puede consultar en el **Anexo 3.1. Partes de una inyectora**. De la misma manera, en el **Anexo 3.2. Molde** se puede consultar información acerca de los moldes de inyección.

PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

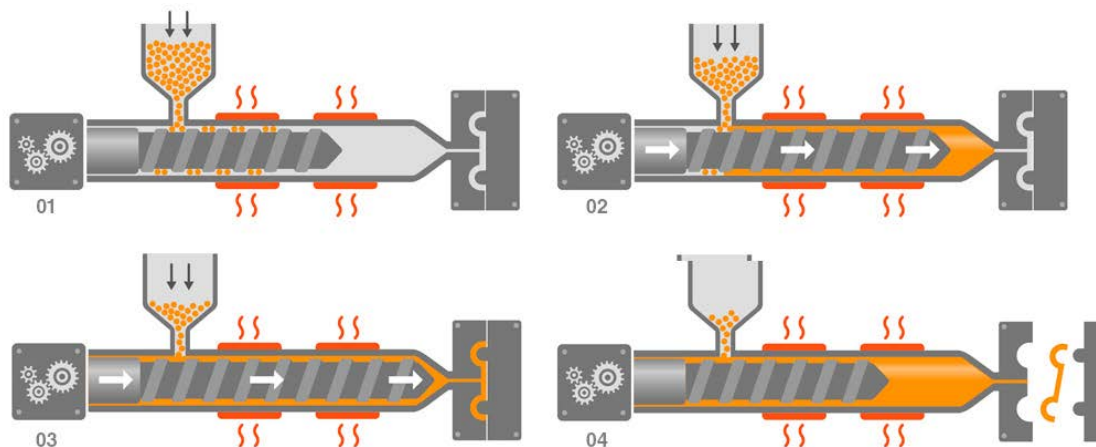


Fig 3.1 Proceso de inyección [F5]

1. FASE DE DOSIFICACIÓN

El principal objetivo de esta primera fase es plastificar el material, donde se introduce el material a través de la tolva al cilindro de plastificación.

2. FASE DE INYECCIÓN

En esta fase se produce el paso del material del cilindro de plastificación al interior del molde, dejándolo casi lleno.

3. FASE DE COMPACTACIÓN

Una vez la cavidad del molde se ha llenado en gran parte, se mantiene una presión constante para terminar de llenar a medida que el material contrae dentro del mismo. Además, se aprovecha la compresibilidad del plástico en estado fundido para seguir aportando material y que la pieza gane peso. Adicionalmente, la presión aplicada evita el retroceso del material que ya se encuentra dentro del molde, y que está a una elevada presión.

4. FASE DE ENFRIAMIENTO

La pieza se mantiene en el interior del molde hasta que alcanza la temperatura adecuada para la extracción. Se debe esperar a que la pieza baje su temperatura de expulsión para evitar que se produzcan deformaciones o marcas.

INYECCIÓN SECUENCIAL

La inyección secuencial o multicomponente nace como una mejora de la inyección convencional, presentando como principal ventaja la eliminación de líneas de unión por encuentro de frentes de flujo que vienen de distintos puntos de inyección. Por tanto se mejora la calidad estética, y también la resistente, ya que las líneas de unión son zonas débiles de la pieza.

Para solventar este defecto, esta tecnología emplea aperturas independientes para cada punto de inyección. Esto permite la apertura secuencial de cada punto de inyección, según convenga, para evitar dichas líneas de soldadura.

Para poder llevar a cabo esta técnica es necesario disponer de un sistema de canal caliente de llenado y sistema de control que será el encargado de abrir y cerrar las válvulas de boquillas. Es necesario tener en consideración dónde se colocan los puntos de inyección, ya que se puede producir una sobrecompactación en zonas que se terminan de llenar antes, aumentando así la fuerza de cierre requerida.

Esta técnica de inyección tiene un coste de utillajes superior al de la inyección convencional, pero presenta muchas ventajas para la obtención de piezas voluminosas como la piel de un parachoques.



Fig 1.5.2 Inyección secuencial de la piel de un parachoques [F6]

1.6 DISEÑO DE PIEZAS DE PLÁSTICO

A la hora de realizar una pieza de plástico se busca lograr un diseño lo más optimizado posible. Para ello, el diseñador debe conocer los diferentes factores que influyen en el mismo: material adecuado para la inyección, grosor de la pared de la pieza, ángulos de desmoldeo, contrasalidas, refuerzos, redondeos...

El moldeo por inyección permite trabajar con una gran mayoría de polímeros, donde se encuentran todos los termoplásticos y algunos elastómeros. Esta gran variedad de materiales permite obtener las propiedades idóneas para cada tipo de pieza.

Cuando se diseña la forma de la pieza se deben tener en cuenta los ángulos de desmoldeo, que son los que permitirán la extracción de la pieza del molde.

Las zonas de la pieza las cuales no tienen desmoldeo a la hora de la apertura del molde, se les conoce como contrasalida o negativo tal y como se ha explicado en el **Anexo 3.2. Molde**. Se disponen de sistemas que permiten la extracción de la pieza como hidráulicos o mecánicos.

Uno de los factores más importantes es el espesor de la pieza. Esta elección tiene una influencia muy significativa en la velocidad de producción y en el coste de fabricación. Normalmente, se busca obtener un espesor lo más fino posible dentro de las posibilidades que permite la pieza.

Los espesores de las piezas en el moldeo por inyección se encuentran entre 2 y 4 mm. Estas medidas varían según el tipo de material. Se puede encontrar una tabla con todas estas medidas en el **Anexo 3.3. Espesores recomendados de la pieza según el material**. Es importante diseñar piezas que mantengan un espesor uniforme, principalmente por el proceso de enfriamiento. Las paredes más finas se solidifican antes que las gruesas, provocando deformaciones en la pieza. En caso de que no se pueda obtener el diseño de una pieza con espesores de pared uniformes, es recomendable que el cambio de espesor se produzca de manera gradual.

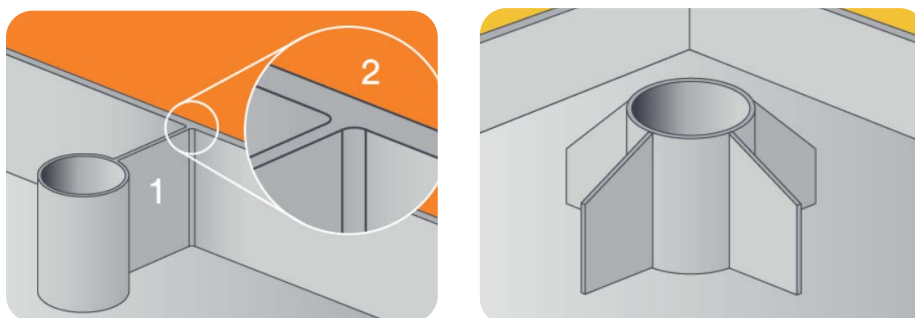


Fig 1.6 Redondeos y nervios y elementos de refuerzo [F7]

Otro elemento muy común son los radios de unión, es decir, los redondeos. Estos permiten liberar tensión en determinadas zonas de la pieza y la protegen de fenómenos locales de concentraciones de tensiones, que provocan la aparición de roturas. Si el radio de redondeo es demasiado pequeño, no ejercerá ningún efecto sobre la pieza, por el contrario, si es demasiado grande, puede ocasionar efectos de hundimiento o rechupes.

Las torretas son un elemento de unión que permite la unión de la pieza mediante tornillos evitando estallidos en la pieza a la hora de apretar el tornillo. Es necesario tener en cuenta que los desmoldeos de las torretas no deben ser demasiado profundos. El diámetro exterior e interior de la torreta se decide en relación con el diámetro de tornillo elegido, y el material plástico de la pieza. Para más información acerca de las torretas consultar el **Anexo 3.4. Diámetro interior y exterior recomendados de torretas según el material.** [4]

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1 EVOLUCIÓN DE LOS PARACHOQUES EN EL TIEMPO

Parachoques, paragolpes, defensa, facia o bumper, son las diferentes denominaciones por las que se conoce a la pieza situada en la parte delantera o trasera del vehículo para amortiguar los efectos de un choque. La forma de esta pieza ha ido evolucionando a lo largo del tiempo a la par de la evolución del automóvil.

Los primeros parachoques datan de finales de los años 20-30, los cuales estaban formados por dos barras de acero que se unían mediante dos largueros al propio vehículo, estos parachoques no tenían ningún factor estético ni de seguridad para el peatón. Simplemente servían para evitar en lo posible los daños tras una colisión.

Fue a partir de 1940 donde ya se comenzaron a integrar los parachoques en la carrocería del vehículo, los cuales aportaban un mayor valor estético. En la década de los 60, en América se comenzaron a implementar unos tacos frontales que servían para evitar daños en colisiones a bajas velocidades.



Fig 2.1.1 Cadillac 1920, Mercedes-Benz 1940 y Cadillac 1960 [F8]

La primera normativa impuesta fue en los años 70, dictada por la FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards and Regulations), la cual obligaba a todos los fabricantes a realizar parachoques para que en caso de impacto redujeran los efectos del mismo. A raíz de esta normativa se comenzaron a fabricar los primeros parachoques de plástico a partir de los 80, evolucionando continuamente hasta la actualidad. Estos consiguen una mayor absorción de los impactos, que a su vez obtienen una reducción del peso del vehículo.

Durante esta época se han venido empleando los parachoques para dotar de personalidad a los vehículos, integrando diferentes componentes como rejillas o luces, tanto antinieblas como diurnas, siendo estos aspectos los diferenciadores en los tipos de modelo.



Fig 2.1.2 Volkswagen Golf de izquierda a derecha: MK1, Mk2, Golf 2000, Golf gti 2003 [F9]

Actualmente, los parachoques se fabrican de material termoplástico el cual permite realizar piezas más ligeras y seguras. Los parachoques actuales se rigen por factores aerodinámicos y estéticos, normativa y seguridad.

Se debe tener en cuenta que ya no se realizan solo para absorber todo el impacto como era antiguamente. Los parachoques se emplean como cubierta de los principales componentes que absorben la mayor parte de la colisión como son los apoyos del motor, largueros y travesaños. [5]



Fig 2.1.4 BMW Serie 4 [F10]

2.2 PIEL DE UN PARACHOQUES - COMPONENTES

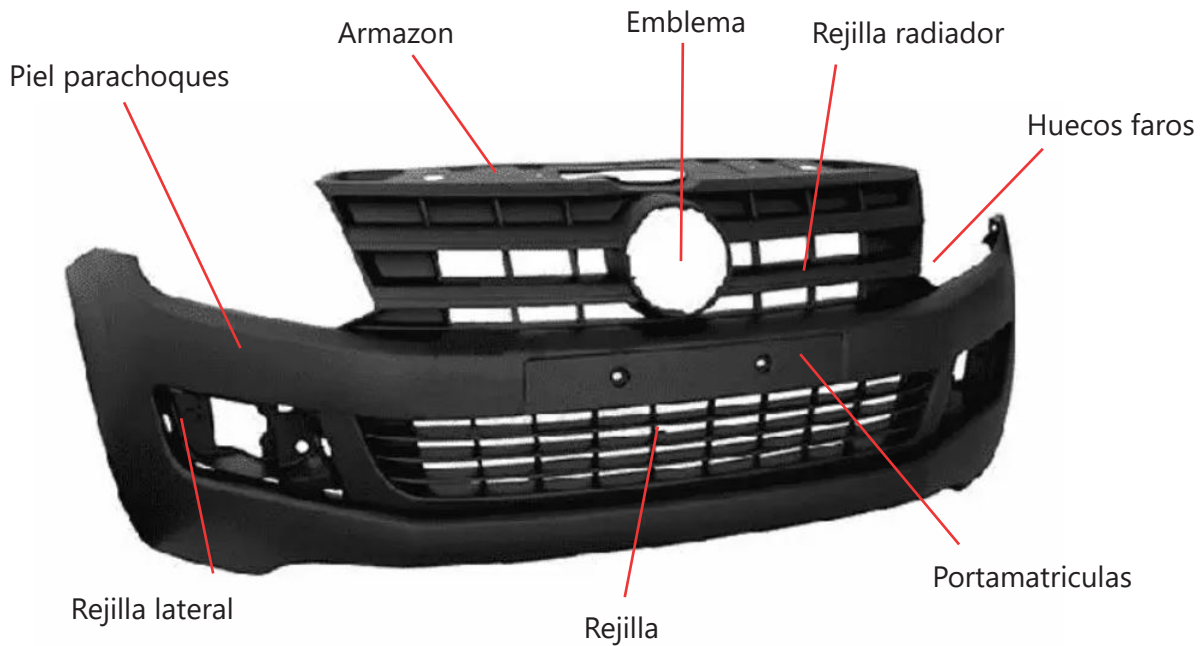


Fig 2.2 Parachoques frontal VW Golf [F11]

La composición de la piel estética de un parachoques depende del fabricante. Puede variar en algunos componentes dependiendo de la gama de vehículo y se puede conformar en una sola pieza o mediante la unión de varias.

En este esquema faltarían algunos elementos que suelen llevar los parachoques actuales como las tapas lavafaros o la tapa de gancho, situados al lado del portamatrículas. Los materiales más empleados son el PP (Polipropileno) y ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) en el caso de las rejillas, piel de parachoques, armazón y marcos de las rejillas.

2.3 NORMATIVA

El parachoques, aparte de ser un elemento estético, aporta una seguridad al vehículo, lo que conlleva que haya una reglamentación a cumplir.

En el caso de los fabricantes de vehículos se rigen por unas directrices las cuales ofrecen algunos parámetros como la energía mínima de absorción en caso de colisión o la altura mínima de colocación. En Europa se rigen por la ECE R-42 y en América por la US-Part 581.

Centrados en el ámbito nacional para poder homologar un parachoques delantero para un vehículo, se debe cumplir con la legislación vigente: *Real Decreto RD 866/2010, dentro del manual de reformas; I. Vehículos de categorías M, N y O; Grupo nº8 Carrocería; 8.52: Reformas que afecten al acondicionamiento exterior de los vehículos.* [6]

En el caso de realizar cualquier modificación al voladizo del parachoques delantero se deberá aportar:

1. Informe de conformidad del fabricante del vehículo o de laboratorio oficial de reformas
2. Proyecto técnico
3. Certificación final de obra
4. Certificado de taller autorizado

Algunos de las condiciones para homologar un parachoques son:

- No pueden incluir ningún filo que pueda dañar a los viandantes.
- Los ganchos de remolcado de emergencia no pueden quedar obstruidos.
- La superficie de refrigeración no se debe tapar.
- No superar la longitud homologada del vehículo.
- No sobrepasar el ancho de vías.
- No influir en la distorsión del haz de luces.

Como el objetivo de este proyecto es el de realizar un *restyling* de la piel de parachoques, manteniendo la estructura interior, no será necesario preocuparse por de la normativa en cuanto a impactos y sólo se tomarán como limitaciones los puntos enumerados anteriormente.

2.4 CONCLUSIONES

Desde sus inicios el parachoques ha sido un elemento de seguridad para el vehículo. A medida que ha ido avanzando el tiempo se han ido realizando diferentes diseños que lo hacían ver como un elemento más estético que de seguridad.

Los diseñadores se han ido decantando por diseños más dinámicos, que buscan la fluidez y la continuidad entre las líneas del parachoques con las propias líneas del vehículo, a diferencia de como era antiguamente, donde se reconocía al parachoques como una pieza aparte del vehículo.

Está claro que el valor estético es lo que prima, pero también aportan valores funcionales, sin hablar de temas de seguridad. Se encuentran alojamientos para las diferentes luces reglamentarias y mediante las diferentes rejillas permiten una mejor refrigeración del motor mejorando así el rendimiento del vehículo.

3. LÍNEA ESTÉTICA - Volvo V40 Hatchback

El punto de partida para el diseño que se va a realizar ha sido el Volvo V40 Hatchback.

Para comprenderlo mejor, se ha hecho un pequeño estudio acerca de los elementos más destacables. Además, ha servido de ayuda un despiece de la parte frontal para una buena comprensión acerca del montaje. Este despiece se consiguió en una reunión con miembros de la fábrica Volvo.

Esta información se encuentra en el **Anexo 4. Línea estética de partida.**

4. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

1. Respetar dimensiones generales actuales
2. Respetar los anclajes al chasis actuales
3. Diseño factible para realizar mediante inyección
4. Diseño coherente con los elementos de seguridad ya existentes para cumplir normativa
5. Estética moderna/minimalista
6. Estética acorde con los valores de la marca
7. Las dimensiones totales del molde adaptables a una máquina del sector
8. Espesor uniforme a lo largo de toda la pieza

5. GENERACIÓN DE CONCEPTO

La idea principal desde el comienzo del proyecto era realizar un parachoques que no saliese mucho de la estética de la marca Volvo, por lo que debía seguir con las ideas y valores que la marca promueve.

Para ayudar a obtener una inspiración a la hora de generar un concepto, se ha realizado un panel de influencias con diseños de otras marcas que siguen los mismos valores. Este panel de influencias puede verse en el **Anexo 5. Inspiración**.

En base a esto, en lo referido a la estética se buscaba un diseño moderno y minimalista. Además de realizar un diseño que congeniara con estos valores, debía adaptarse tanto al tiempo como a las herramientas disponibles para llevarlo a cabo. Cabe destacar que el diseño para este proyecto está muy limitado en cuanto a la estética, debido a que se debe guiar tanto por la forma del coche, como por sus puntos críticos.

Por otro lado, el concepto debía ir acorde con las especificaciones de diseño establecidas con anterioridad.

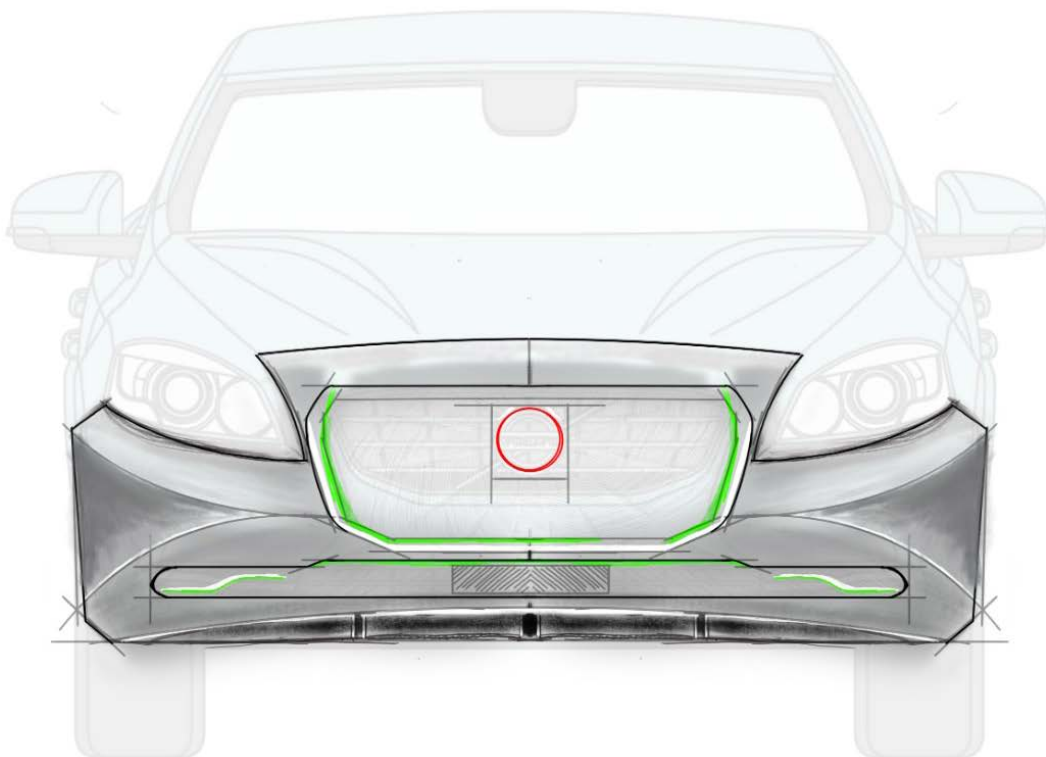


Fig 5.1 Boceto parachoques

Lo más destacable del concepto realizado es:

1. Aumento de la rejilla frontal

Actualmente, los nuevos diseños de coche presentan rejillas centrales de grandes volúmenes que casi ocupan todo el frontal del coche, como por ejemplo los nuevos modelos de la marca Audi. En cuanto a la estética, este diseño aporta agresividad. Por otro lado, este tipo de diseño también presenta ventajas funcionales debido a que permite una mejor refrigeración del radiador.

2. Forma geométrica

Se ha ideado una forma mucho más geométrica que la actual del Volvo V40, siguiendo los diseños de los nuevos modelos de la marca Volvo. Estas formas geométricas aportan sensación de robustez al frontal.

3. Eliminación de la barra diagonal del logotipo

Para hacer mas personal este diseño, se ha decidido eliminar la línea diagonal que cruza al logotipo.

4. Laterales con líneas curvas (juego de superficies)

Intento de realizar un juego de superficies para que produzcan reflejos según le dé la luz. Estas líneas realizan una continuación de las que vienen del lateral del vehículo.

6. MEDICIÓN

6.1 INTRODUCCIÓN

Posiblemente esta sea una de las partes del proyecto más difíciles de realizar. Esto se debe a que para este tipo de piezas, debido a sus volúmenes y formas, es muy difícil encontrar algún tipo de plano con dimensiones que pudieran guiar el modelado posterior.

Se realizó una reunión con algunos miembros de la fábrica Volvo para poder obtener algún tipo de información adicional. A consecuencia de esto, se obtuvo un plano de montaje con los componentes y un enlace web para ver el desglose detallado de los elementos del parachoques. Esta información se puede encontrar en el **Anexo 6. Desglose del parachoques**.

En consecuencia, se debía idear una forma para obtener las dimensiones de la piel del parachoques del vehículo.

Se pensaron tres posibles soluciones:

- Realizar un escaneado 3D: Esta opción, a pesar de ser la más precisa, se desechó por varios motivos. Uno de los motivos principales por lo que no se ha escogido está opción es que los medios con los que cuenta el área de Ing. Mecánica, donde se ha realizado el TFG, no permite escanear piezas de gran tamaño, ni la posibilidad de escanear en la calle, para no tener que desmontar las piezas.
- Medición sobre el propio vehículo: Esta se desechó casi desde el momento inicial, principalmente porque las dimensiones obtenidas variarían mucho de las reales.
- Generar un plano mediante un *BluePrint* (archivos vectoriales) en CAD 2D: Esta fue la opción elegida, ya que esta permitía realizar una medición precisa de la piel del parachoques actual, y además, permitía generar formatos de gran ayuda para el modelado. Además, las cotas principales y más sencillas de medir in situ, se podrían comparar con los archivos CAD obtenidos a partir de esta técnica.

Volvo V40 (2013)

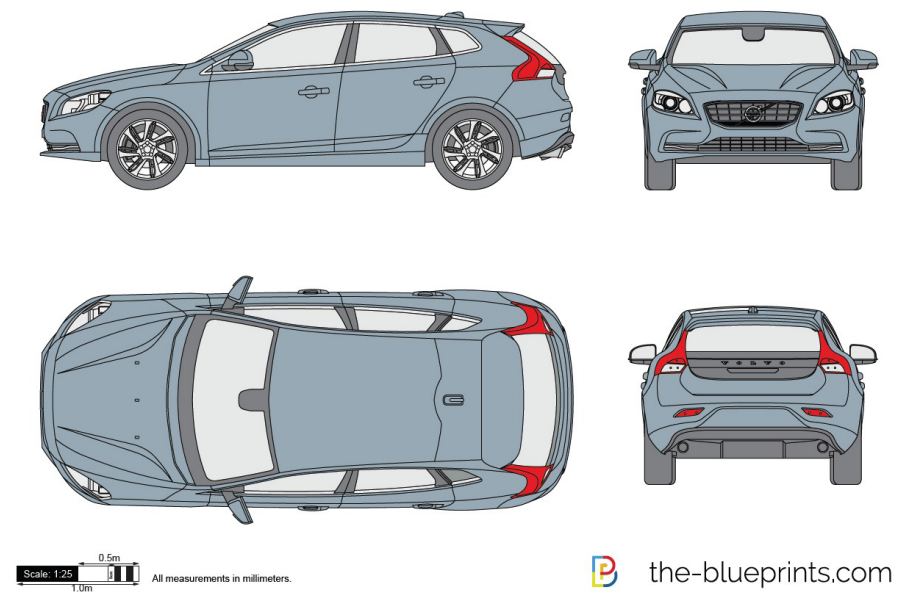


Fig 6.1 Archivo BluePrint del Volvo V40

6.2 CAD 2D

Como se ha comentado anteriormente, se va realizar un plano con las dimensiones principales de la piel del parachoques.

Para ello, el punto de partida será el plano en formato dwg. (escala 1:25).

Volvo V40 (2013)

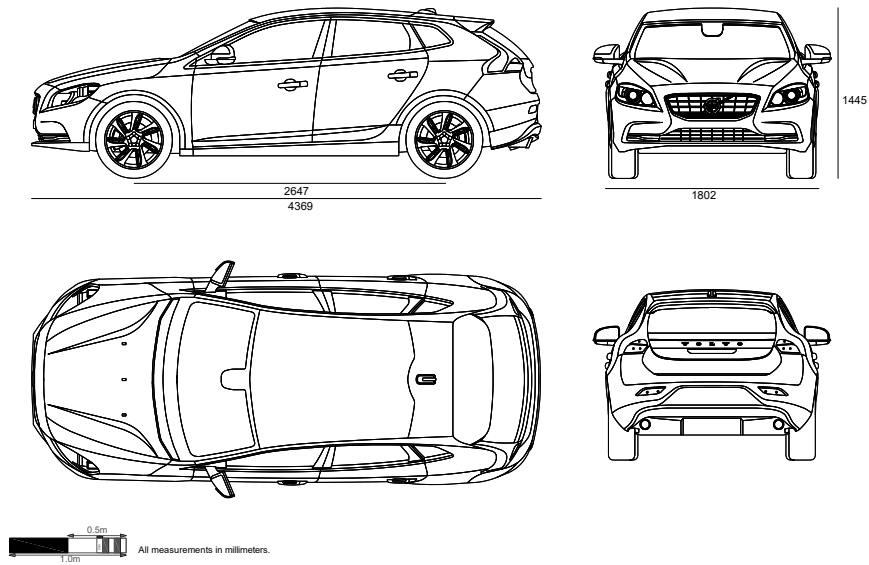


Fig 6.2.1 Plano del Volvo V40

Posteriormente se aísla la vista lateral, frontal y planta del parachoques delantero, para realizar la acotación.

Hay que tener en cuenta que no se va a realizar la medición de cada forma del parachoques, debido a que no proporciona una información demasiado útil. Únicamente se van a acotar los puntos críticos.

Los puntos críticos son los que se deben respetar en el posterior diseño, con el objetivo de que la piel del parachoques se adapte a las demás partes del vehículo como el capó y las aletas.

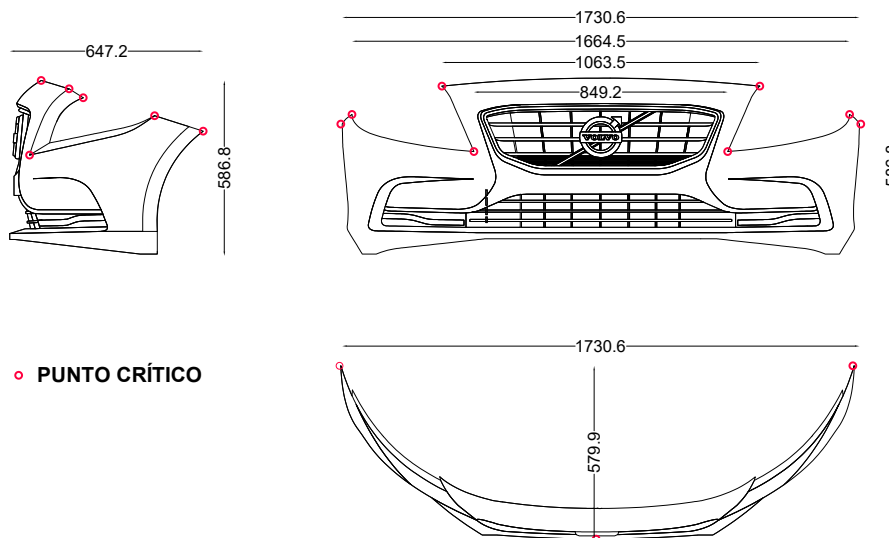


Fig 6.2.2 Puntos críticos del Volvo V40

6.3 DEL BOCETO AL CAD

El siguiente paso es realizar el concepto en formato CAD 2D. Para ello, se empezó a dibujar la vista frontal del concepto mediante líneas y puntos. De esta forma, el boceto inicial coincide con los puntos críticos mencionados anteriormente.

Una vez completado el dibujo, se superpuso sobre el plano original para poder obtener las imágenes que servirían de punto de partida del modelado.

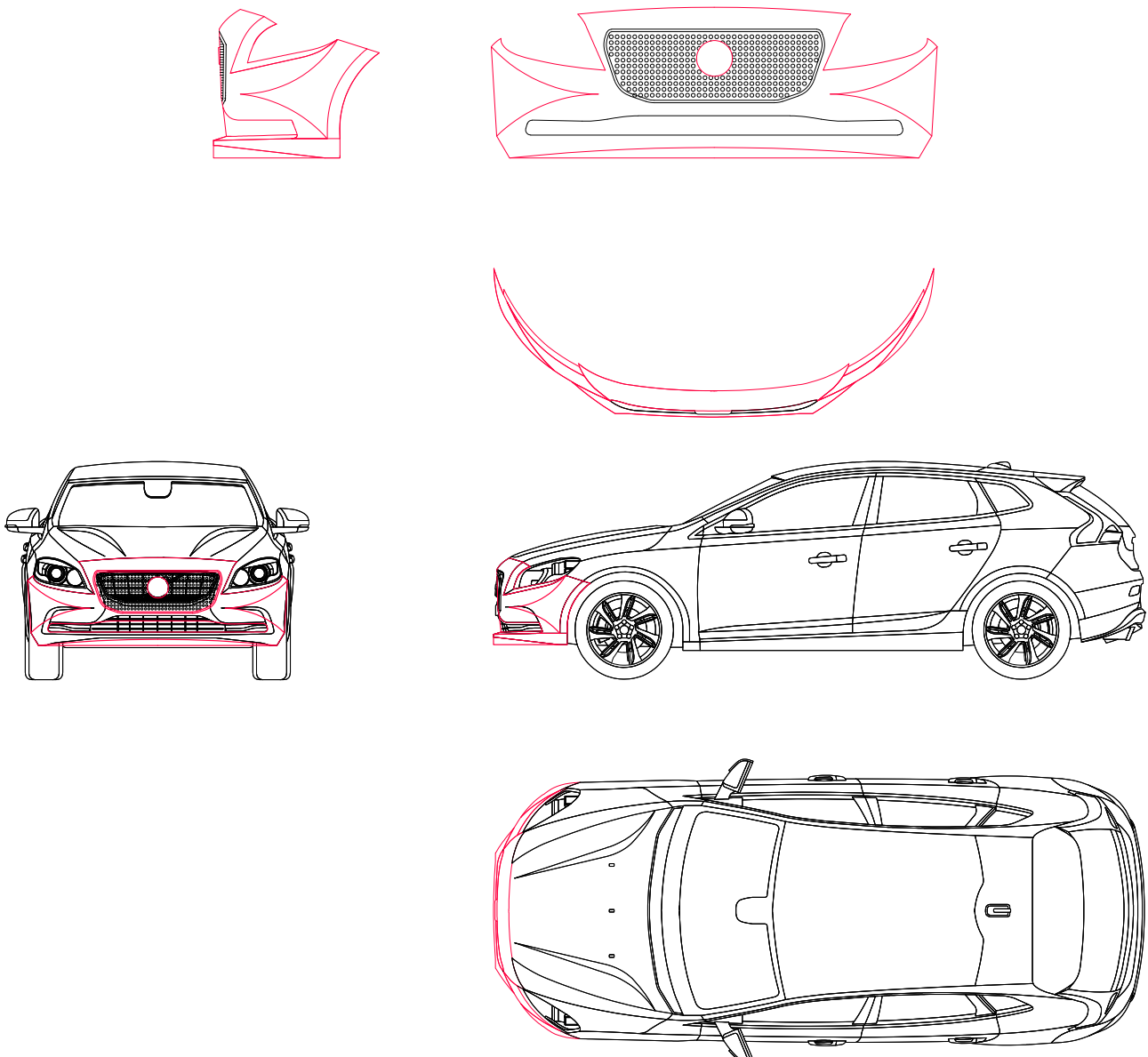


Fig 6.3 Boceto en CAD 2D

7. MODELADO

7.1 Técnica de modelado

Existen numerosas técnicas para modelar la piel de un parachoques en SolidWorks, la utilizada en este caso es el modelado mediante superficies. Esta técnica permite realizar formas más libres.

Para empezar, se colocan en los planos principales (planta, alzado y perfil) las imágenes obtenidas en la fase de medición.

Para asegurarse de que las imágenes están colocadas y escaladas correctamente, se realizan unos puntos en el espacio de trabajo a la medida correspondiente, esto es lo que se denominan puntos de referencia.

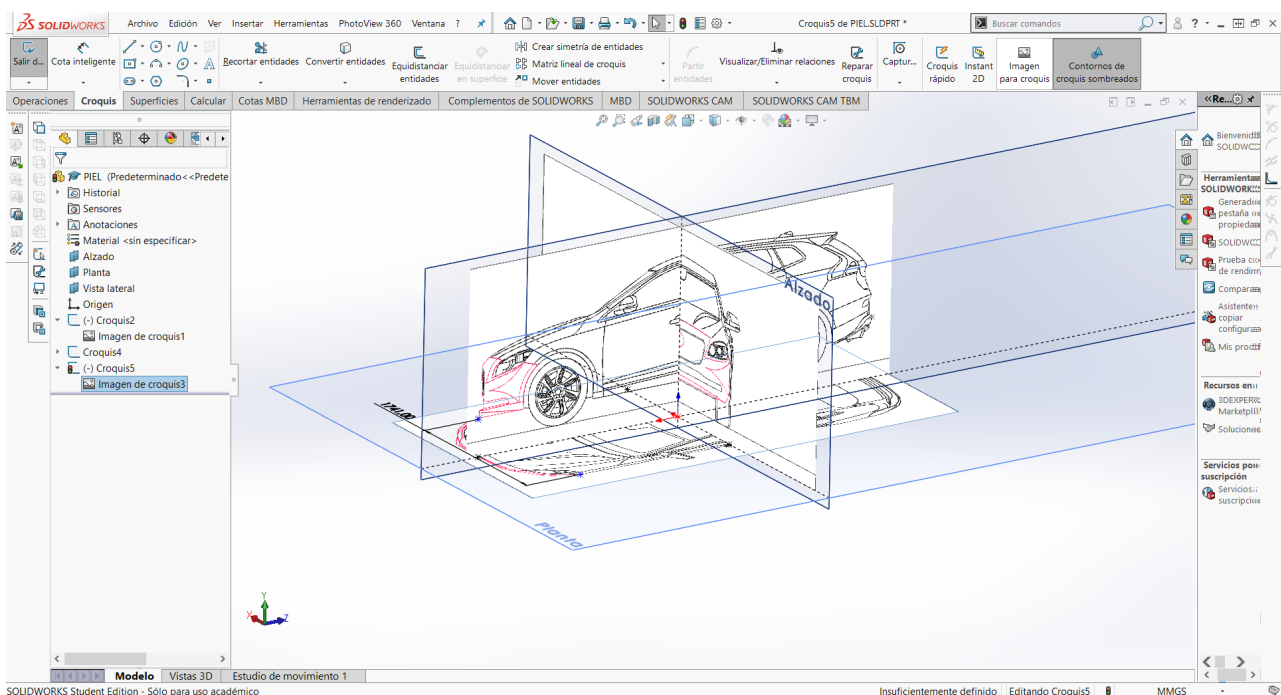


Fig 7.1.1 Planos y puntos de referencia

Una vez establecidos los planos y puntos de referencia se realiza la primera superficie. Esta servirá como base para luego darle forma a la pieza. Se trata de un barrido de superficie que consta de dos croquis, una guía y un perfil.

Cabe destacar, que la pieza que se va a diseñar es simétrica por lo que únicamente se va a dibujar un lateral.

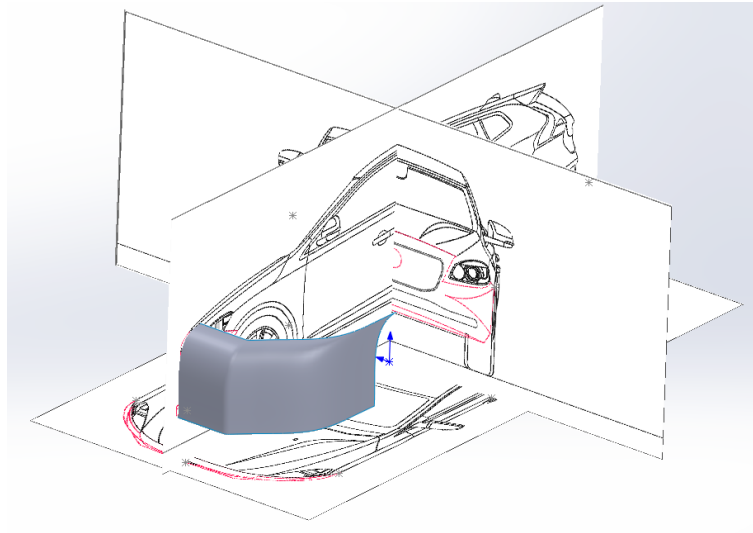


Fig 7.1.2 Superficie Base

Una vez se tiene la superficie base, el siguiente paso es recortarla con la forma exterior del concepto.

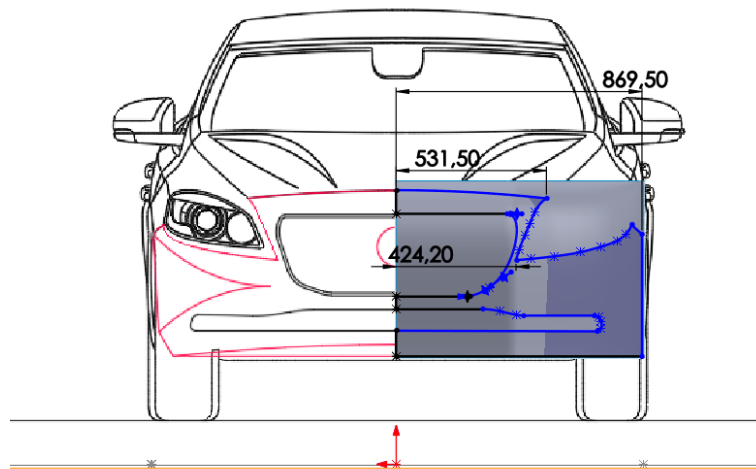


Fig 7.1.3 Recorte de la forma

Dado que se quiere diseñar un parachoques que se diferencia del que habitualmente se monta de serie en el coche, y con el fin de darle un aire más agresivo y deportivo al vehículo, se ha optado por abrir unas entradas de aire laterales, que adicionalmente van a ayudar a la refrigeración de los frenos.

Una vez hechos los recortes necesarios para las distintas ventanas que se abren en el parachoques (las mencionadas entradas de aire, y las que se deben respetar para mantener la rejilla frontal en inferior), se le da profundidad a la pieza mediante superficies regladas.

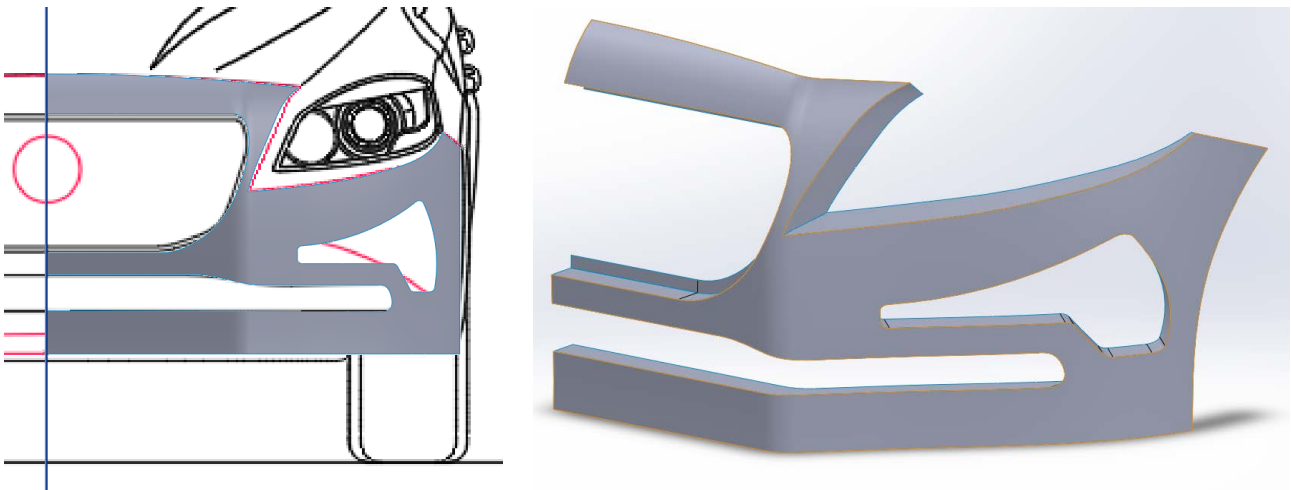


Fig 7.1.4 Entradas de aire laterales y superficies regladas

Después de conseguir la forma deseada, se completa la simetría para obtener la pieza total. Para completar el modelado se le ha dado espesor a las superficies, convirtiéndose así en un sólido.

Esta primera fase de modelado que parece sencilla y que se ha resumido mucho en esta memoria, es uno de los puntos fuertes del proyecto por la dificultad que conlleva el modelado con superficies, sobre todo teniendo que adaptarlas fielmente a las formas del coche modelo. En el modelado en cuestión se han invertido 5 semanas de trabajo hasta llegar a un resultado satisfactorio, para posteriormente ir implementando una serie de mejoras

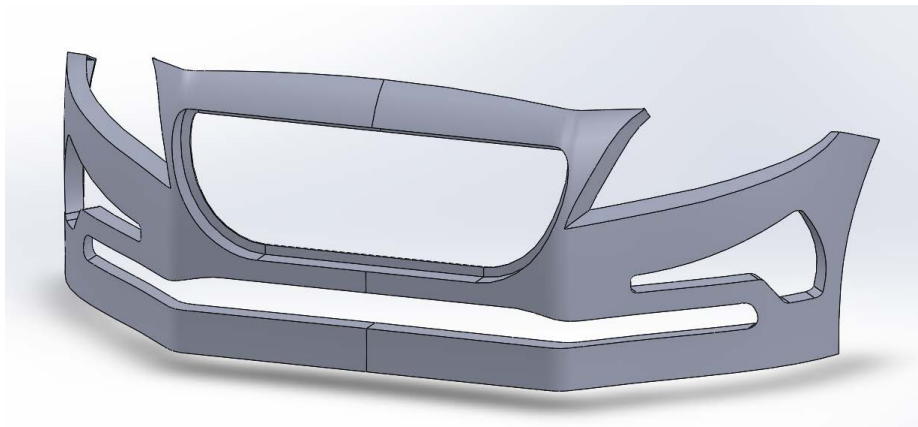


Fig 7.1.5 Primera propuesta

Se ha realizado un modelado más detallado de la parte frontal y de los anclajes. Esto se debe a que la parte posterior de este modelo de vehículo no cuenta con ningún elemento adicional como podemos observar en la siguiente imagen.



Fig 7.1.6 Parte posterior de la piel de un parachoques [F12]

7.2 Cambios de diseño: Mejoras

Una vez obtenida una forma final de la pieza, se debe realizar un análisis de todas las formas y elementos con el objetivo de evitar problemas a la hora de inyectar la pieza, e incluso encontrar maneras de mejorar el proceso en la medida de lo posible.

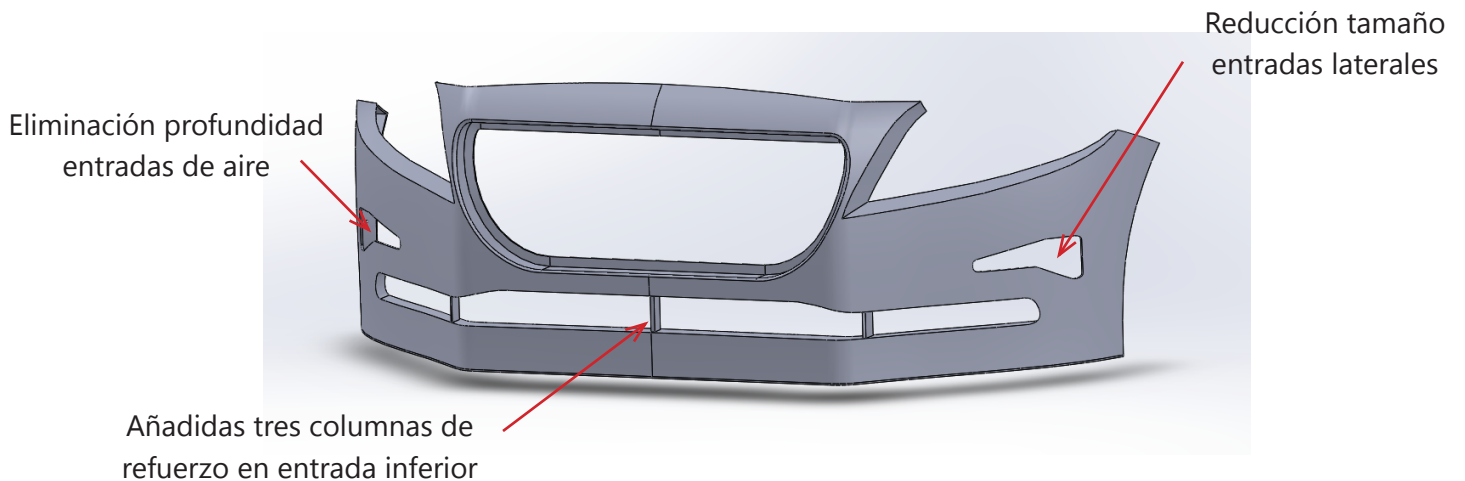


Fig 7.2 Mejoras en la primera propuesta

Se han llevado a cabo tres mejoras principales con respecto a la primera propuesta.

1. REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS ENTRADAS DE AIRE LATERALES

Este cambio de diseño se ha debido a que las entradas anteriores eran muy grandes, lo que disminuiría considerablemente la resistencia de la pieza.

Además, si se analiza lo que ocurriría en el proceso de llenado de la pieza, el material hubiera tenido que recorrer más distancia para completar el llenado alrededor del agujero, por lo que podría ocasionar un llenado incompleto de la cavidad.

2. ELIMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD EN LAS ENTRADAS DE AIRE

Esta modificación se debe a que se encontraron problemas en la extracción de la pieza. Al no ir perpendiculares al plano frontal generaban un problema de desmoldeo.

3. GENERACIÓN DE COLUMNAS EN LA REJILLA INFERIOR

Al igual que pasaba con el tamaño de las entradas de aire, un hueco tan extenso provocaría problemas de resistencia y llenado.

Con la generación de las tres columnas mostradas en la imagen, dos laterales y una frontal, se aumentaría considerablemente la resistencia y a la hora del llenado del molde sirven de puente de unión entre las caras para el paso del material.

7.3 Elementos: Anclajes y rejillas

7.3.1 Anclajes

En primer lugar, se han modelado los anclajes que se encargan de unir la piel del parachoques con el chasis. Estos han sido realizados simulando los originales para que encajen correctamente.

Para el desarrollo de estos anclajes se han estudiado los anclajes reales con la ubicación y tipos de elementos de elementos de unión necesarios. Esta información se puede encontrar en el **Anexo 6. Desglose del parachoques**.

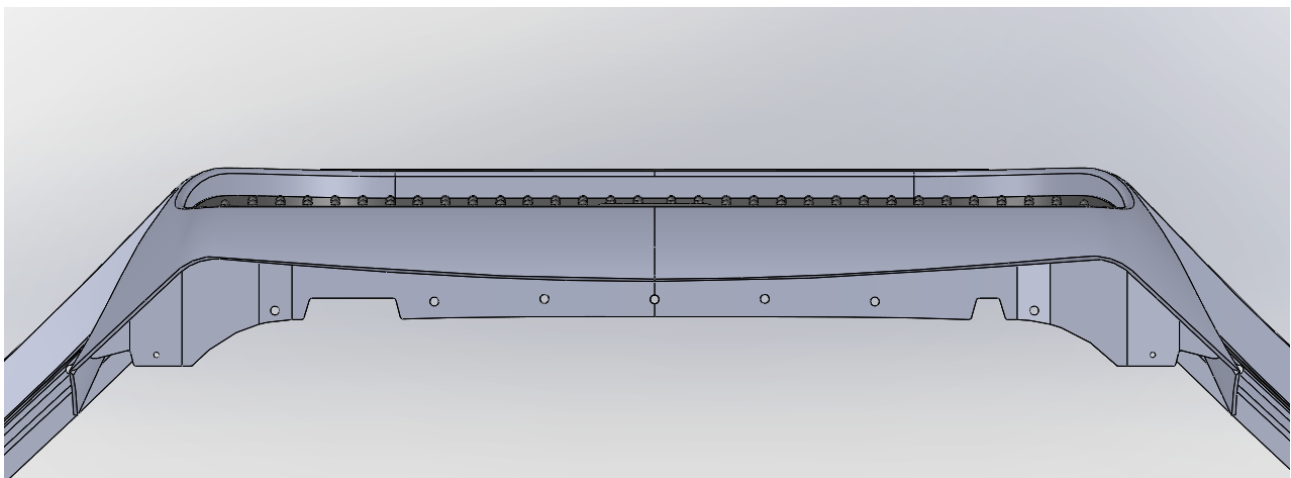


Fig 7.3.1.1 Anclaje superior

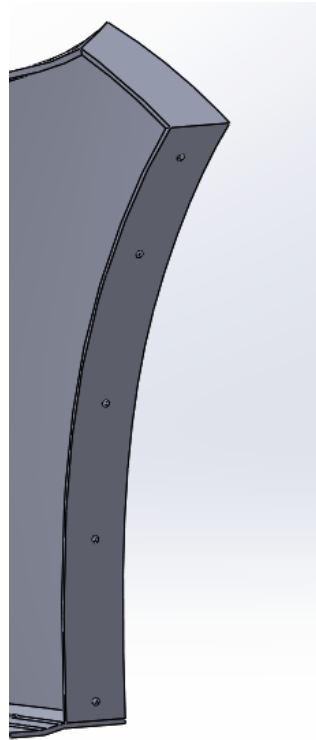


Fig 7.3.1.2 Anclaje lateral

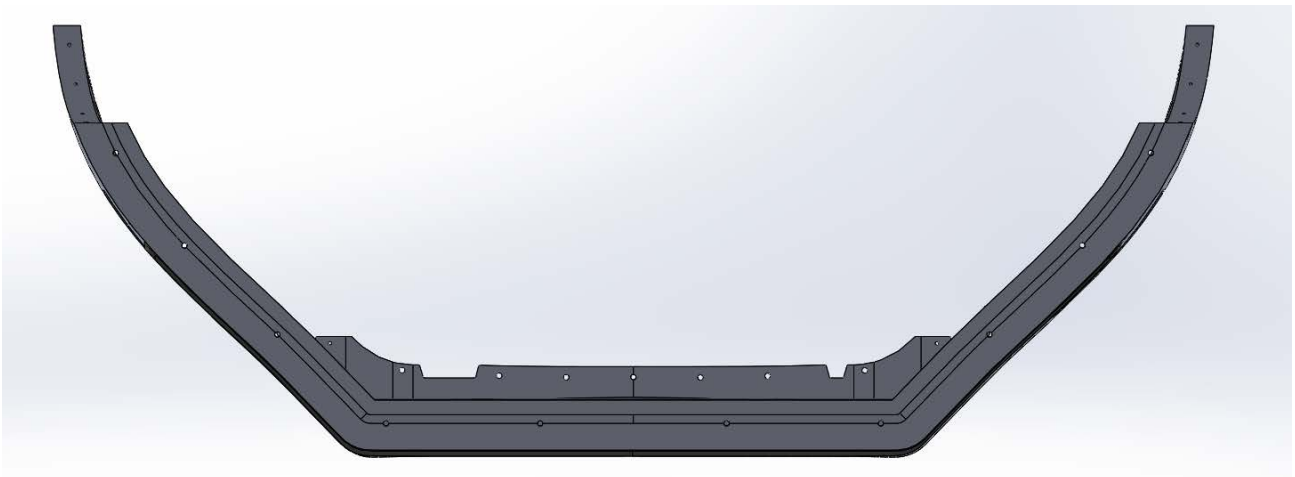


Fig 7.3.1.3 Anclaje inferior

7.3.2 Rejillas

Para completar el parachoques, se han diseñado las rejillas.

Las rejillas laterales y la inferior han sido diseñadas pensando en la funcionalidad de estas. Por ello, cuentan con un panel hexagonal que permite una buena refrigeración de los elementos del motor y frenos.

Por otro lado, la rejilla frontal, que se trata de la que más importancia tiene visualmente, se ha realizado con un diseño diferenciador. Está inspirada en la de los vehículos de gama alta, como Mercedes-Benz. Cabe destacar que tampoco se ha dejado de lado la funcionalidad de este elemento para permitir una correcta refrigeración del radiador.

En el caso de todas las rejillas, se ha respetado el sistema de unión de las mismas que ya implementa en el parachoques original.

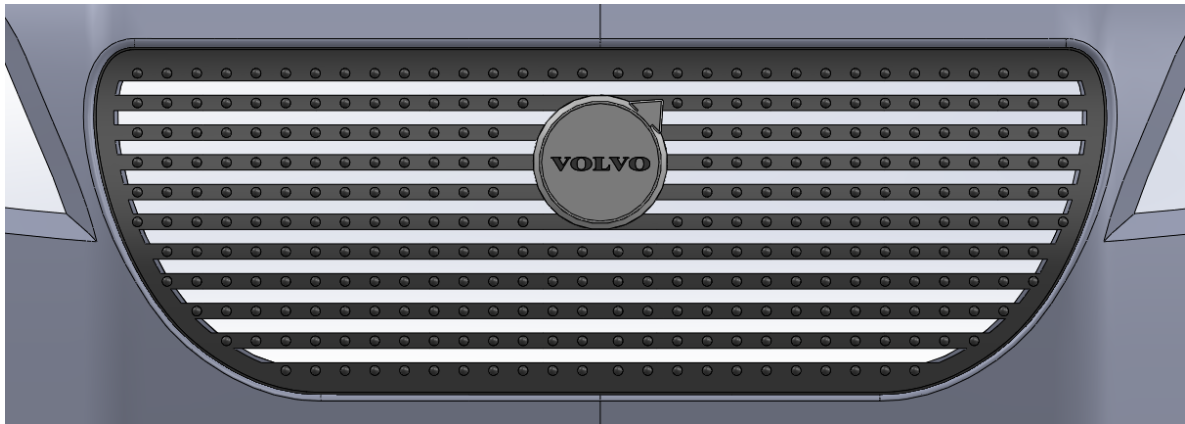


Fig 7.3.2.1 Rejilla superior



Fig 7.3.2.2 Rejilla inferior

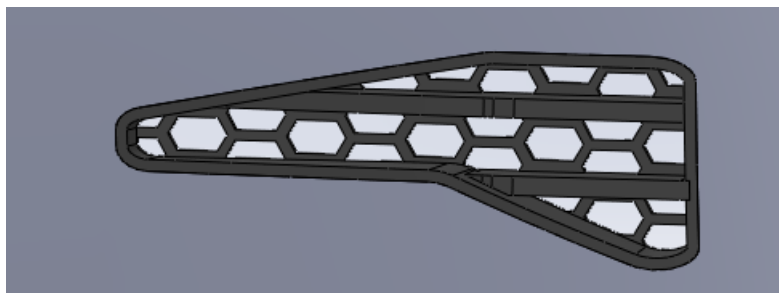


Fig 7.3.2.2 Rejilla lateral

8. ESTUDIO DE MATERIALES

Como se ha comentado anteriormente, la piel del parachoques se trata de una pieza de plástico inyectada que ofrece una seguridad pasiva en el automóvil. Por ello, esta debe tener unas características de flexibilidad y absorción de pequeños impactos.

Los tipos de plástico más utilizados para la fabricación de piezas para automoción son los termoplásticos, debido a que son materiales fácilmente procesables, con buenas propiedades mecánicas para la función que desempeñan, se pueden pintar y en algunos casos cromar. Además, al calentarlos permiten la deformación y soldadura mediante calor o adhesivos.

El siguiente estudio se va a centrar en los utilizados especialmente para la fabricación de la piel del parachoques, ABS y PP.

8.1 ABS (*Acrilonitrilo Butadieno Estireno*) [7]

El ABS, como ya se ha comentado, pertenece a la familia de los termoplásticos. Se trata de un material que presenta como su principal cualidad su alta tenacidad (incluso a bajas temperaturas) teniendo un alargamiento en la rotura del 45%. Además, tiene otras propiedades como rigidez, resistencia a agentes químicos y gran resistencia frente a impactos.

A pesar de tener una estructura amorfa no se trata de un material frágil, debido a que el butadieno le otorga las propiedades elásticas.

Es muy utilizado en el sector de la automoción para una gran variedad de piezas ya que, a parte de sus propiedades, permite ser pintado y cromado.

Además, el ABS se puede combinar con aleaciones de PC, dando lugar al ABS-PC. Esta mezcla tiene muy buena tenacidad y propiedades térmicas. También alta resistencia a los impactos, mejorando la de ambos materiales por separado.

Este material se utiliza tanto en la producción de piezas en serie como para la producción de piezas en menores volúmenes.

La mayoría de piezas modificadas de carrocería realizadas en plástico, ya sean spoilers, alerones, parachoques, faldones, etc, son realizadas en ABS.



Fig 8.1.1 Spoiler delantero en ABS. Maxton Desing [F13]

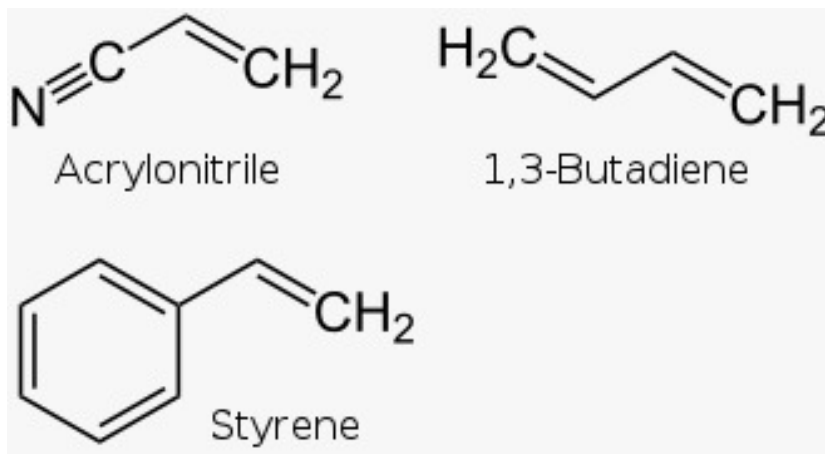


Fig 8.1.2 Estructura de los tres polímeros que componen el ABS [F14]

8.2 PP (Polipropileno) [8]

El polipropileno se trata de otro termoplástico muy utilizado, cuyas propiedades físicas, mecánicas y térmicas, cuando se emplea en condiciones de temperatura ambiente, son buenas. Sus principales características son rigidez, alto punto de fusión, baja densidad y buena resistencia frente a impactos. Además, esta poliolefina es un material más económico que el ABS, ya que este último se trata de un material técnico de precio elevado.

El polipropileno se puede encontrar en 3 formas: Homopolímero (HPP, cuando únicamente contiene el monómero de PP), Copolímero aleatorio (RCP, cuando contiene etileno como comonómero en cantidades del 1-8%) y copolímero de impacto (ICP, cuando contiene etileno en cantidades más elevadas del 45-65%).

Por otro lado, el polipropileno permite ser modificado con cargas y aditivos con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas. Esta mezcla es la que se denomina como Compuestos de PP. Cada uno de estos refuerzos permite mejorar propiedades como rigidez, tracción, dureza o estética.

Algunos de los Compuestos de PP más utilizados en automoción son PP-EPDM y PP-Talco, los cuales se van a comentar en mayor detalle a continuación.

PP-EPDM (Etileno Propileno Dieno Monómero)

Se trata de un material que pertenece a la familia de los termoplásticos (PP), pero presenta características de los elastómeros (EPDM). Por lo que el PP+EPDM se trata de un elastómero termoplástico denominado TPV, es decir una mezcla entre una matriz termoplástica y caucho capaz de vulcanizar. Combina la flexibilidad y baja compresión de los elastómeros con la facilidad de procesado de los termoplásticos.

Se trata de un material que permite la inyección, la extrusión y el soplado, con las características similares de los materiales termoplásticos.

Este material es elástico, resistente y presenta buena respuesta frente a impactos. Al ser un compuesto, mejora al polipropileno, según para la función que vaya a desempeñar la pieza. Del mismo modo, cuenta con buena resistencia frente a disolventes y ácidos.

Muchas marcas convencionales montan parachoques fabricados por PP-EPDM.

PP-Talco

Como ya se ha comentado, los polímeros pueden ser fácilmente modificados mediante el añadido de diferentes cargas y aditivos, ya sea para mejorar algunas propiedades mecánicas o para reducir el coste.

Principalmente, el talco se emplea para mejorar la rigidez del compuesto. Por ejemplo, un homopolímero con un módulo elástico de 1380 MPa, aumenta su rigidez hasta los 2700 Mpa al añadir un 20% de talco si se mantiene su base polimérica.

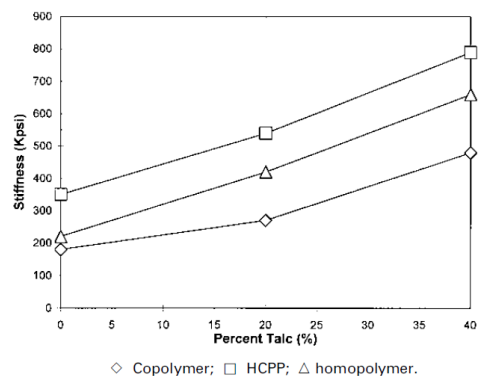


Fig 8.2 Gráfica efecto del talco en la rigidez de los plásticos [F15]

No ocurre lo mismo con la resistencia, que en este caso disminuye. Por otro lado, y de cara a la pieza objeto de estudio, existen dos desventajas claves, que son la resistencia al impacto en frío y la baja resistencia al rayado.

El tamaño de la partícula de talco ejerce un efecto directo en la resistencia al impacto del polímero. Cuanto menor es la dimensión, menor es el efecto adverso. Esta reducción también afectará a la rigidez, no produciendo un aumento tan considerable. Por todo esto, en las piezas de alto rendimiento, como parachoques, se busca tener un equilibrio entre resistencia a impacto y rigidez. Por lo que principalmente el talco se añade al polipropileno combinado con otros materiales más elásticos como el EPDM.

De cara al procesado, se debe tener en cuenta que la conductividad del material aumenta cuando se añade el talco, lo que implica que al inyectar el material se enfríe más rápido al contacto con el molde y se vuelva más viscoso, y por tanto más difícil de inyectar. Adicionalmente, si se supone que se mantiene la base polimérica del material, la viscosidad del material aumenta, por lo que es normal, que este tipo de materiales cargados, utilicen bases poliméricas más fluidas para así compensar el aumento de fluidez cuando el material va cargado.

8.3 SELECCIÓN DE MATERIALES SEGÚN BASE DE DATOS

Se ha realizado una búsqueda de materiales. En esta búsqueda se han seleccionado cuatro posibles materiales de interés que podrían ser utilizados para el proceso de inyección de la piel del parachoques. Esta información se ha obtenido en la base de datos de MATWEB.

Estos son:

- SABIC CYCOLOY™ CY8630 **PC+ABS**
- Aurora Kunststoffe AUROcom® **PP-EPDM TV10** UV black 9005 PP-EPDM, 10% Mineral Reinforced
- Mocom (ALBIS) Alfater XL® A30I 4GP0000 Thermoplastic Vulcanizate **PP/EPDM-Elastomer**
- RSH Polymere RSH **PP/EPDM** 1008 EXP 273 Polypropylene/EPDM

La información técnica sobre estos materiales se puede encontrar en el **Anexo 7. Fichas técnicas de materiales**.

9. ESTUDIO DE INYECCIÓN

Como ya se ha comentado con anterioridad, la piel del parachoques se ha convertido en una de las piezas principales de la carrocería de un coche. Por ello, todas estas piezas están sometidas a unas exigencias muy altas, principalmente estéticas. Además de este factor estético, se debe intentar conseguir una reducción tanto del peso de la pieza como del coste de producción.

A lo largo de este estudio se va a realizar, mediante el software de simulación MoldFlow versión 2016, una comparación entre el proceso de inyección convencional y la inyección secuencial. La comparación se realiza variando el espesor de la pieza, ubicación de puntos de inyección y material.

9.1 INYECCIÓN CONVENCIONAL POR PUNTOS

9.1.1 LLENADO VS ESPESOR

En este primer apartado se va a analizar el llenado mediante 3 puntos de inyección frente a diferentes espesores de la pieza (3 mm, 3,5 mm y 4 mm). Para esto, se ha utilizado un material de ejemplo, Finalloy EBP-91/2: TOTAL Petrochemicals.

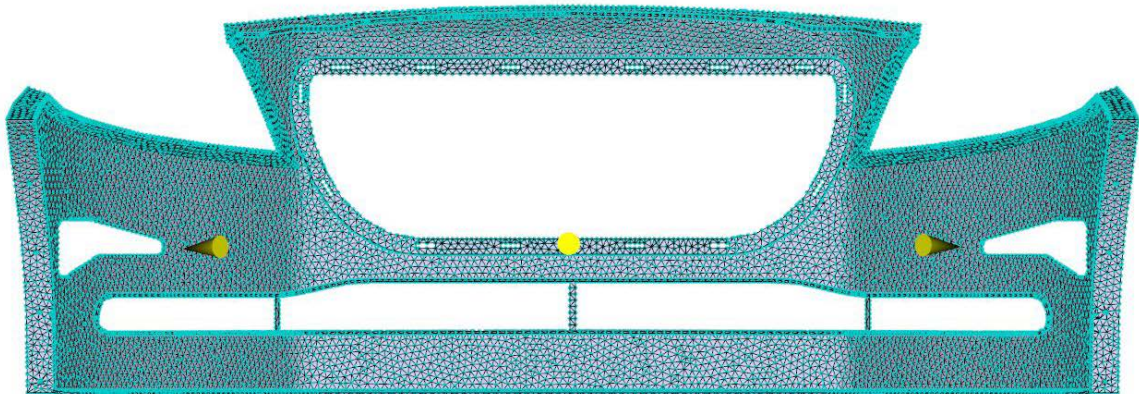


Fig 9.1.1.1 Puntos de inyección y mallado de la pieza (58.000 elementos)

Para ello, se van a analizar tres resultados: La caída de presión, el tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión de la pieza, y la fuerza de cierre.

CAÍDA DE PRESIÓN

Teóricamente la caída de presión en la fase de llenado, para un elemento rectangular con un espesor y anchura determinada, se rige por la expresión:

$$\Delta p = \frac{12 \cdot \eta \cdot L}{B \cdot H^3} Q$$

Fig 9.1.1.2 Fórmula de caída de presión

Donde:

n es la viscosidad, L la longitud de recorrido de flujo, B es la anchura H es el espesor y Q es el caudal.

Además de la viscosidad y la longitud de flujo, el factor más determinante para la presión de llenado es el espesor, ya que está elevado al cubo. Por lo que a un aumento del espesor se produce una mayor reducción de la presión.

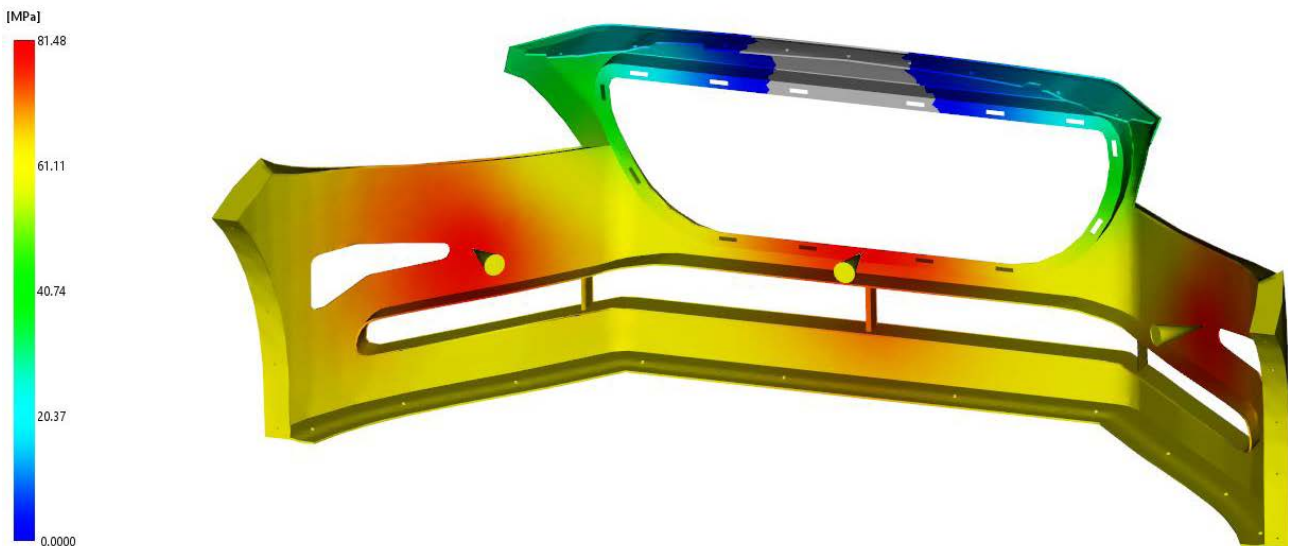


Fig 9.1.1.3 Espesor 3 mm

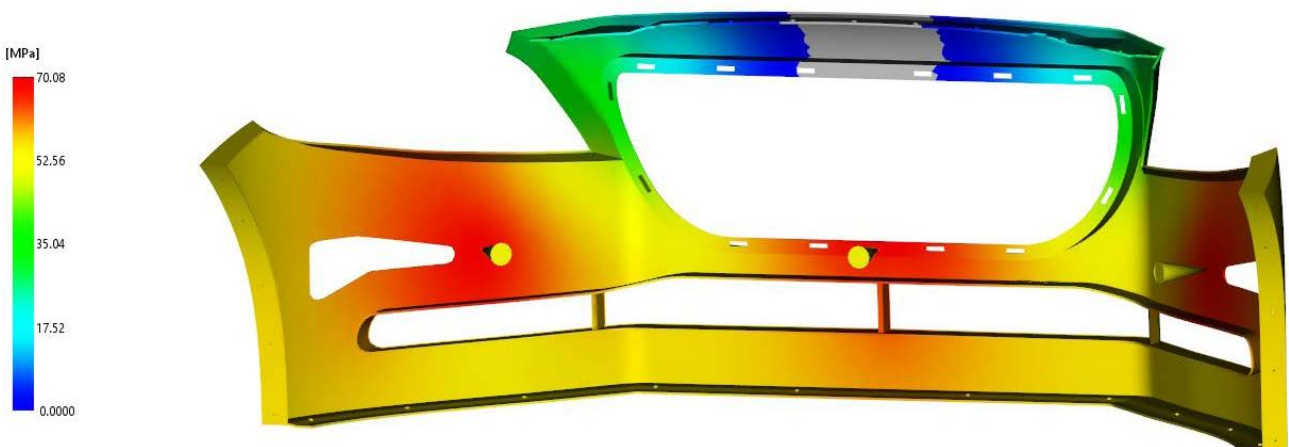


Fig 9.1.1.4 Espesor 3.5 mm

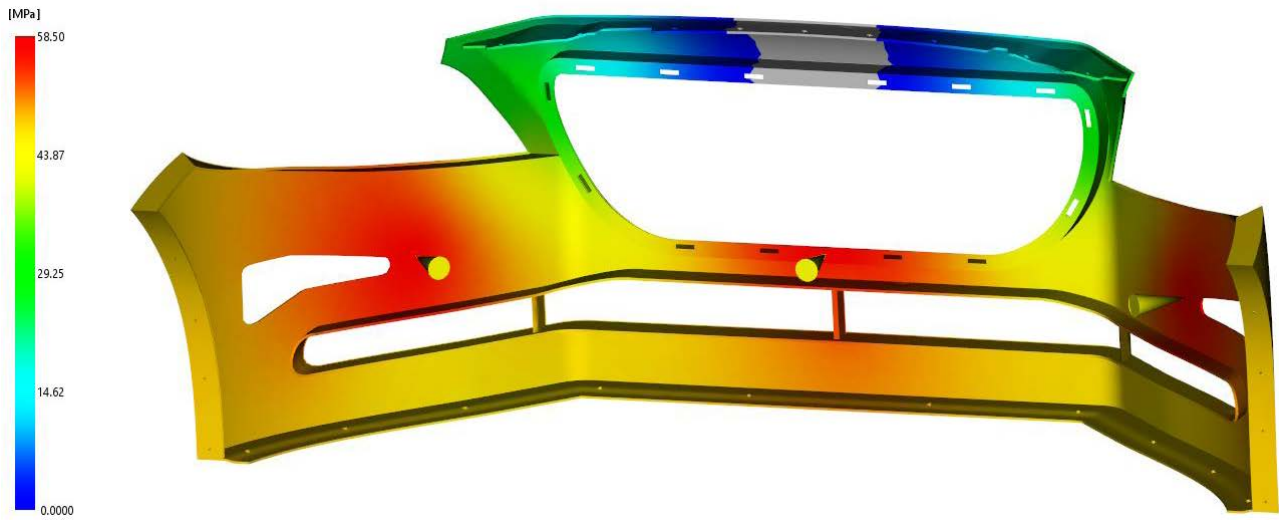


Fig 9.1.1.5 Espesor 4 mm

ESPESOR (mm)	PRESIÓN (t)
3	81,48
3,5	70,08
4	58,3

Fig. 9.1.1.6 Tabla Espesor vs Presión

En esta tabla, se puede observar la fuerte reducción de presión que produce al aumentar un 33 % el espesor.

TIEMPO PARA QUE LA PIEZA ALCANCE LA TEMPERATURA ADECUADA PARA LA EXPULSIÓN

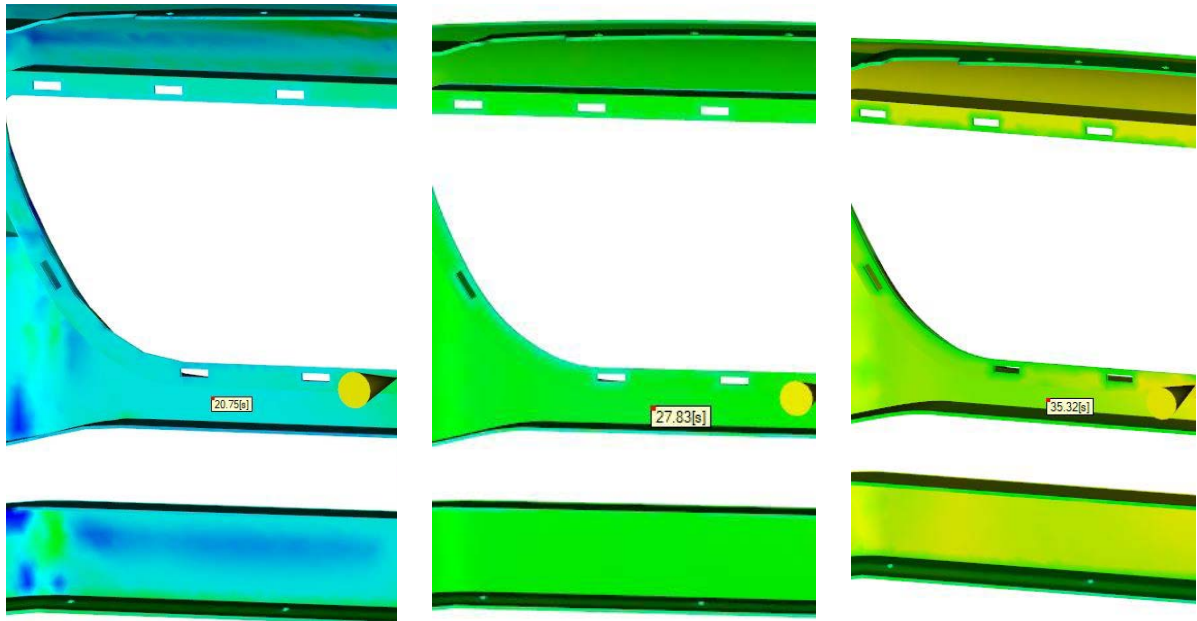


Fig 9.1.1.7 Espesor 3mm, 3.5 mm y 4 mm respectivamente

El tiempo necesario para que la pieza alcance la temperatura adecuada para la extracción se denomina tiempo de enfriamiento y es exponencial con respecto al espesor, H^2 .

El análisis del tiempo de enfriamiento se ha realizado en una zona común para las tres piezas. Este estudio, muestra que la pieza que primero alcanza la temperatura adecuada es la de 3 mm, con 20 seg. Seguida por la de 3.5 mm con 28 seg y por último la pieza con espesor 4 mm con 35 seg.

FUERZA DE CIERRE

Se denomina fuerza de cierre al valor de fuerza que requiere el molde para que no se abra durante la fase de llenado. Para calcular dicha fuerza se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_c = \int P \cdot ds$$

Donde:

P es presión y s es la superficie a lo largo de la cual se integra la presión

En los tres casos que se están analizando, la superficie proyectada de la cavidad es similar, lo único que se modifica es el espesor. Debido a esto, a mayor presión de inyección se requiere una mayor fuerza de cierre. 3500 para 3 mm de espesor, 3100 para 3.5 y 2600 para 4 mm.

Siendo las diferencias cualitativamente menores por la influencia de la orientación de la pieza y la distribución de la presión en las distintas zonas de la pieza.

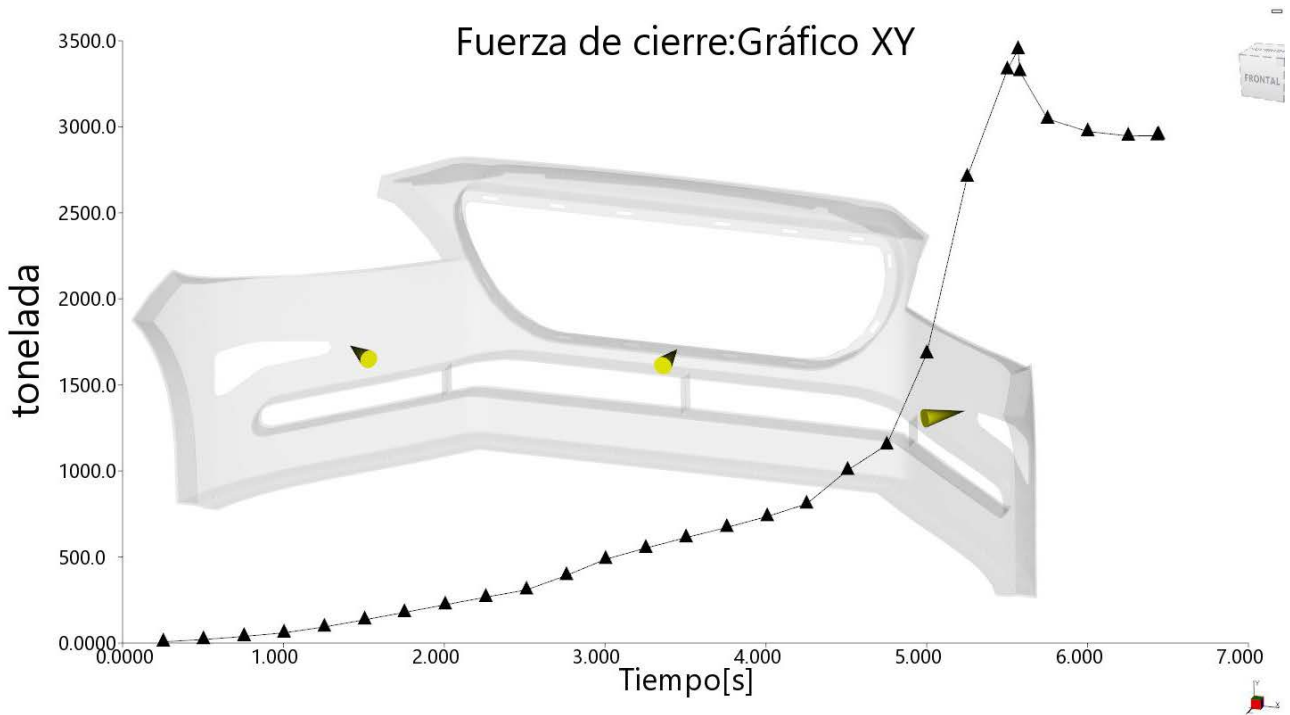


Fig 9.1.1.8 Espesor 3 mm

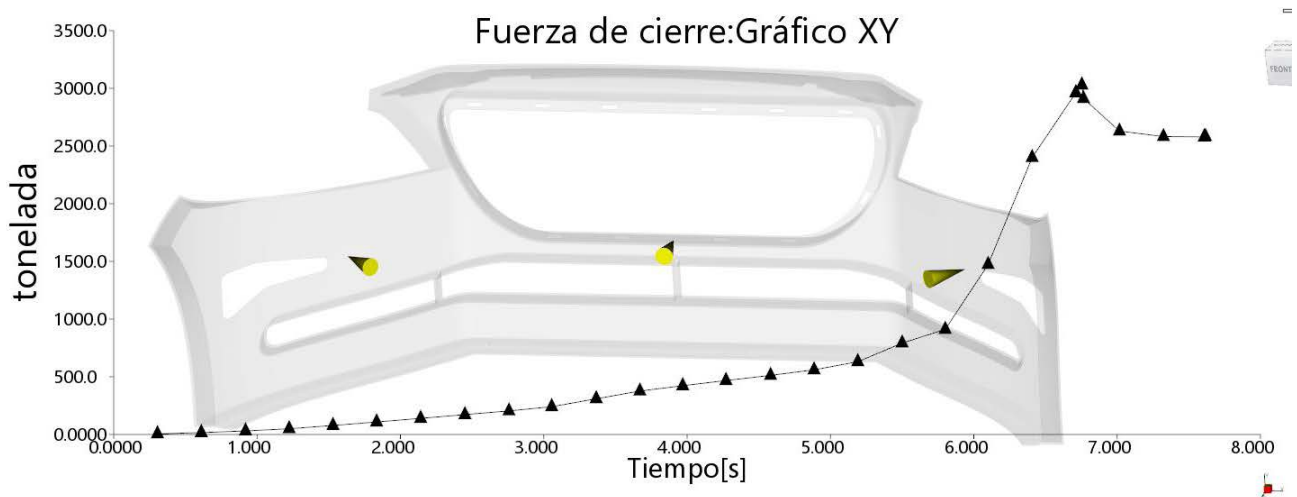


Fig 9.1.1.9 Espesor 3.5 mm

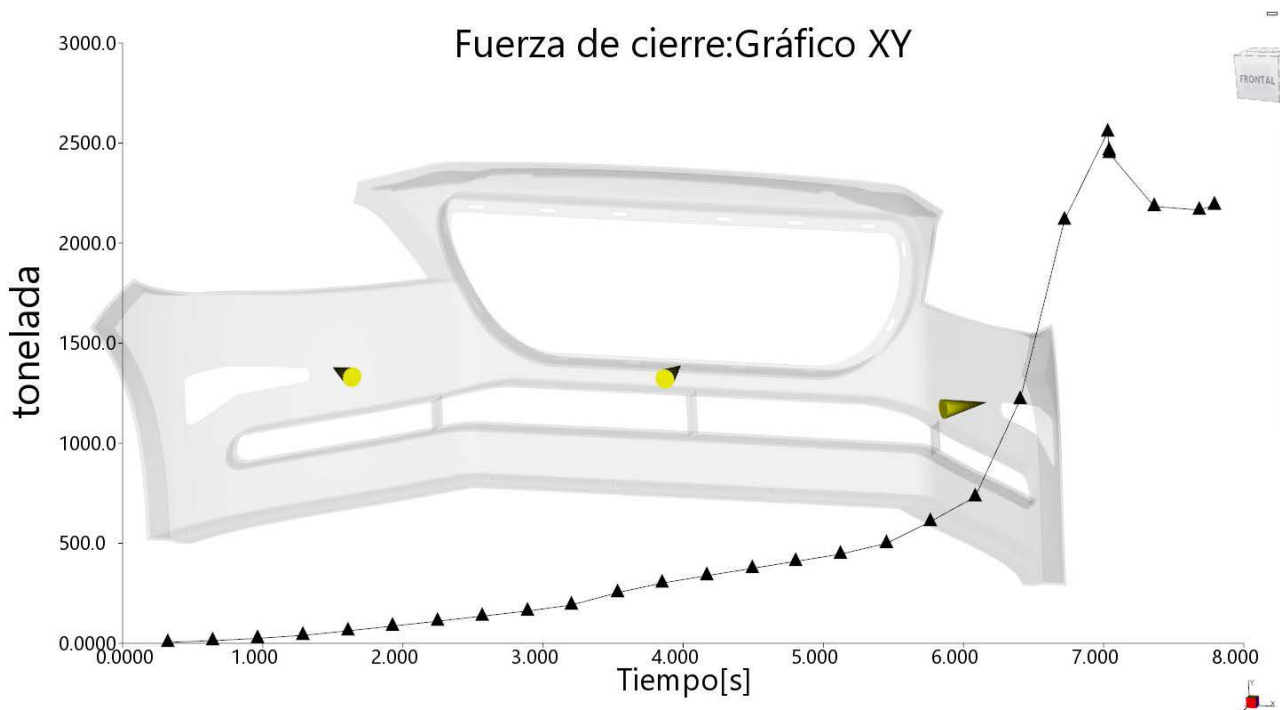


Fig 9.1.1.10 Espesor 4 mm

9.1.2 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE INYECCIÓN

Este apartado consiste en el análisis de las diferencias que se encuentran cuando se varía el número y la ubicación de los puntos de inyección durante el proceso de llenado.

En consecuencia a lo mencionado, se van a estudiar tres parámetros: presión, forma de llenado (líneas de soldadura) y fuerza de cierre.

Para ello, se va a emplear la pieza con un espesor de 3.5 mm, ya que es el valor intermedio entre las piezas generadas.

Se presentan algunas de las opciones clásicas para este tipo de geometrías:

- a) Atacar directamente el centro de la pieza, con puntos sobre la piel del paragolpes. Esto dejaría marcas visibles en la pieza, lo que generalmente obliga a inyectar por la cara no vista de la pieza, generando un molde "invertido" con el sistema de inyección y expulsión en el mismo lado, más complejo y costoso.
- b) Inyectar por una de las "playas" de la pieza, es decir, por la parte superior o por la parte inferior. Esta última, menos visible, supone menos problema para la ubicación de los puntos de entrada a pieza y es la presentada aquí.
- c) Adicionalmente, se pueden añadir puntos en otras zonas, si se considera necesario para reducir la presión, cambiar las líneas de unión, etc.

En definitiva, es una decisión compleja e interdependiente con el diseño y la estética

PRESIÓN

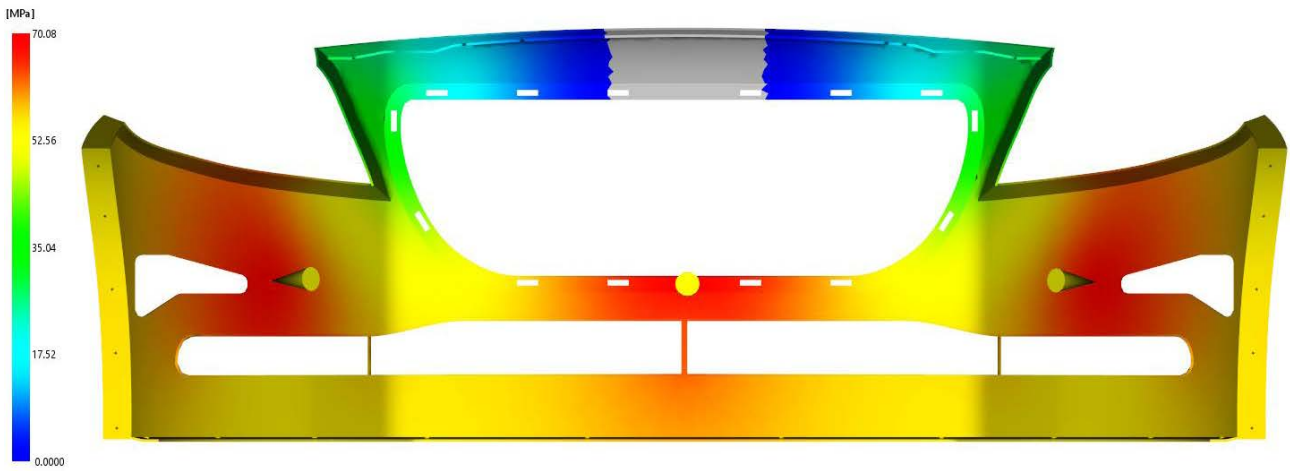


Fig 9.1.2.1 Tres puntos de inyección interior

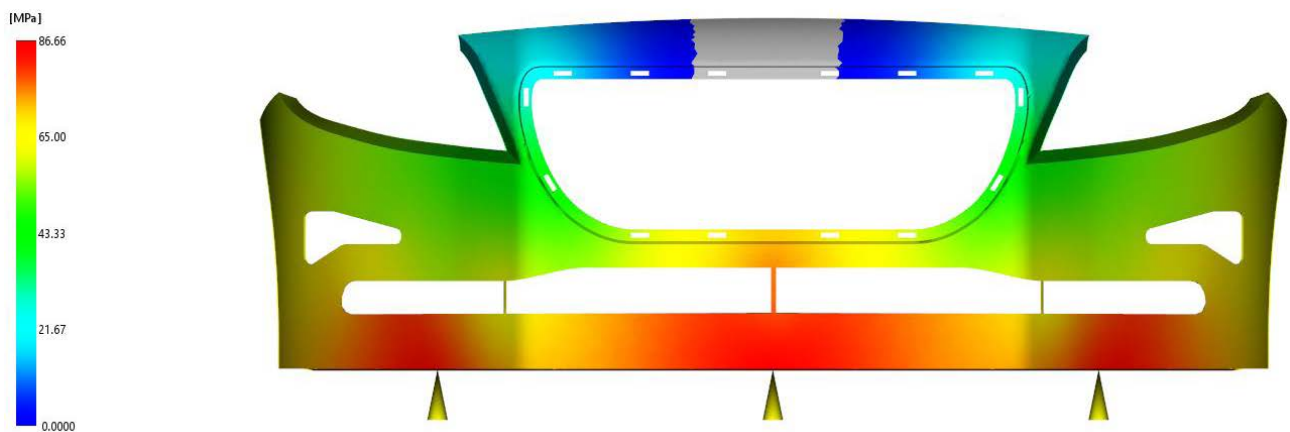


Fig 9.1.2.2 Tres puntos de inyección zona inferior

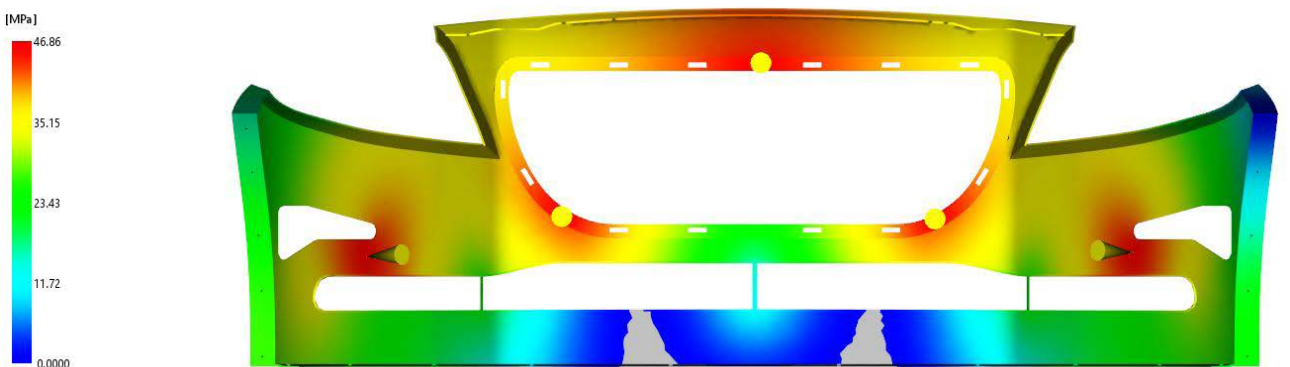


Fig 9.1.2.3 Cinco puntos de inyección zona inferior

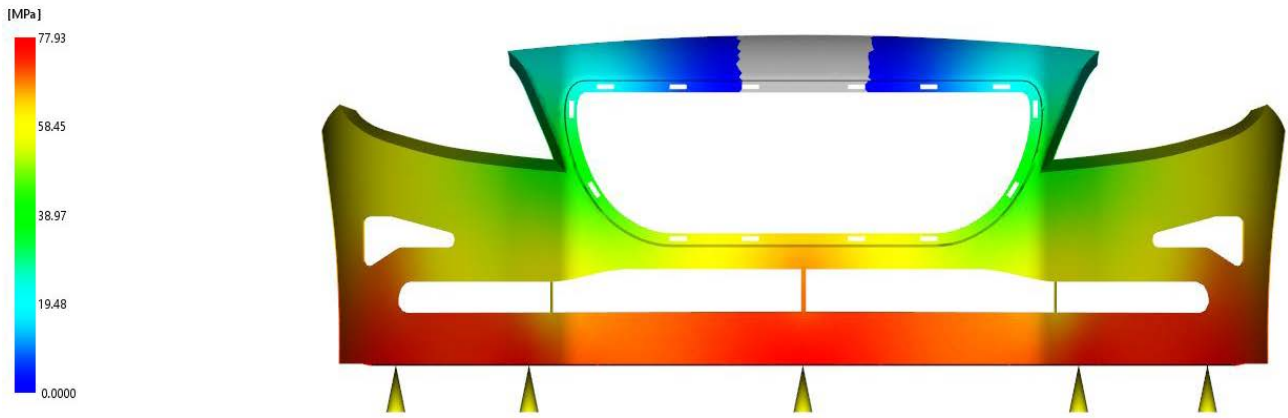


Fig 9.1.2.4 Cinco puntos de inyección zona inferior

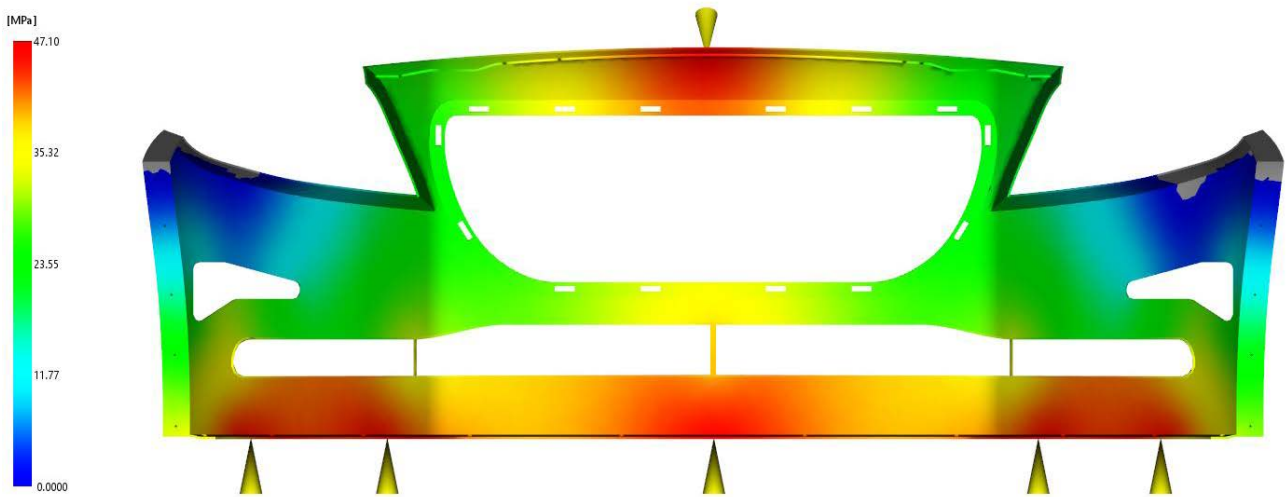


Fig 9.1.2.5 Seis puntos de inyección

FORMA DE LLENADO (LÍNEAS DE SOLDADURA)



Fig 9.1.2.6 Tres puntos de inyección interior

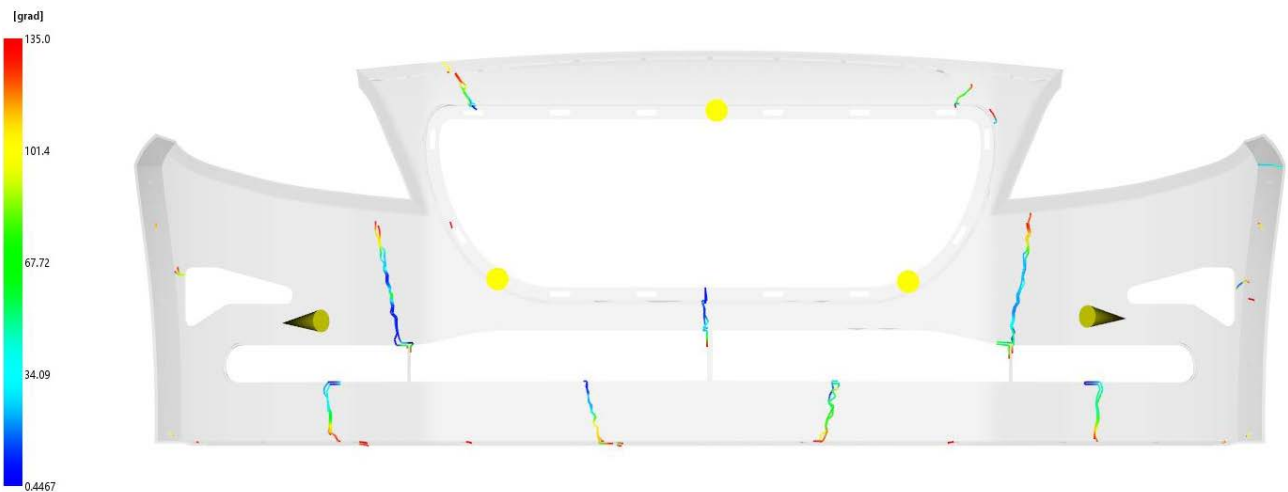


Fig 9.1.2.7 Cinco puntos de inyección interior

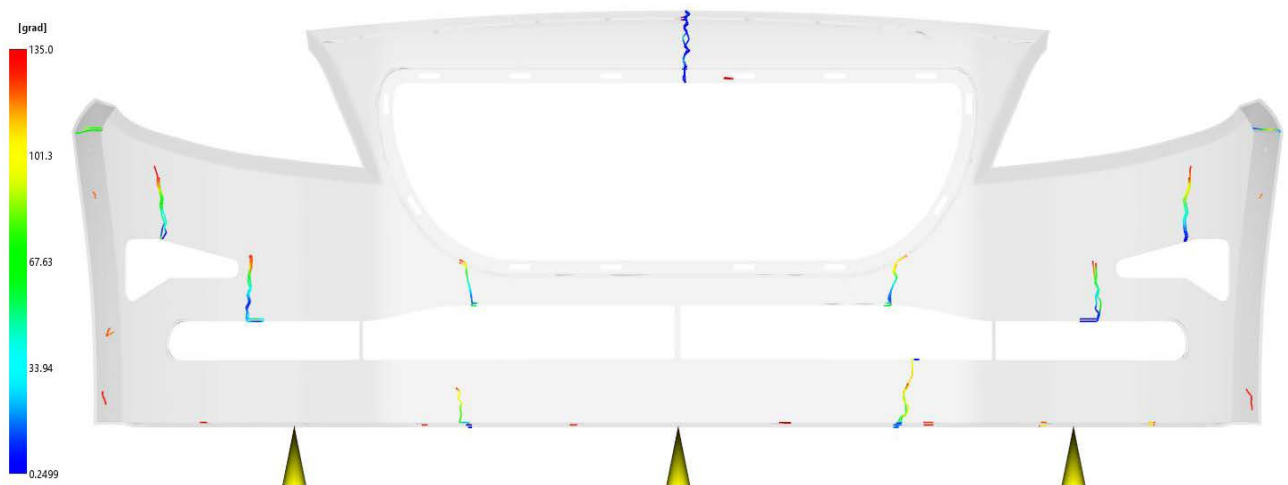


Fig 9.1.2.8 Tres puntos de inyección zona inferior

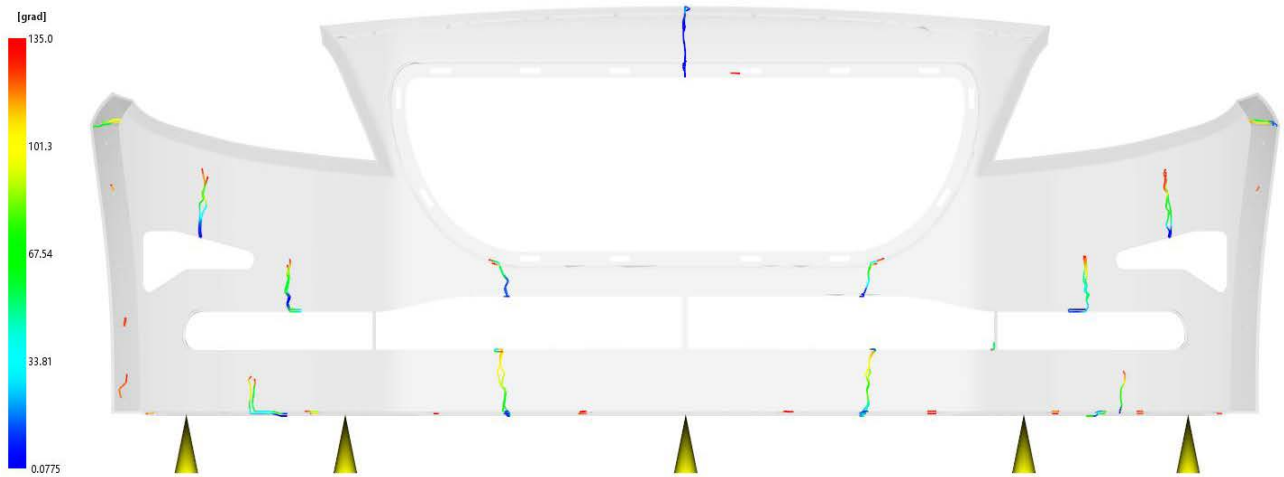


Fig 9.1.2.9 Cinco puntos de inyección zona inferior

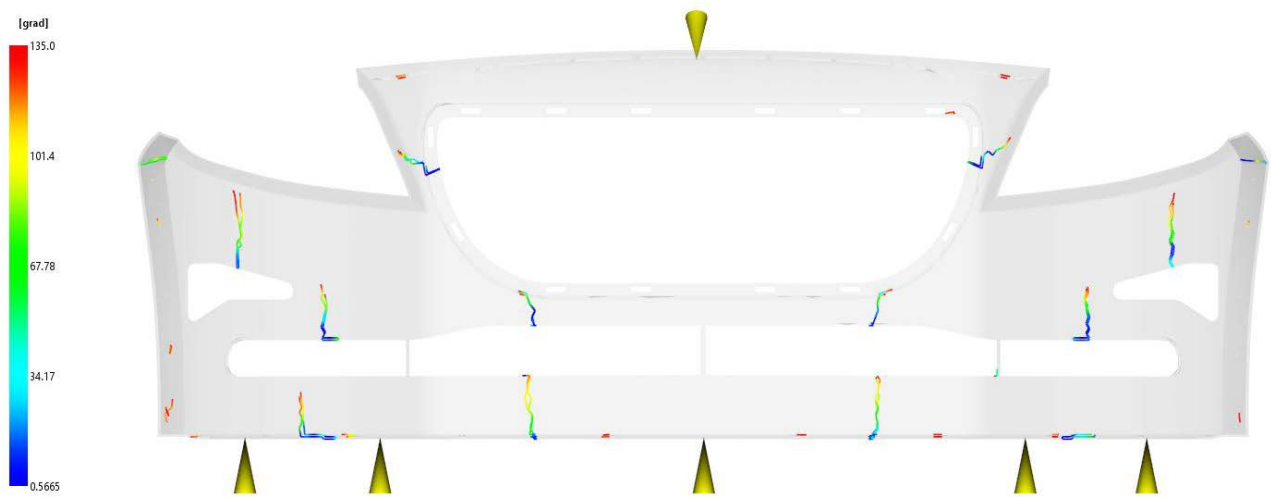


Fig 9.1.2.10 Seis puntos de inyección

FUERZA DE CIERRE

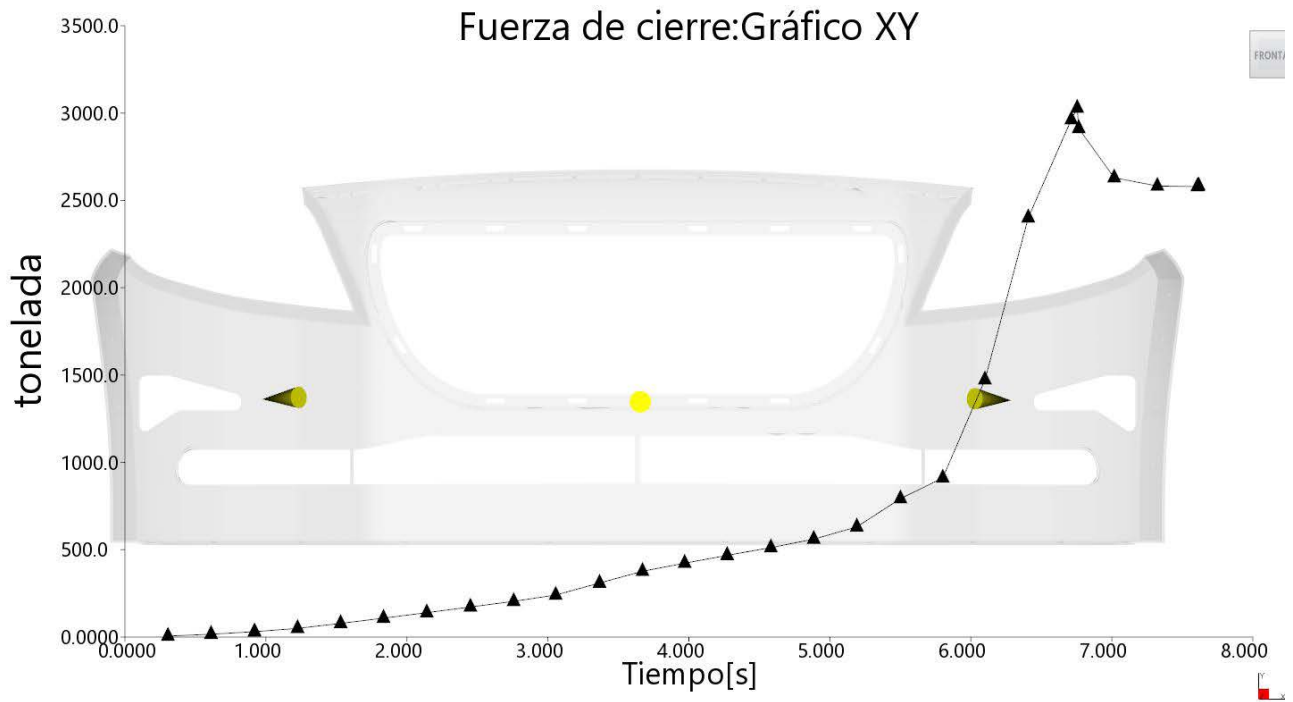


Fig 9.1.2.11 Tres puntos de inyección interior

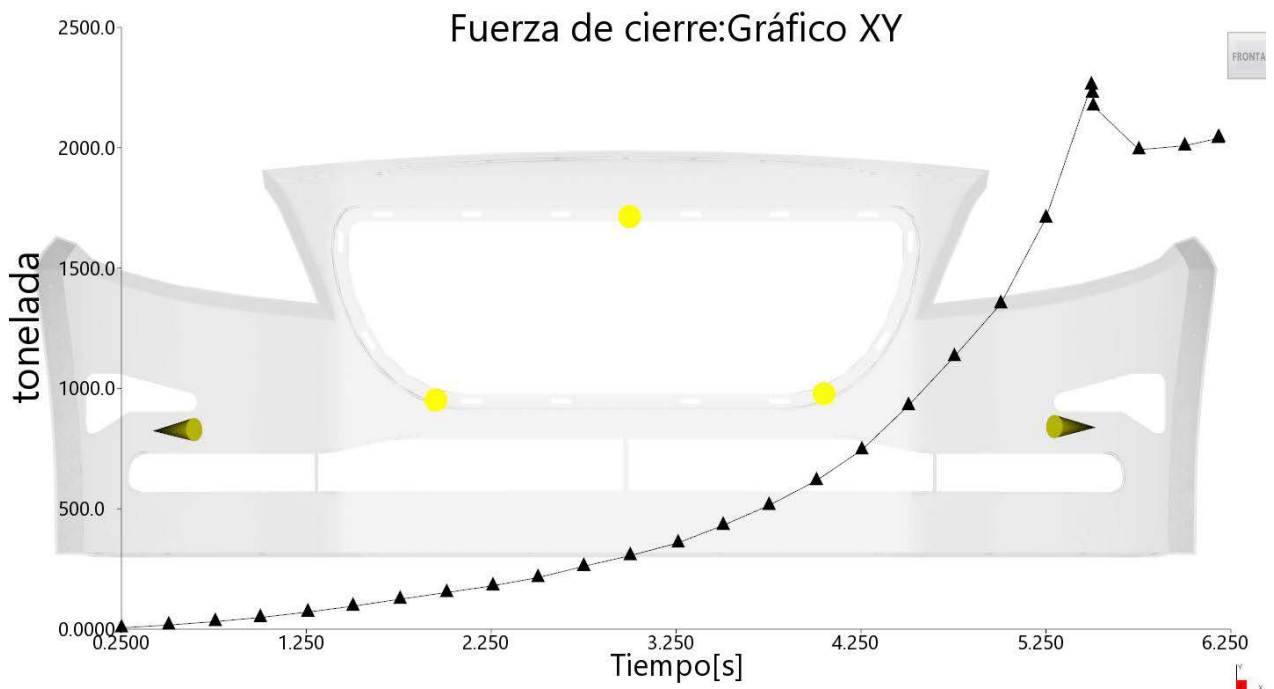


Fig 9.1.2.12 Cinco puntos de inyección interior

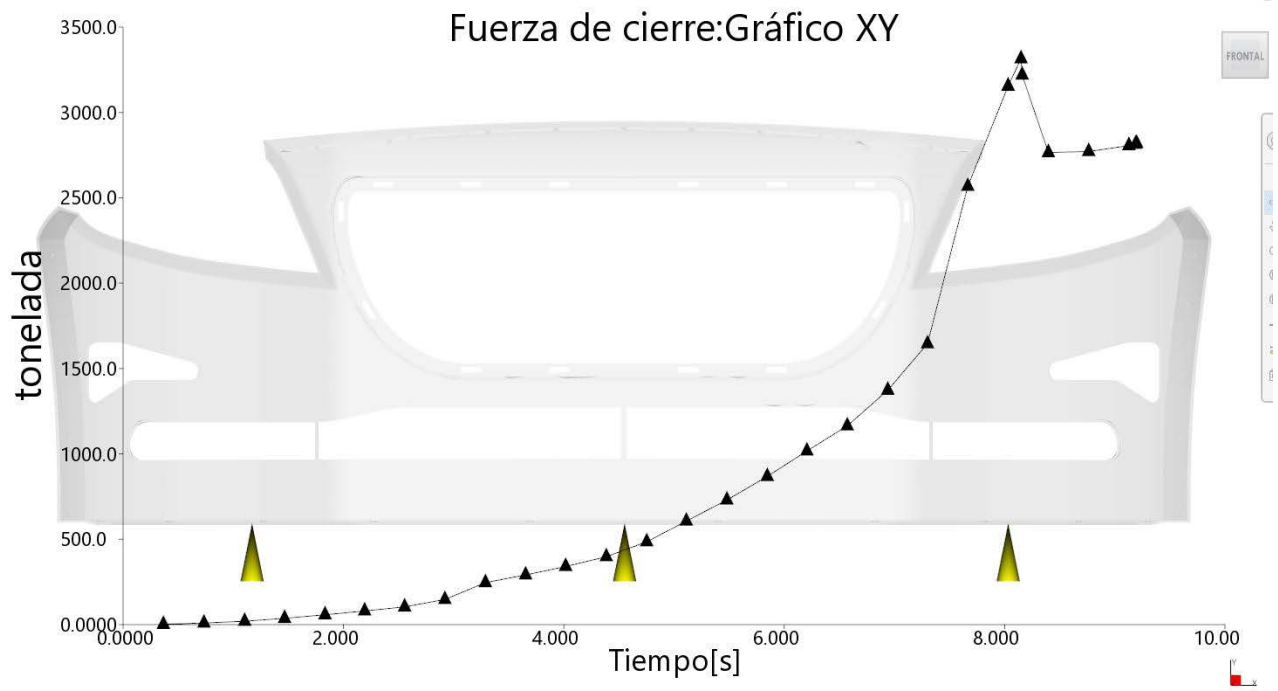


Fig 9.1.2.13 Tres puntos de inyección zona inferior

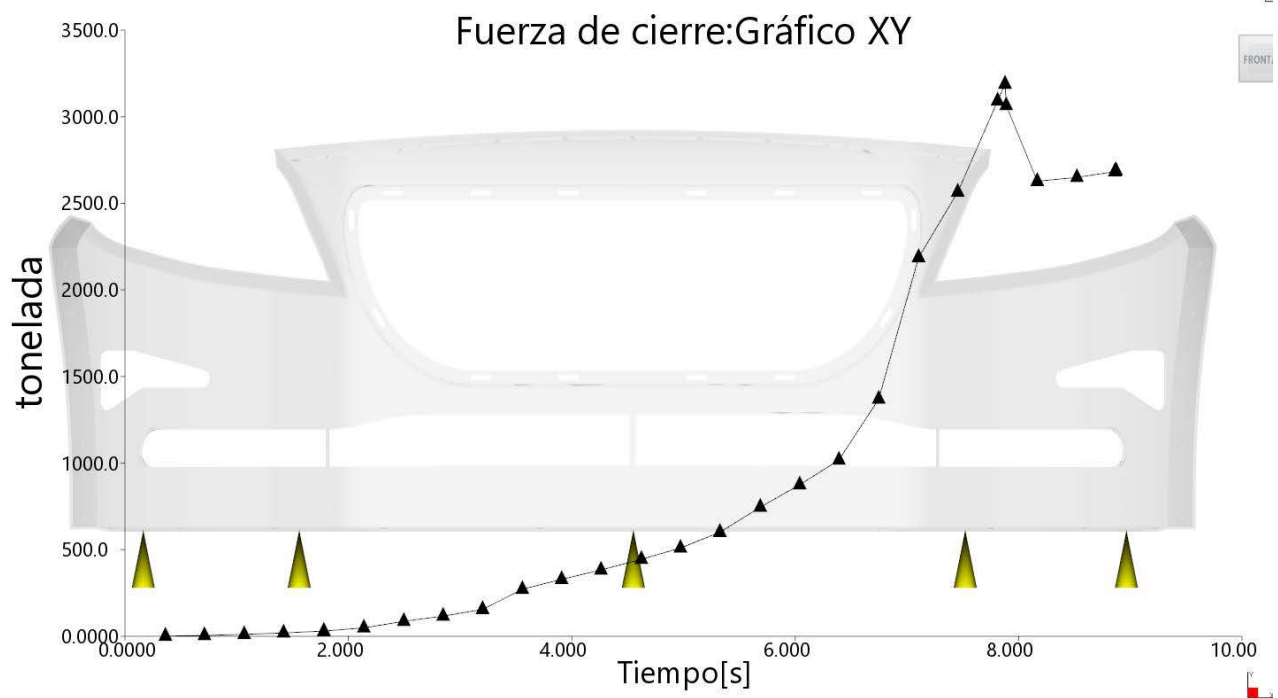


Fig 9.1.2.14 Cinco puntos de inyección zona inferior

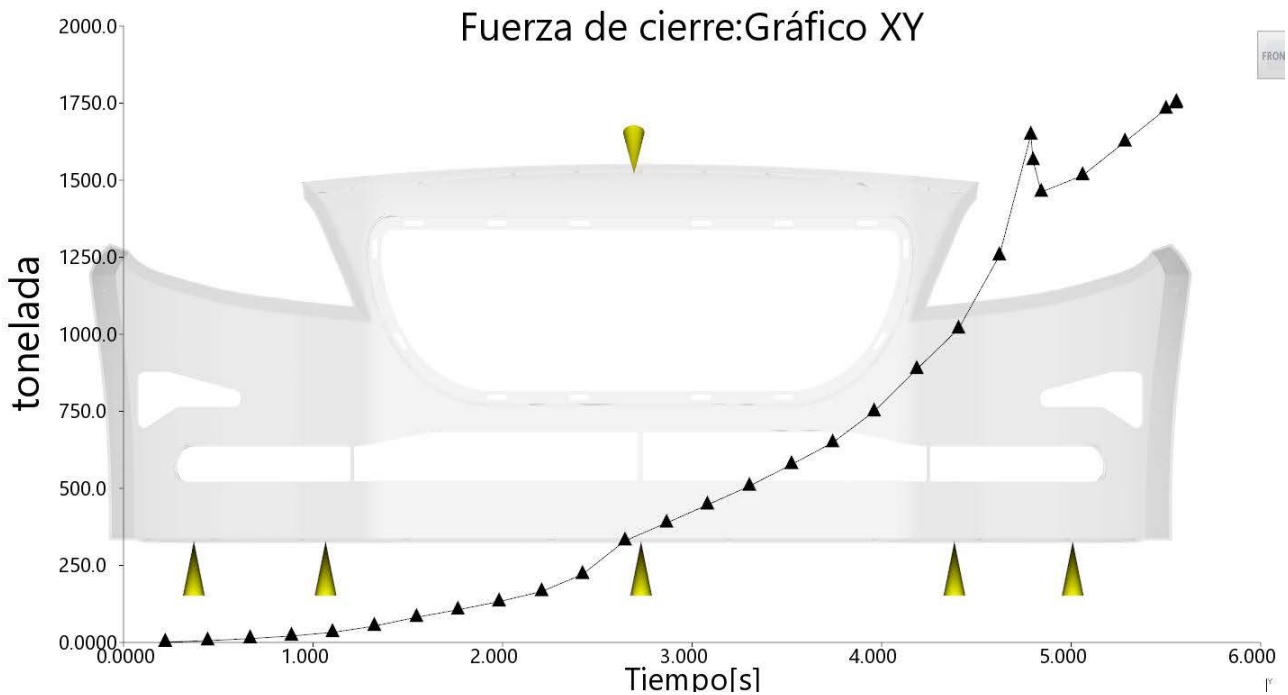


Fig 9.1.2.15 Seis puntos de inyección

TABLA RESUMEN

	PRESIÓN	FUERZA DE CIERRE (MÁX)	LLENADO (LÍNEAS DE SOLDADURA)	MOLDE	COSTE
3 PUNTOS INTERIOR	Alta 70 MPa	Alta 3200 t	Crítica	Invertido	Muy alto
3 PUNTOS ABAJO	Muy alta 86 MPa	Muy alta 3500 t	Crítica	Directo	Medio
5 PUNTOS INTERIOR	Baja 46 MPa	Media 2400 t	Correcta	Invertido	Muy alto
5 PUNTOS ABAJO	Alta 76 MPa	Muy alta 3400 t	Crítica	Directo	Medio
6 PUNTOS	Baja 47 MPa	Baja 1700 t	Correcta	Directo	Alto

Fig 9.1.2.16 Tabla resumen

Entre las opciones que se han analizado, la elegida es la de 6 puntos de inyección. Esto se debe a que a pesar de ser la que mayor número de puntos utiliza, aumentando así el coste, tiene un valor de presión y de fuerza de cierre adecuados.

Por otro lado, uno de los factores determinantes en la elección, es que permite la obtención de la pieza a partir de un molde de inyección directa, lo cual es mucho más asequible que si se emplea un molde invertido.

9.1.3. MATERIAL

A continuación, se va a observar la presión necesaria para inyectar la pieza empleando diferentes materiales. Se han seleccionado tres materiales comunes para la inyección de este tipo de piezas, ABS-PC, PP/EPDM y PP/EPDM con carga de talco, para ello, el estudio se apoya en las familias de materiales recopiladas en el apartado 8, a partir de los datos existentes

El primer paso es conocer la viscosidad de cada uno, ya que es un factor relevante para determinar la presión necesaria en el proceso de inyección. Este valor viene determinado por la temperatura a la que se inyecta el material y la velocidad de cizalla (1000 s^{-1} , valor en torno al que se trabaja cuando se está inyectando).

ABS-PC

- **Material:** Cycloy CY5215 : SABIC Innovative Plastics Japan LLC
- **Temperatura de inyección:** 260°C
- **Velocidad de cizalla:** 1000 s^{-1}
- **Espesor:** 3.5 mm
- **Puntos de inyección:** 6 puntos
- **Carga:** No cargado

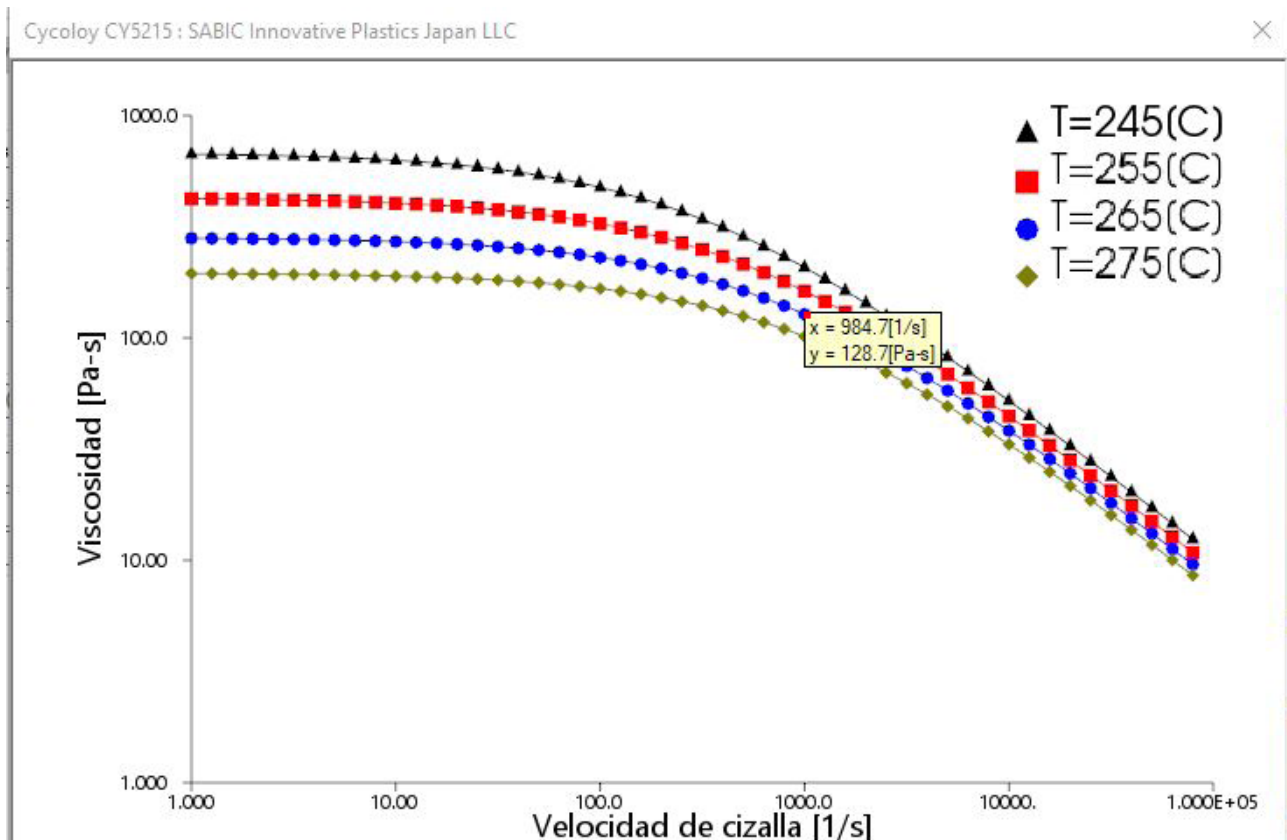


Fig 9.1.3.1 Gráfica de Viscosidad-Vel. de cizalla ABS-PC

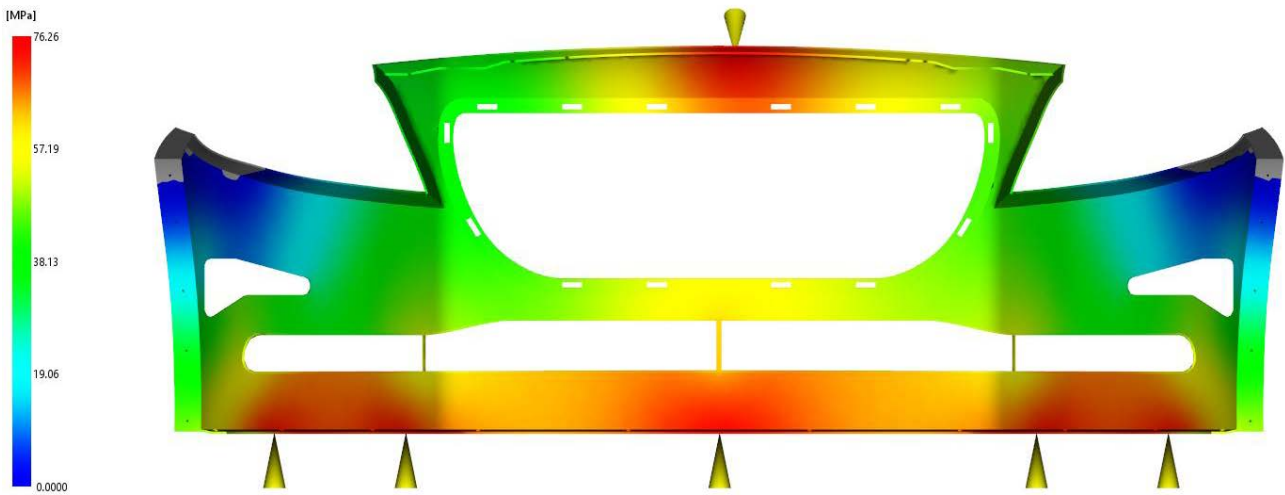


Fig 9.1.3.2 Presión de Inyección ABS-PC

PP/EPDM

- **Material:** Finalloy EBP-91/2: TOTAL Petrochemicals
- **Temperatura de inyección:** 240°C
- **Velocidad de cizalla:** 1000 s⁻¹
- **Espesor:** 3.5 mm
- **Puntos de inyección:** 6 puntos
- **Carga:** No cargado

Finalloy EBP-91/2 : TOTAL Petrochemicals

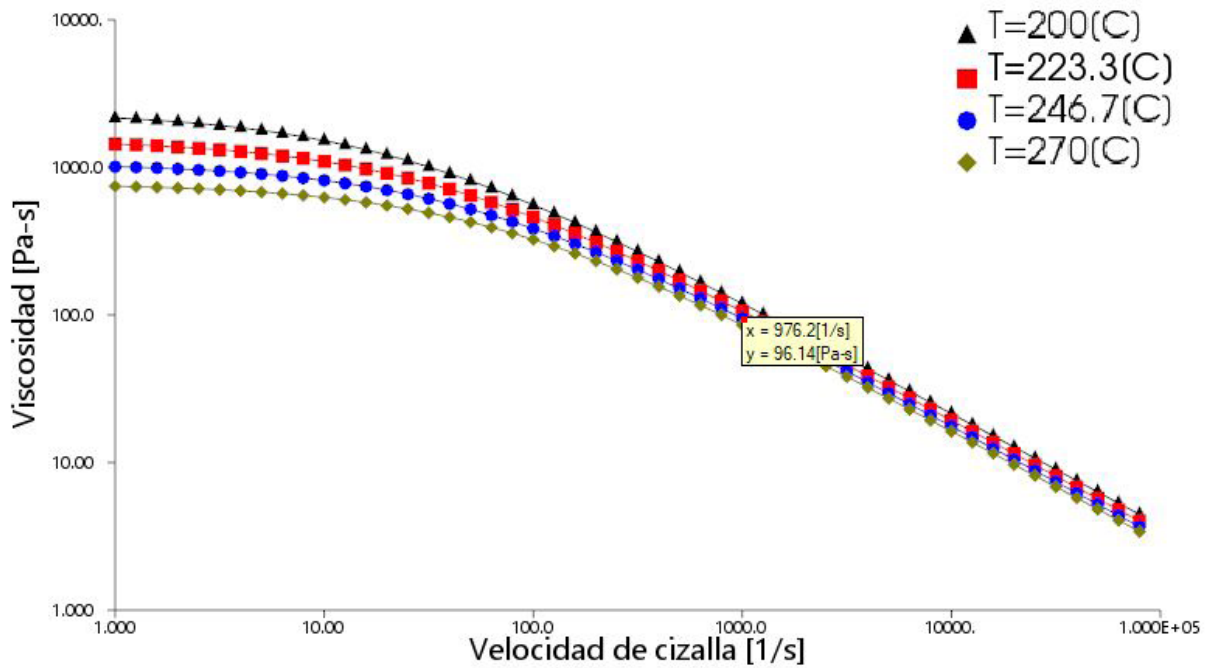


Fig 9.1.3.3 Gráfica de Viscosidad-Vel. de cizalla PP/EPDM

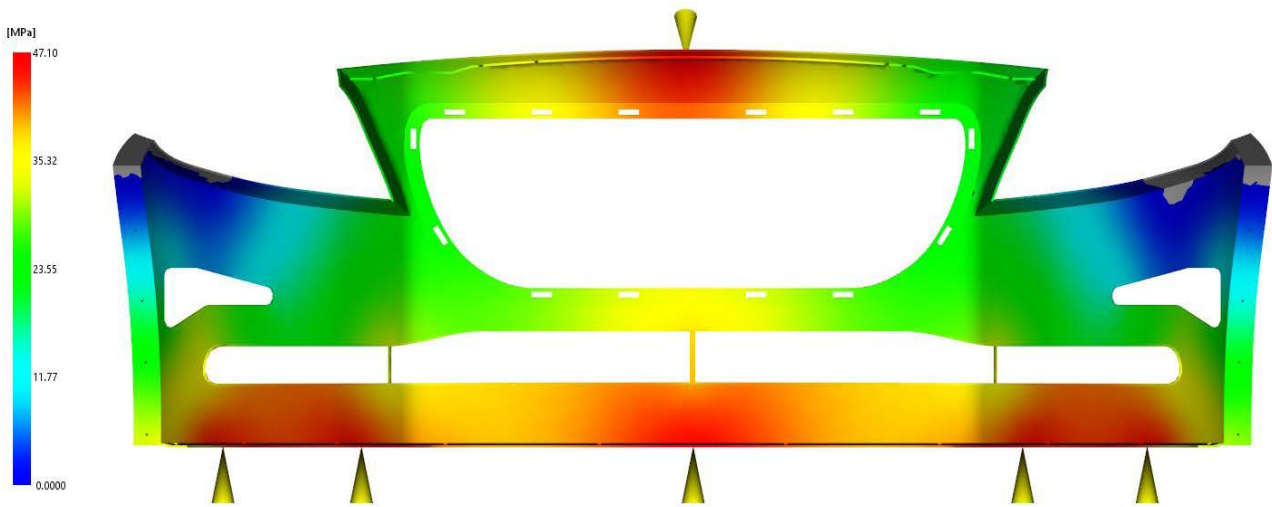


Fig 9.1.3.4 Presión de Inyección PP/EPDM

PP/EPDM 12T

- **Material:** Finalloy EBP-3010: TOTAL Petrochemicals
- **Temperatura de inyección:** 240°C
- **Velocidad de cizalla:** 1000 s⁻¹
- **Espesor:** 3.5 mm
- **Puntos de inyección:** 6 puntos
- **Carga:** 12% de talco

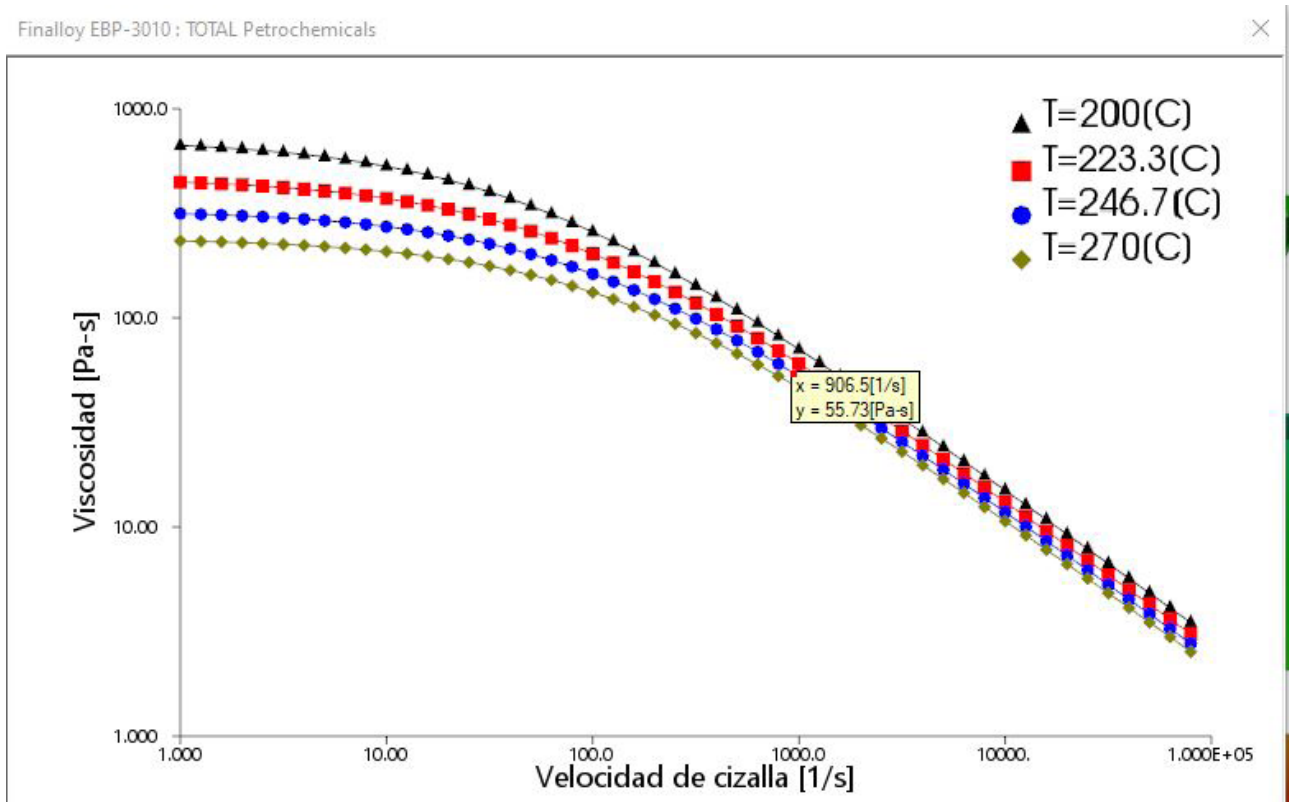


Fig 9.1.3.5 Gráfica de Viscosidad-Vel. de cizalla PP/EPDM 12T

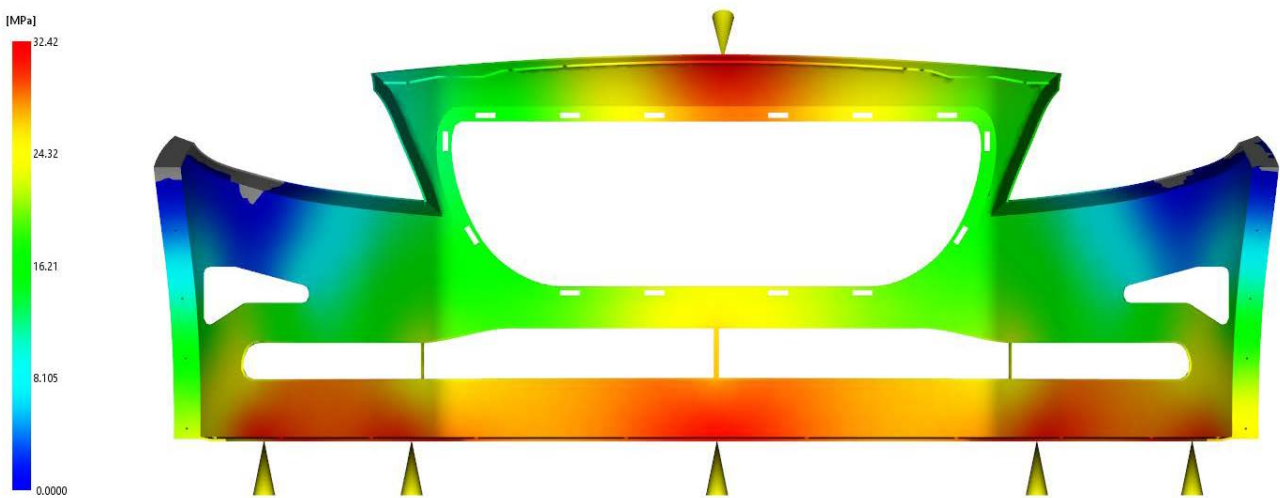


Fig 9.1.3.6 Presión de Inyección PP/EPDM 12 T

TABLA RESUMEN

	VISCOSIDAD	PRESIÓN
ABS - PC	128 Pa·s	76 MPa
PP/EDPM	96 Pa·s	47 MPa
PP/EDPM 12T	56 Pa·s	32 MPa

Fig 9.1.3.7 Tabla resumen

A la vista de los valores recogidos en la tabla, se observa la influencia de la viscosidad del material en la presión máxima requerida para el llenado, lo que vuelve a mostrar la interdependencia en todo el proceso de diseño de este componente (espesor, formas, materiales...).

9.1.4. SISTEMA DE COLADAS. PRESIÓN DE COMPACTACIÓN

Una vez establecida la ubicación y el número de puntos de inyección para el proceso, se modeliza el sistema de coladas. Este se realiza para establecer el recorrido que va a llevar el material durante el proceso de llenado hasta llegar a la pieza y visualizar el proceso.

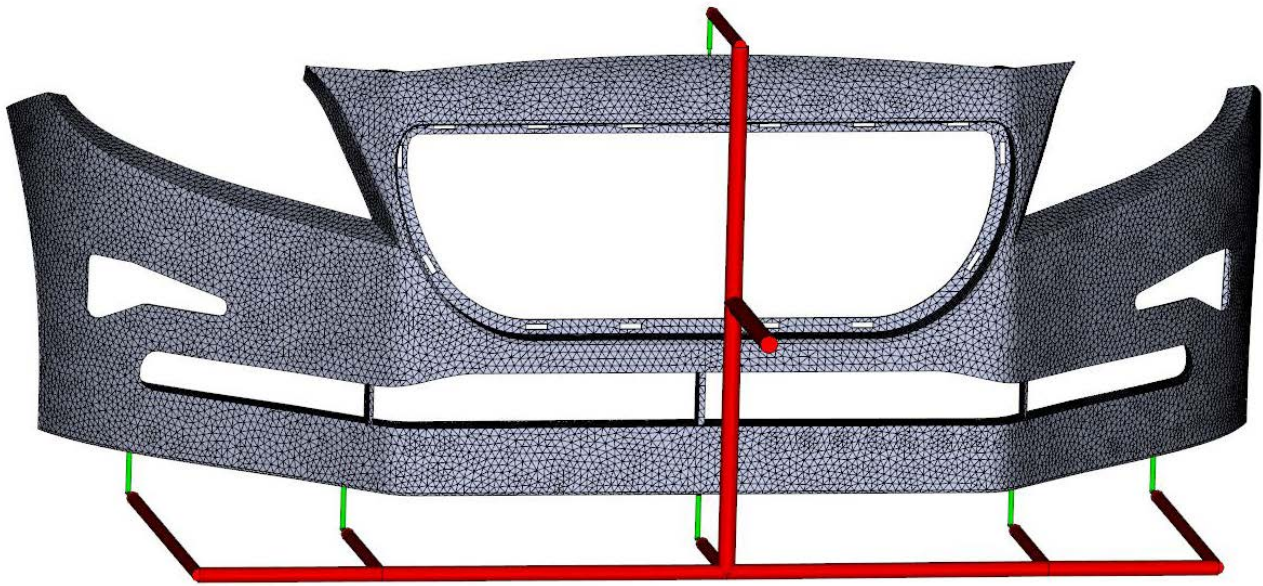


Fig 9.1.4.1 Sistema de coladas

Para realizar este sistema de coladas se han empleado canales calientes, los cuales van de mayor a menor diámetro, y canales fríos.

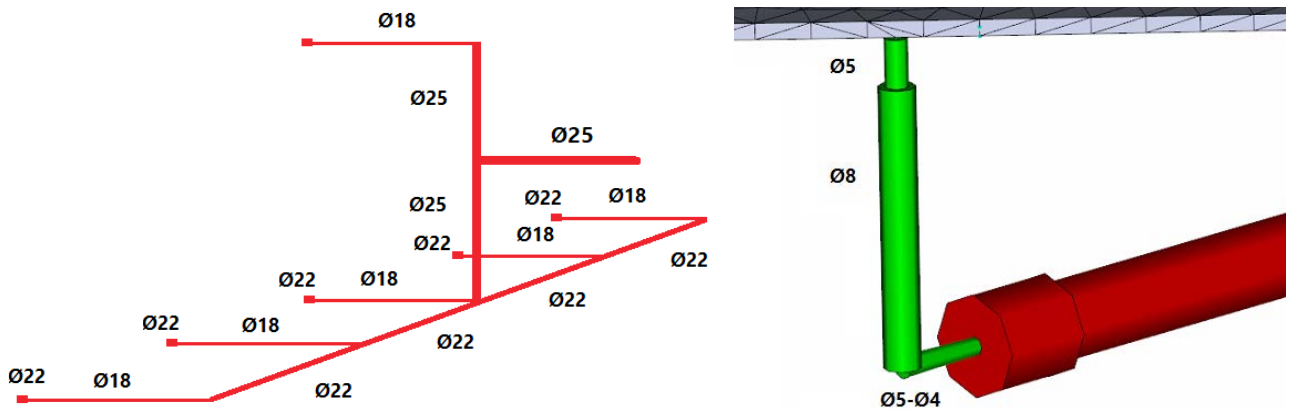


Fig 9.1.4.2 Esquema canal caliente y detalle de la forma modelada para el tramo frío hasta la pieza

Una vez establecido el sistema de colada, que sería mixto puesto que hay tramos de canales calientes (que no se desmoldean, quedando el material dentro de un conducto calefactado para la siguiente inyección) y tramos fríos o coladas frías, que se desmoldearían con la pieza, se va a realizar un estudio sobre la presión de compactación. Después de hacer la primera fase de llenado, donde se ocupa alrededor del 90% del molde, se desarrolla una segunda fase donde se compensa el hueco restante producido por la contracción volumétrica del material. Esta segunda fase es la que se denomina fase de compactación.

Se va a realizar una comparación entre un proceso de inyección, a través del sistema de colada generado, con una presión de compactación de 50% frente a 65%. Se van a estudiar diferentes parámetros como fuerza de cierre, presión en los diferentes puntos de la pieza y tendencia de deformación (alabeo).

Parámetros iniciales:

- **Material:** Finalloy EBP-3010: TOTAL Petrochemicals
- **Temperatura de inyección:** 240°C
- **Temperatura de superficie del molde:** 35°C
- **Espesor:** 3.5 mm
- **Presión de compactación inicial:** 60 MPa
- **Puntos de inyección:** 1 punto

FUERZA DE CIERRE

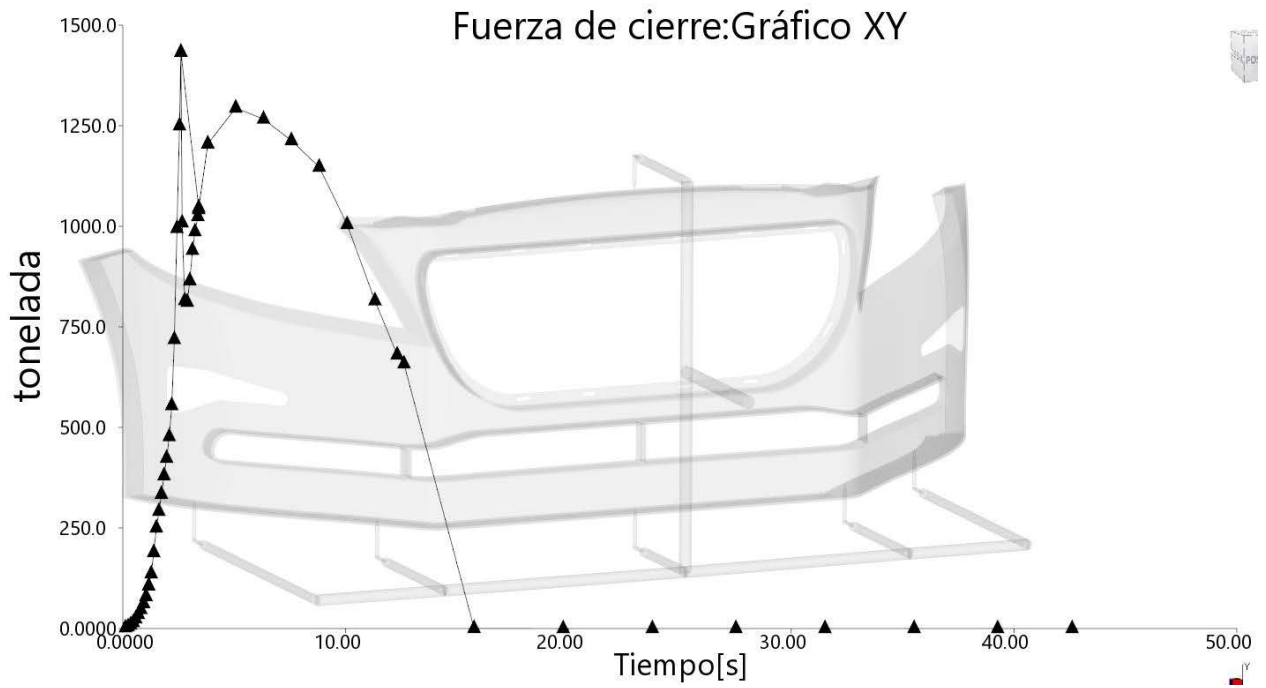


Fig 9.1.4.3 Fuerza de cierre 50%

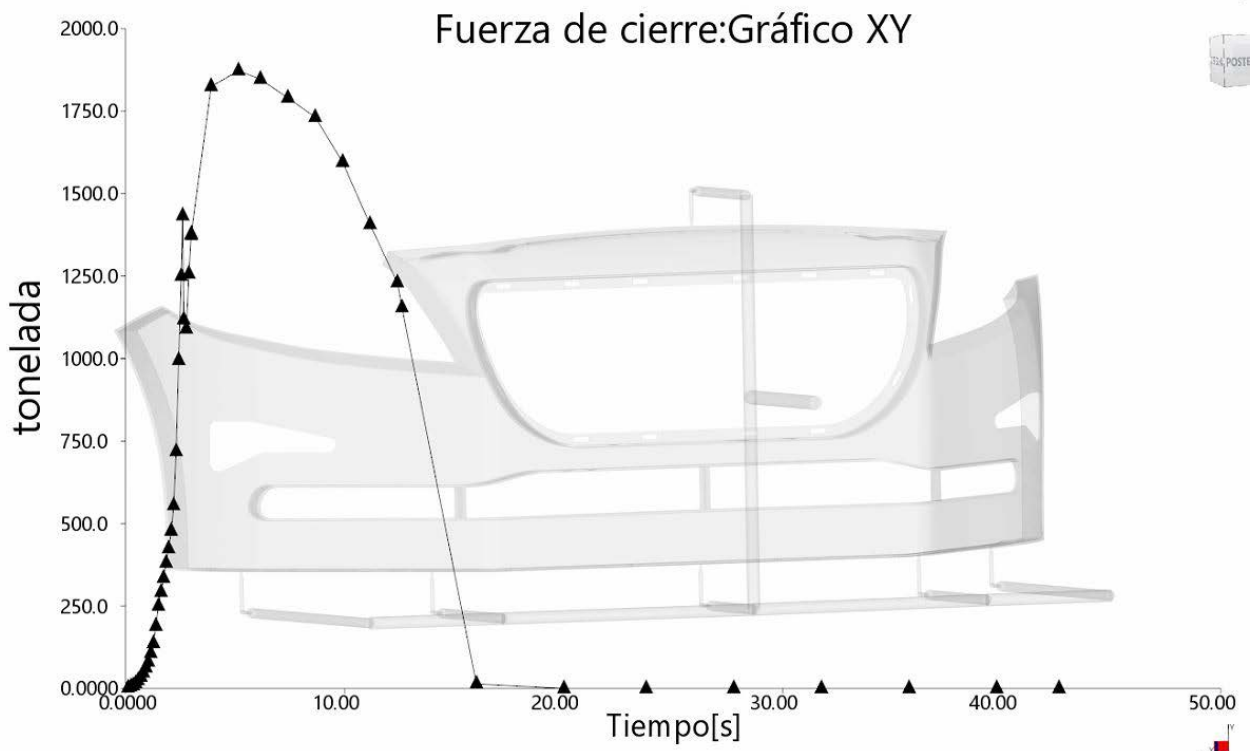


Fig 9.1.4.4 Fuerza de cierre 65%

Como se puede comprobar, al igual que en los análisis previos, la fuerza de cierre necesaria aumenta al incrementar la presión de compactación.

En el caso en el que se emplea una presión de compactación de 50%, se ve que la fuerza de cierre máxima se encuentra durante la primera fase de llenado. En cambio, cuando se emplea una presión de compactación mayor, la fuerza máxima requerida se encuentra en la fase de compactación.

PRESIÓN EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE LA PIEZA

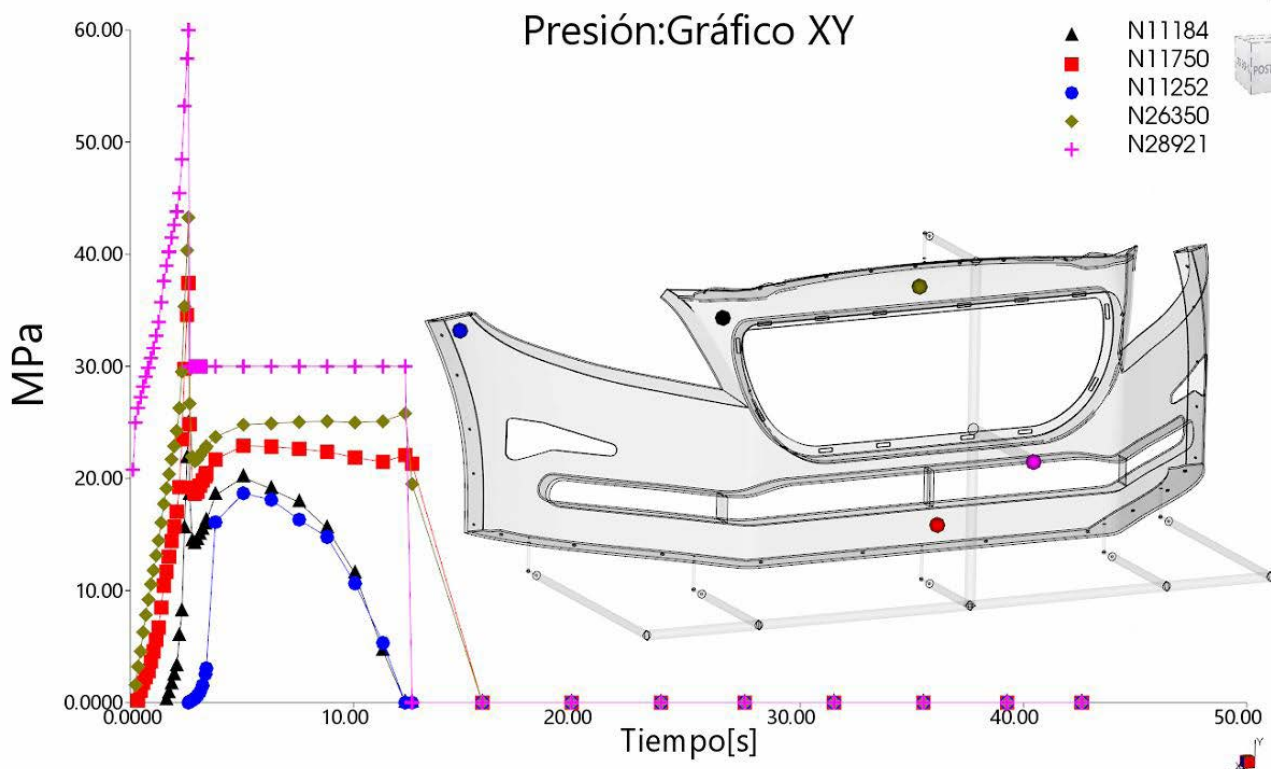


Fig 9.1.4.5 Presión a lo largo del proceso en distintos puntos de la pieza, compactación con 30 MPa

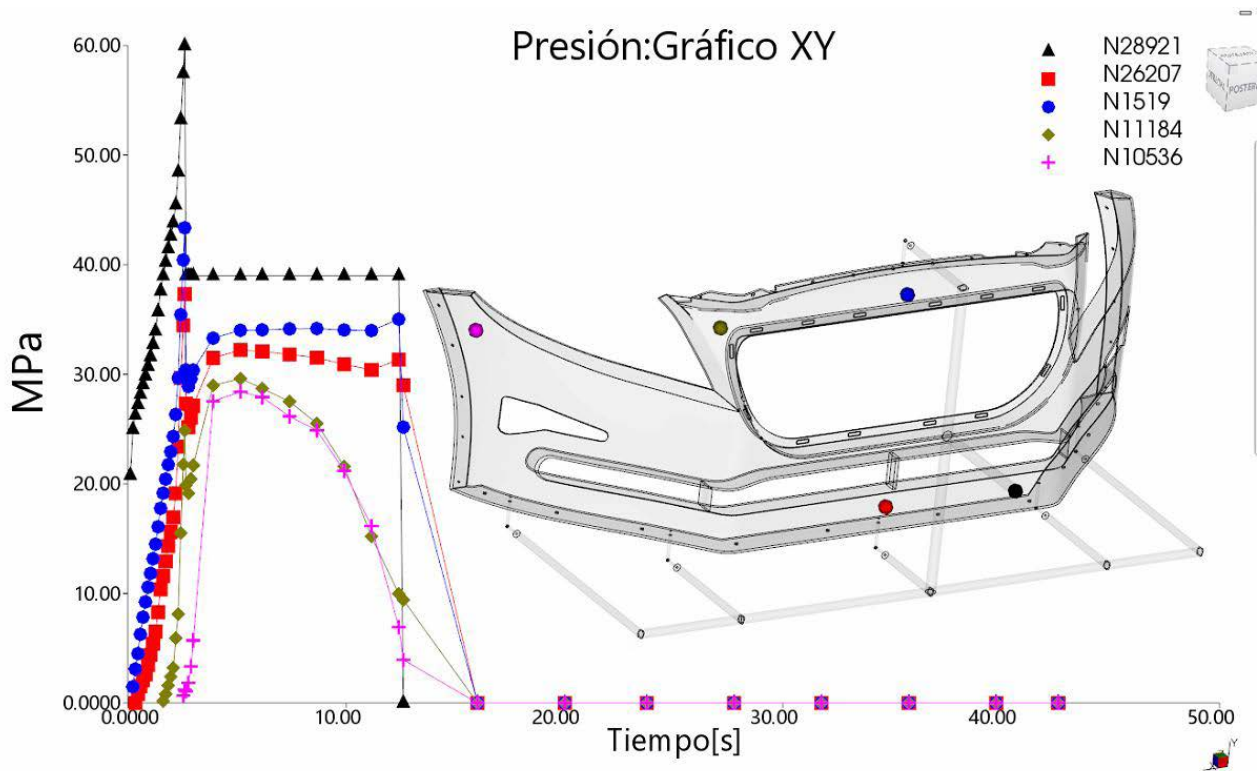


Fig 9.1.4.6 Presión en distintos puntos de la pieza a lo largo del proceso, compactación con 40 MPa

Se puede ver que la caída de presión tarda más en producirse en el caso de mayor presión de compactación.

DEFORMACIÓN DE LA PIEZA

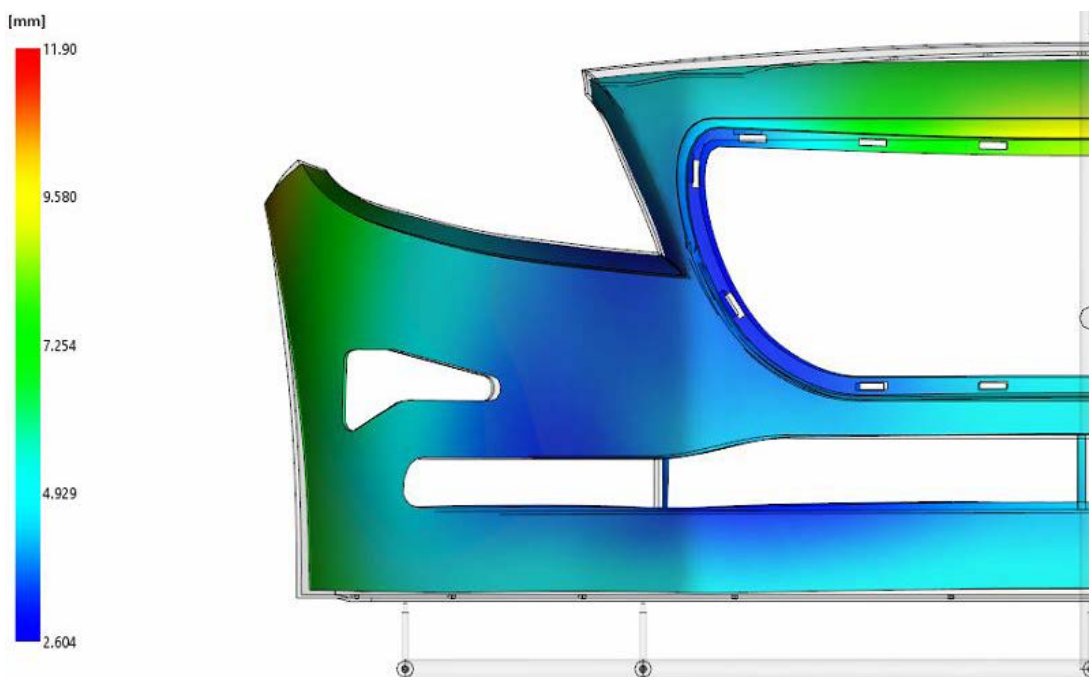


Fig 9.1.4.7 Deformación 50% con 30 MPa de compactación

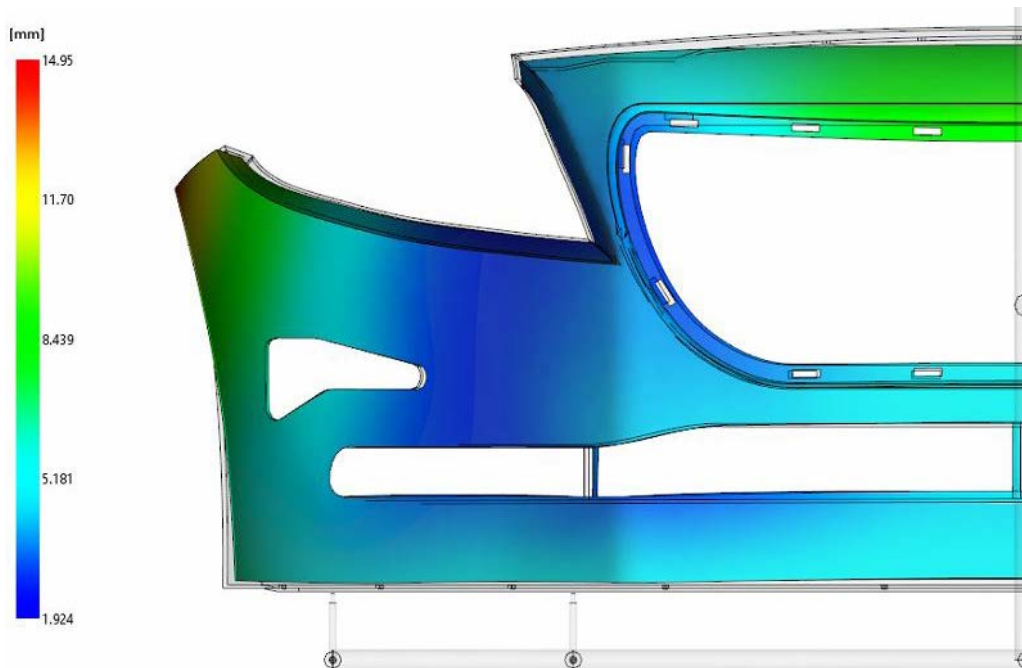


Fig 9.1.4.8 Deformación 65% con 40 MPa de presión de compactación

En estos gráficos (factor de escala: 3) se puede ver la tendencia de deformación que va a sufrir la pieza. Se puede observar una deformación hacia el interior en la parte superior y en las zonas inferiores, en cambio, en las zonas exteriores la pieza tiende a deformar hacia el exterior.

Además, la pieza con una presión de compactación más alta va a sufrir una deformación mayor, de 15 mm frente a los 12 mm que se obtiene con una menor presión.

9.2 INYECCIÓN SECUENCIAL

El sistema de inyección secuencial se emplea para eliminar o reubicar las líneas de soldadura en sitios poco críticos de la pieza. Esto se realiza mediante la programación de apertura y cierre de las diferentes compuertas durante la fase de llenado.

Empleando el sistema de coladas modelizado, se va a observar el proceso de llenado de la pieza para seleccionar las líneas de soldadura que se quieren modificar. Para examinar la forma de llenado se mantienen abiertas todas las compuertas durante el proceso completo.

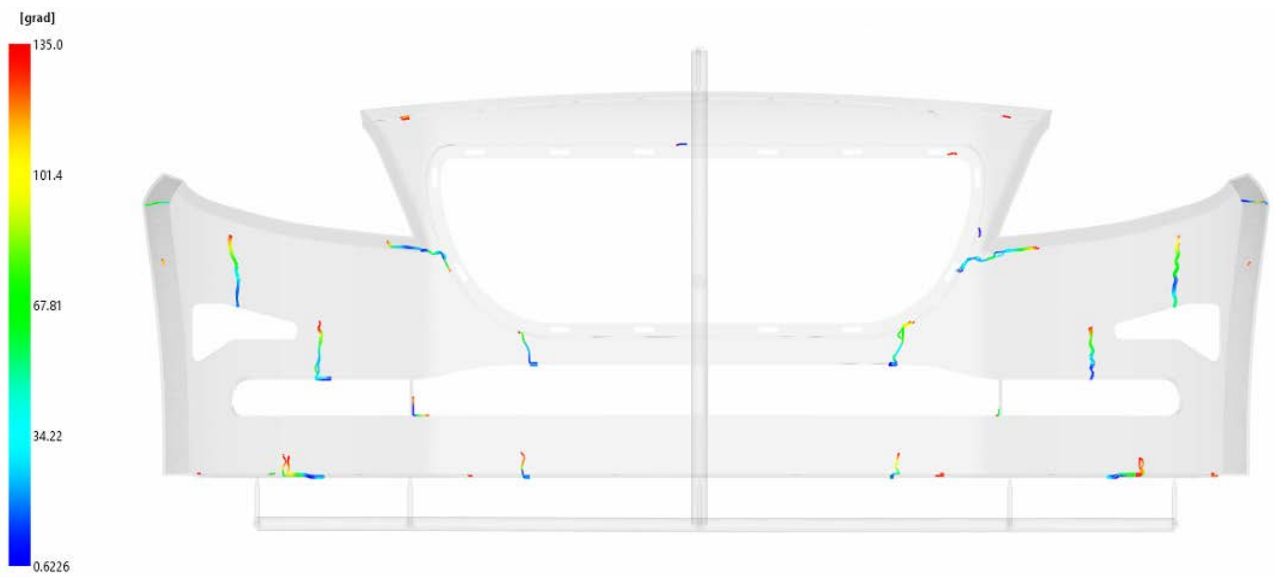


Fig 9.2.1 Líneas de soldadura. Todas abiertas a la vez

Como se puede observar, se crean unas líneas de soldadura en la parte inferior, una zona muy visible de la pieza. Estas podrían causar defectos estéticos y problemas estructurales de la pieza.

Por lo que se va a realizar la programación de las entradas para poder evitarlas. Se establecen los controladores en las compuertas de entrada. En un primer momento, las seis entradas están divididas en parejas, central, lateral y extremo.

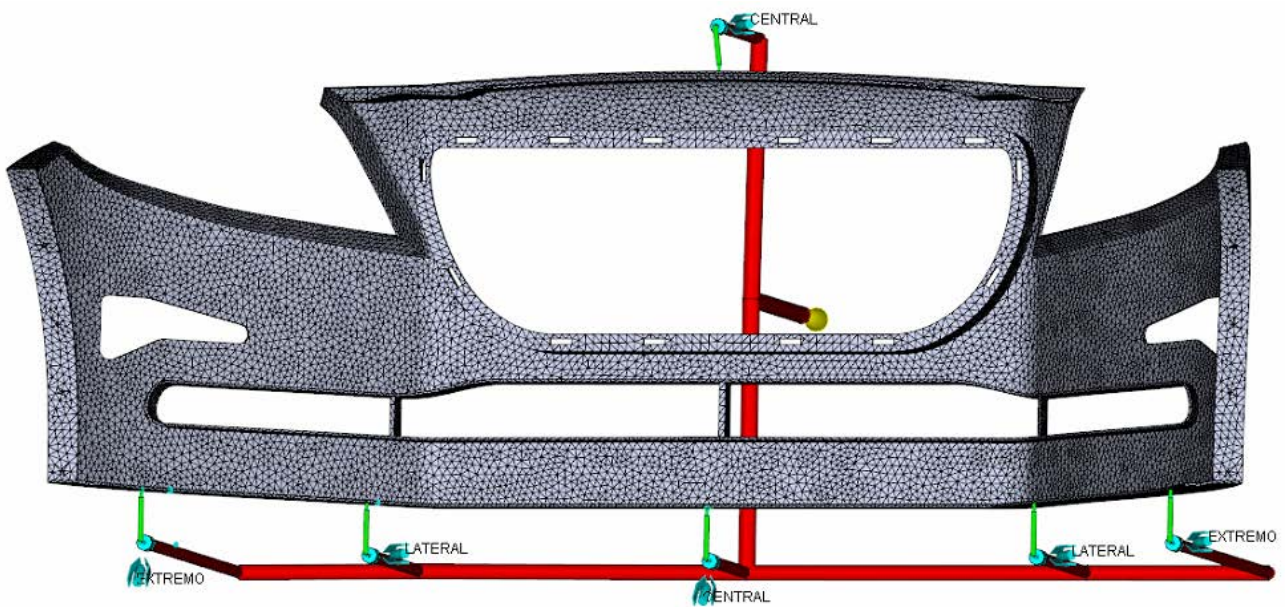


Fig 9.2.2 Controladores implementados

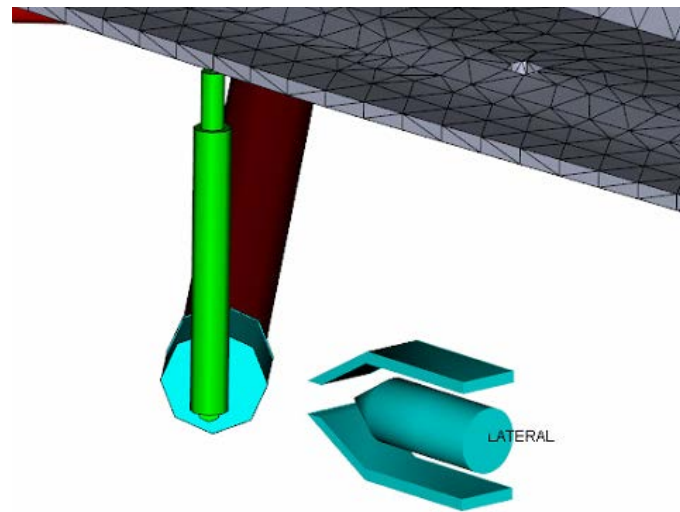


Fig 9.2.3 Detalle controlador lateral

Una vez establecidos los controladores, se debe analizar el instante en el que cada uno de los flujos de llenado sobrepasa la válvula posterior. Es decir, si se comienza el llenado por las válvulas centrales, se necesita conocer en qué instante se sobrepasan las válvulas laterales para evitar la confrontación de los flujos.

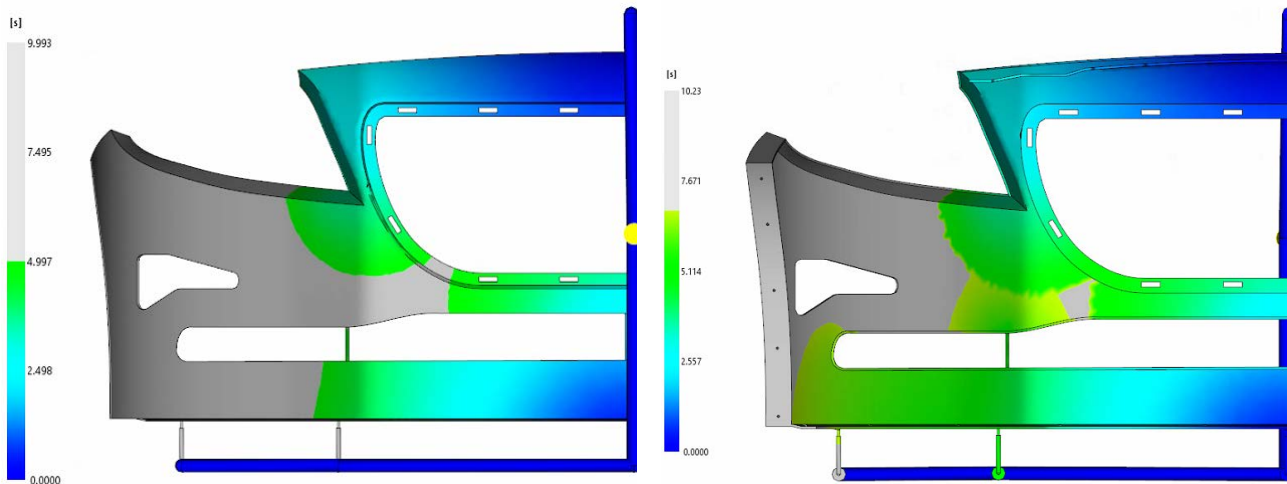


Fig 9.2.4 Llegada a Lateral y llegada a Extremo respectivamente

Para obtener el instante de llegada a las entradas laterales únicamente se realiza el proceso de llenado con las centrales abiertas. Por otro lado, para conocer el instante de llegada a las entradas del extremo se abren de manera programada la central y la lateral.

- **Instante de llegada a Lateral:** 5 seg.
- **Instante de llegada a Extremo:** 7 seg.

Después de haber obtenido los instantes mencionados anteriormente, se realiza el llenado de la pieza con la siguiente programación de los puntos.

	APERTURA	CIERRE
CENTRAL	0.0	6
LATERAL	5.2	7.5
EXTREMO	7	-

Fig 9.2.5 Tabla de programación de la entrada de válvulas

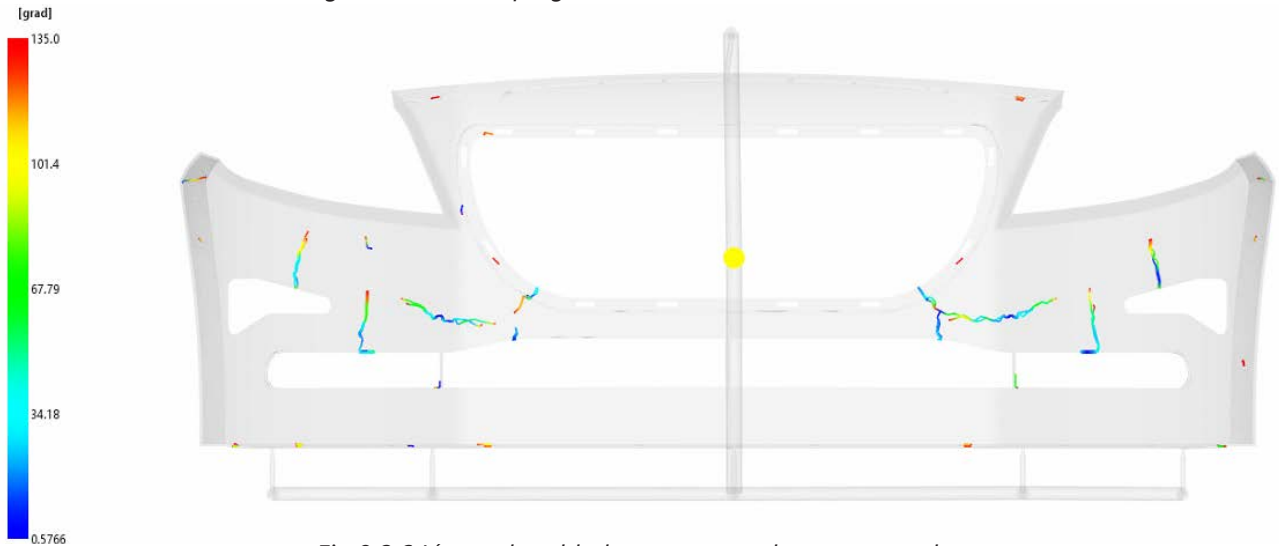


Fig 9.2.6 Líneas de soldadura con entradas programadas

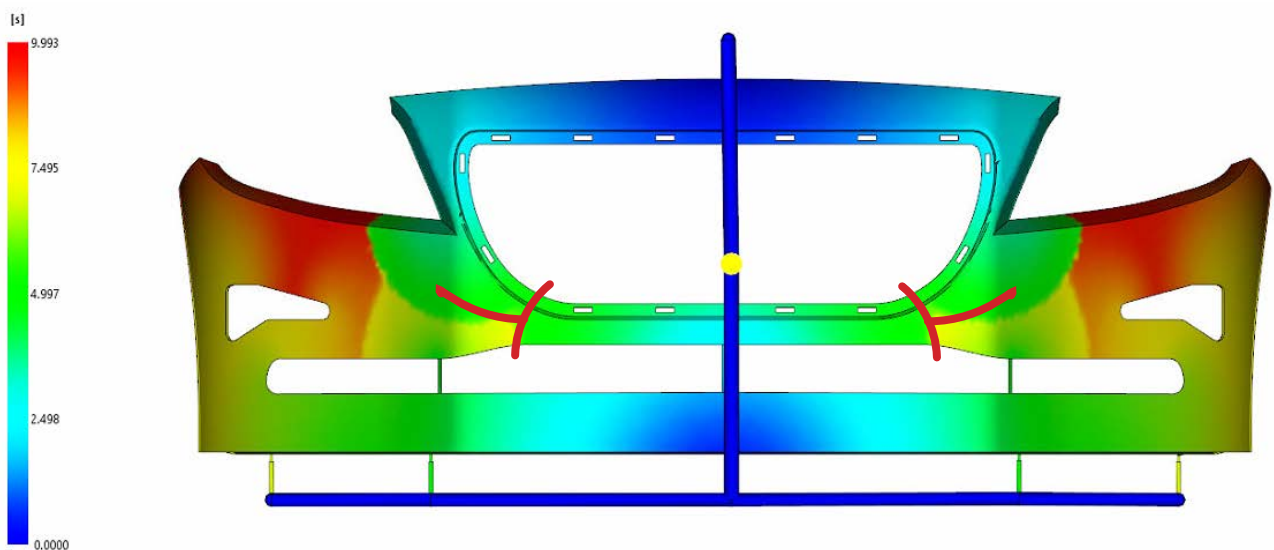


Fig 9.2.7 LLenado con entradas programadas

Como se puede comprobar, se ha corregido el defecto de líneas de soldadura que se producía en la zona inferior. Sin embargo, al modificar la forma de llenado, se ha producido un defecto mayor en la zona central. Dicho problema se causa debido a la confrontación de tres frentes de flujo (central inferior, lateral y central superior), lo que produce una "T", destacada en la figura 9.2.7.

Para solucionarlo, se plantea añadir una válvula de entrada. En este caso las válvulas centrales se abrirán independientes unas de otras.

Una vez añadida la nueva válvula de entrada (superior), se realiza de nuevo la programación de los instantes de apertura y cierre de cada una. Se hace notar en este punto la mayor complejidad del proceso de puesta a punto por la programación de las válvulas y su control, otro factor a considerar en el diseño y fabricación.

Entre los varios casos que se han simulado con diferentes tiempos, el escogido como mejor es el siguiente:

	APERTURA	CIERRE
CENTRAL	0.0	3.00
LATERAL	2.8	8
EXTREMO	5.00	-
SUPERIOR	7.50	-

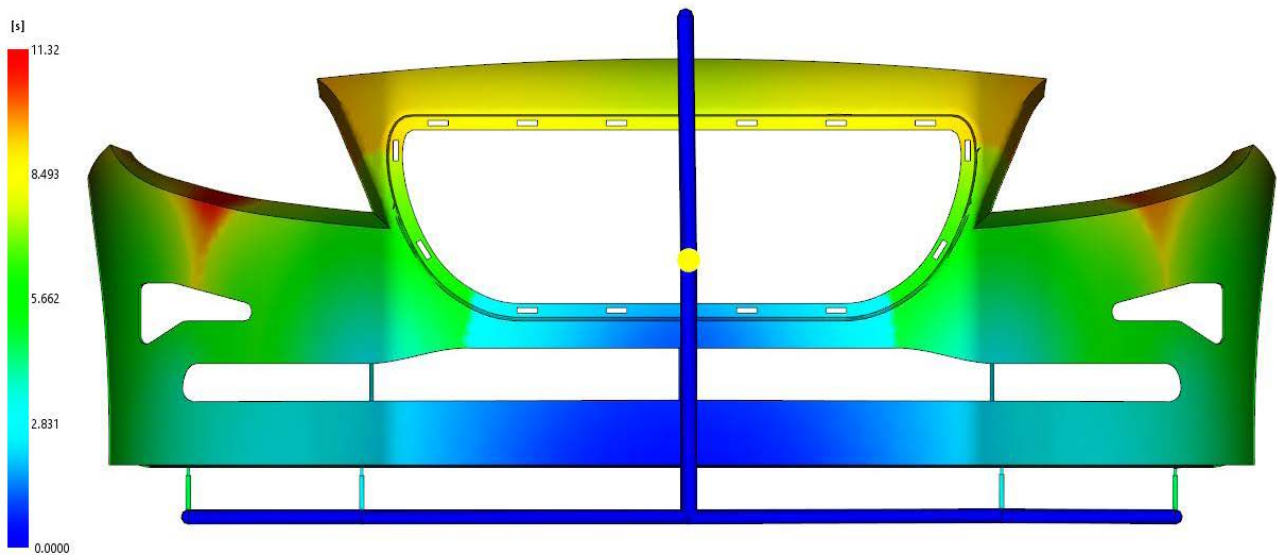


Fig 9.2.9 Llenado con cuatro entradas programadas

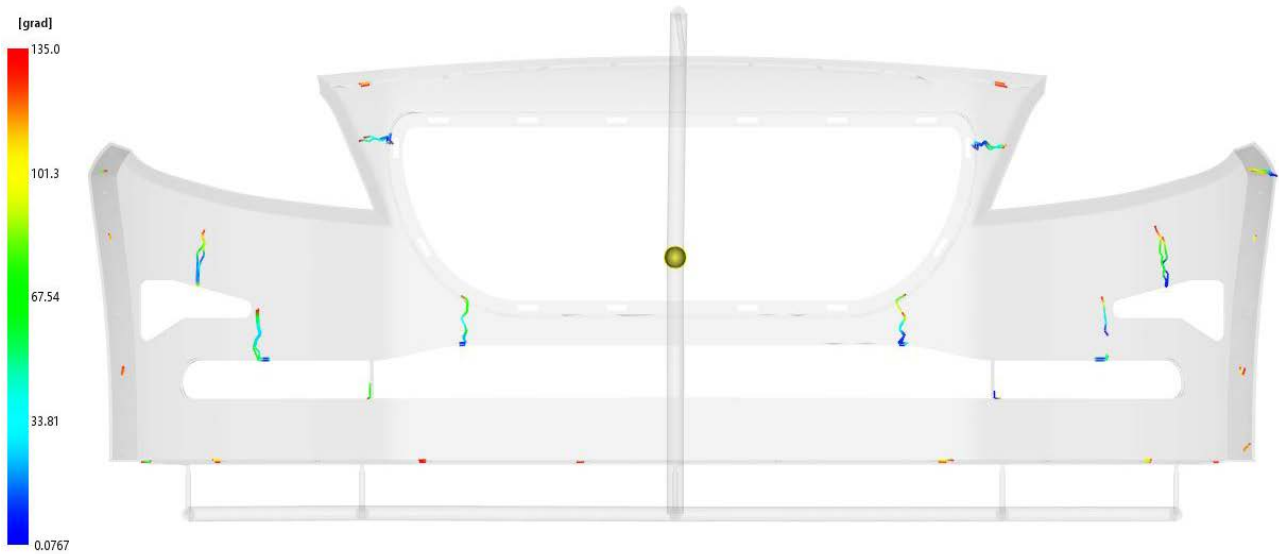


Fig 9.2.10 Líneas de soldadura con cuatro entradas programadas

Como se puede comprobar, se ha corregido el defecto que se producía en la zona central de la pieza. A consecuencia de esta nueva programación de las válvulas, las líneas de soldadura se han desplazado a las zonas laterales de la pieza y a zonas menos visibles en el frontal.

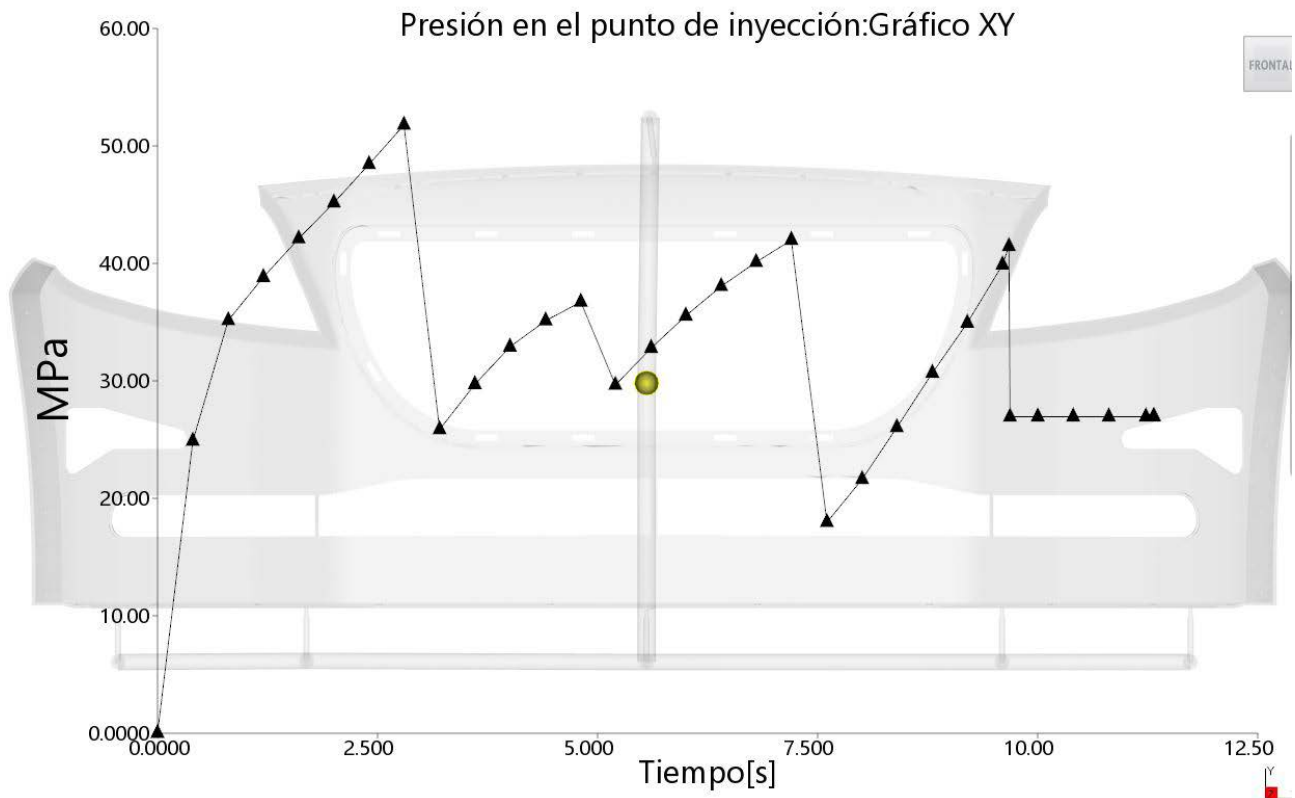


Fig 9.2.11 Presión con cuatro entradas programadas

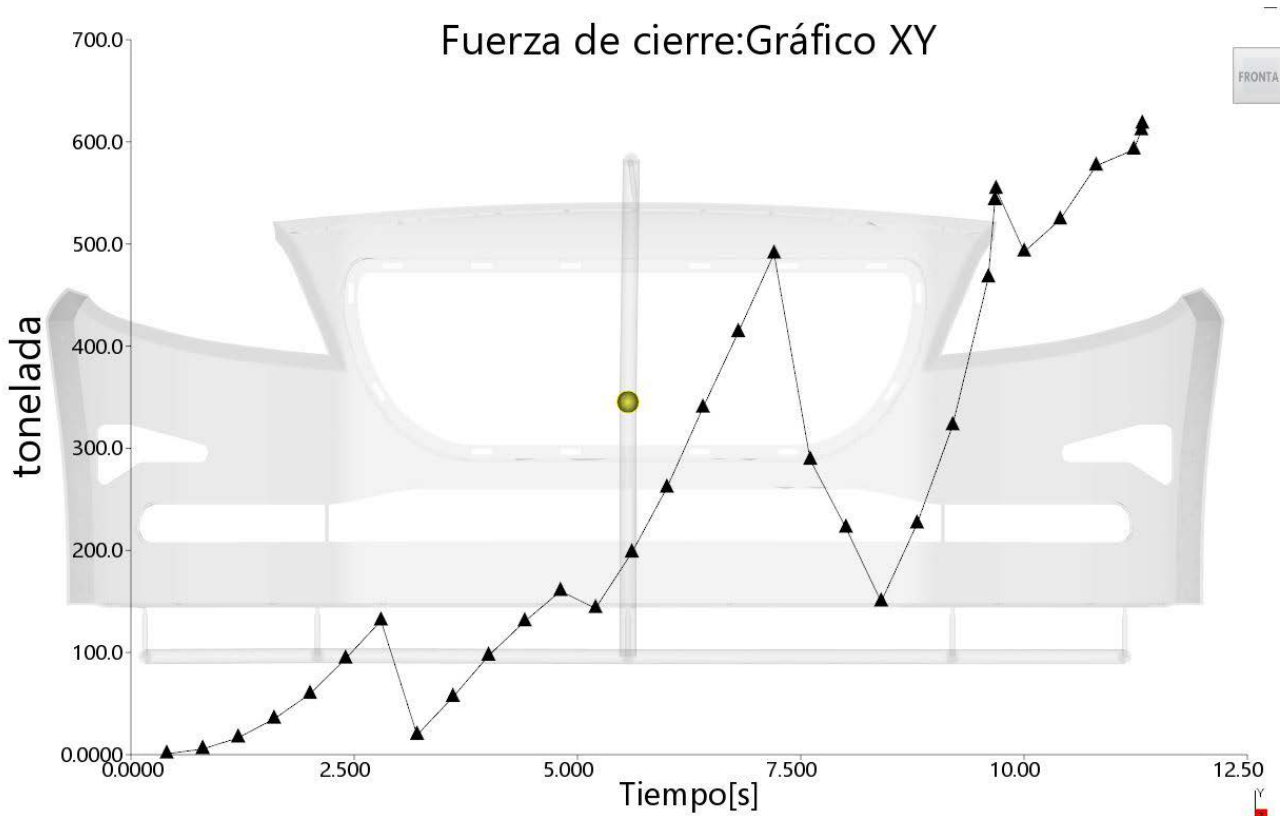


Fig 9.2.12 Fuerza de cierre con cuatro entradas programadas

Si se analiza la presión y la fuerza de cierre necesarias, se observa la típica gráfica con forma de diente de sierra. Este tipo de gráfica es muy común en las simulaciones de la inyección secuencial. Cada apertura de una válvula supone un "alivio" de la presión necesaria para el avance del flujo, que se manifiesta en el perfil en "diente de sierra" citado.

Cabe destacar que esta gráfica es mucho más exagerada que la que se podría llegar a obtener a través de un proceso de inyección real, donde intervendrían diversos factores que la suavizarían.

10. ESTIMACIÓN DE COSTES DE FABRICACIÓN

A continuación se va a realizar una estimación del coste por pieza. Cabe destacar que únicamente se va a tener en cuenta el coste del material, coste de maquinaria y coste del molde. Al precio obtenido habría que sumarle otras variables como costes de transporte, beneficios y coste de pintura.

Para esta estimación se van a realizar dos casos en función del número de piezas a producir.

Producción de serie limitada: 10000 piezas

Producción de serie estándar: 100000 piezas

Datos de Partida:

- *Coste del material (PP/Epdm):* 2€/Kg
- *Peso de la pieza:* 4.8 Kg
- *Fuerza de cierre necesaria:* 900 ton
- *Dimensiones generales de la pieza:* 1730x640x580 mm

10.1 ELECCIÓN DE LA MAQUINARIA

En la elección de la maquinaria para este tipo de piezas se deben comprobar dos parámetros fundamentales: fuerza de cierre y dimensiones de la máquina para alojar el molde.

Entre estos dos factores, el más limitante es el de las dimensiones de la máquina. Es necesario encontrar una máquina cuya distancia entre columnas y distancia entre placas permita el alojamiento del molde.

Por ello, el primer paso sería el de establecer unas medidas aproximadas del tamaño que podría llegar a ocupar el molde de la pieza. Para ello, se sitúa tanto la pieza como los canales dentro de una figura para estimar las dimensiones. Se deja un margen a cada lado de la pieza para estimar las dimensiones.

- Lado de inyección
- Lado de expulsión

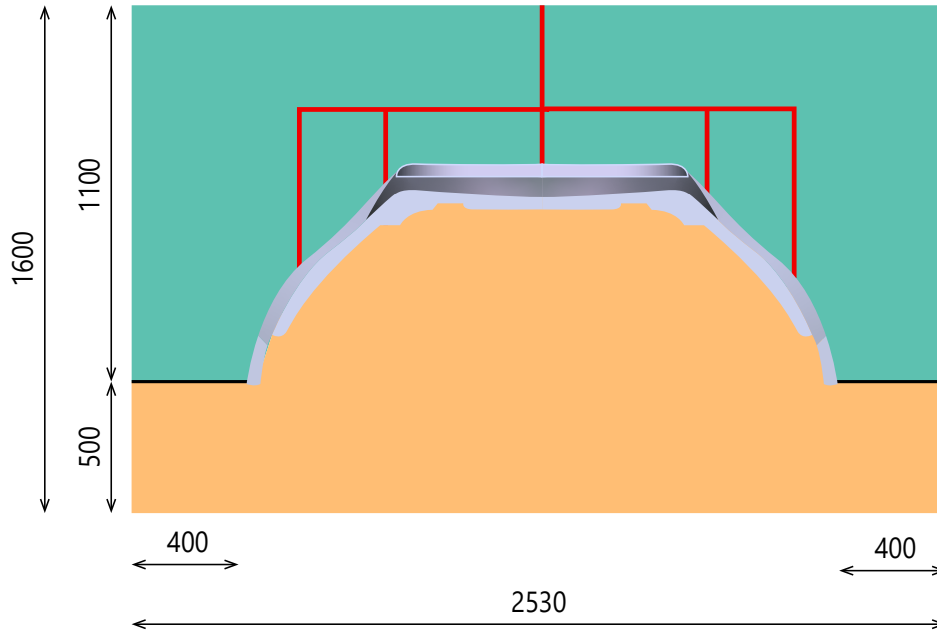


Fig 10.1. Esquema dimensiones del molde

A continuación, se seleccionan dos máquinas las cuales permitirían la inyección, tanto por fuerza de cierre como por dimensiones:

M KM 2300 / 25000 / 42000			M KM 2700 / 25000 / 42000			Serie		
KM 2300 M 23000 1600 192 181 2800 x 2400 2000 x 1600 1900 1100 - 1800 3700 350 *380/195			KM 2700 M 27000 2000 353 282 2970 x 2550 2100 x 1700 2000 1100 - 1900 3900 350 620/355			Máquina inyectora Unidad de cierre kN Fuerza de cierre kN Fuerza de abrir el molde kN Fuerza de traslación de la placa portamolde móvil abrir kN cerrar mm Tamaño de la placa portamolde (h x v) mm Diámetro interior entre las columnas (h x v) mm Recorrido máx. de apertura del molde mm Altura mín. de instalación del molde mm Anchura máx. de abertura/UA mm Expulsor hidráulico - carrera kN - fuerza		
SP 25000 25000 160 175 195 1960 1639 1320 12968 15514 19253 11670 13980 17325 1950 2333 2895 232 10 - 67/- 185 222 276 246			SP 42000 42000 185 205 220 2036 1658 1440 22310 27395 31560 20080 24655 28395 2634 3234 3725 290 10 - 61/- 252 310 351 377			Unidad de inyección Capacidad de trabajo Capacidad de trabajo con carrera de husillo 3D Diámetro del husillo mm Relación L/D bar Presión de inyección cm ³ Volumen máx. de carrera g Peso máx. de la pieza inyectada en PS cm ³ /s Capacidad de inyección standard cm ³ /s Capacidad de inyección aumentada (con depósito de presión como UA sólo para C2) kW Capacidad de accionamiento del husillo rpm Número de revoluciones del husillo - standard/UA Capacidad de plastificación para PS con el no. máx. de revoluciones del husillo - standard g/s - aumentado g/s Presión de apriete de la boquilla kN Equipo electrohidráulico kW Capacidad nominal del motor de la bomba kW Capacidad instalada de calentamiento Zonas regul. de la calefac. del cilindro del husillo 1/h Números de marcha en seco apr. ltr. Relleno de aceite Medidas y pesos apr. t Peso neto junto con el armario de distribución m Medidas de colocación (l x an x al)		
SP 25000 25000 160 175 195 1960 1639 1320 12968 15514 19253 11670 13980 17325 1950 2333 2895 232 10 - 67/- 185 222 276 246			SP 42000 42000 185 205 220 2036 1658 1440 22310 27395 31560 20080 24655 28395 2634 3234 3725 290 10 - 61/- 252 310 351 377					

Fig 10.1.2 Catálogo Kraus Maffei

Como se puede comprobar, ambas máquinas permitirían el proceso, tanto por fuerza de cierre como por dimensiones, por lo que la elección de una u otra quedaría en manos del cliente.

PRECIO DE LA MAQUINARIA

Cabe destacar, que para poder alquilar una máquina de estas dimensiones para uso particular, el precio a pagar sería mucho mayor que el que se va a dar a continuación. Esto es debido a que estas máquinas suelen estar alquiladas con años de antelación para determinados proyectos.

Una orientación del coste de la maquinaria como orden de magnitud utilizado en el sector:

1. **KM 2300. 150€/h**
2. **KM 2700. 170€/h**

10.2 TIEMPO DE CICLO

El tiempo de proceso necesario para inyectar la pieza es de, aproximadamente, **62 segundos**. (12 llenado + 10 compactación + 10 apertura y cierre con manipulación de robot + 30 enfriamiento)

$$3600/62 = 58$$

Esto se traduce en que se realizan una media de 58 piezas por hora.

$$\text{KM 2300. } 150 \text{ €/h} / 58 \text{ piezas/hora} = \mathbf{2.58\text{€/proceso}}$$

$$\text{KM 2700. } 170 \text{ €/h} / 58 \text{ piezas/hora} = \mathbf{2.93\text{€/proceso}}$$

10.3 PRECIO DEL MOLDE

Se realiza una estimación del precio que podría tener un molde para este tipo de piezas.

Precio medio estimado: **200000€**

El coste del molde por pieza fabricada sería:

$$200000/10000 = \mathbf{20\text{€/pieza}}$$
 para producción de serie limitada.

$$200000/100000 = \mathbf{2\text{€/pieza}}$$
 para producción de serie estándar.

ESTIMACIÓN COSTE DE LA PIEZA
= MATERIA PRIMA + PROCESO + MOLDE/pieza

PRODUCCIÓN SERIE LIMITADA

KM 2300. $2€ \times 4.8 \text{ kg} + 2.58€ + 20€ = \mathbf{32.18€}$

KM 2700. $2€ \times 4.8 \text{ kg} + 2.98€ + 20€ = \mathbf{32.58€}$

PRODUCCIÓN SERIE ESTÁNDAR

KM 2300. $2€ \times 4.8 \text{ kg} + 2.58€ + 2€ = \mathbf{14.18€}$

KM 2700. $2€ \times 4.8 \text{ kg} + 2.58€ + 2€ = \mathbf{14.58€}$

Como se ha comentado al comienzo de este apartado, a estos precios habría que añadirle otros costes como el de transporte o pintado, además de sumarle el porcentaje de beneficio que se quiera obtener. Por lo que la pieza aumentaría en gran medida su coste.

11. CONCLUSIONES

Durante este proyecto se da una visión a nivel global de las fases que se deben seguir para la realización de una pieza de automoción, en este caso la piel de un parachoques.

A continuación, se van a comentar las conclusiones obtenidas después de realizar este trabajo. Estas conclusiones se van a dividir según las más destacables del proyecto.

11.1 FASE DE CREACIÓN DE CONCEPTO

Está claro que, dentro del sector de la automoción, existen una gran variedad de bocetos con ideas disparatadas y originales. Sin embargo, en muchos de los casos, únicamente se ha pensado en su estética y no en la parte técnica posterior, es decir, en las limitaciones de los procesos de fabricación.

Según la experiencia adquirida en este proyecto, es mejor definir una idea clara y desarrollarla pensando en los procesos de fabricación posteriores. De esta forma, no se encuentran sorpresas inesperadas que puedan ocasionar retrasos en la concepción de las piezas.

11.2 FASE DE MODELADO

Sin ninguna duda, una dificultad muy destacable de este proyecto se encontraba en esta fase debido a las características de la pieza. A pesar de la dificultad encontrada, ha resultado de gran valor educativo.

En esta fase se han adquirido conocimientos más avanzados acerca de una técnica muy utilizada en este tipo de piezas, el modelado por superficies. Además, ha permitido generar una visión diferente de cómo organizar un proyecto de modelado, identificando las diferentes partes de la pieza y analizando qué pasos se iban a llevar a cabo para lograr la forma deseada.

Cabe destacar que, durante esta fase, se han tenido que realizar modificaciones que han afectado a la idea de diseño inicial pero que eran necesarias para los desarrollos de las fases posteriores del proyecto.

Además, aunque no estuviese dentro del alcance de este proyecto, se han modelado elementos adicionales, como las rejillas o el logotipo de Volvo, de esta forma la pieza final tendrá una mayor calidad visual. Para su modelado, se han utilizado técnicas similares a la de la piel del parachoques.

11.3 FASE DE SIMULACIÓN DE INYECCIÓN

Esta fase ha servido para conocer con mayor detalle el proceso de inyección y comprender cómo influyen los diferentes parámetros durante el proceso con el objetivo de crear un producto lo más adecuado posible.

Mediante el análisis de ambos métodos de inyección, convencional y secuencial, se ha comprobado la dificultad de realizar una pieza de plástico para un sector como el de la automoción.

El proceso para encontrar un método efectivo y óptimo para la inyección de este tipo de piezas no se consigue en un corto periodo de tiempo, sino que es necesario realizar un gran número de estudios y análisis para lograrlo.

Gracias a este proyecto, se ha profundizado en las grandes ventajas que tiene la inyección secuencial frente a la convencional. A su vez, se ha entendido que no tiene porqué ser siempre la más efectiva, ya que entran en juego numerosos factores para la elección como el número de piezas a fabricar, maquinaria disponible, costes o diseño del molde.

11.4 FASE DE ESTIMACIÓN DE COSTE DE FABRICACIÓN

Por último, se ha elaborado una estimación del coste de fabricación de la pieza teniendo en cuenta el coste de la materia prima, del proceso de fabricación y del molde. Cabe destacar que, como ya se ha comentado en anterioridad, para la obtención del coste de fabricación real de una pieza de automoción, es necesario conocer un gran número de factores que afectan en gran medida al precio final como el transporte, pintado/cromado o los beneficios.

Gracias a esta fase, se han adquirido habilidades para la selección de una máquina de inyección en función de las dimensiones de la pieza con su sistema de colada y fuerza necesaria para la inyección.

12. OTROS ELEMENTOS A CONSIDERAR PARA LA FABRICACIÓN DE UN PARACHOQUES

Como se ha comentado con anterioridad, un parachoques no se confecciona en un corto periodo de tiempo debido a los numerosos factores que afectan directamente sobre él.

A continuación, se van a enumerar algunos pasos que se podrían llevar a cabo para continuar con un proyecto de tales dimensiones.

ESTUDIO DE NUEVAS FORMAS DE INYECCIÓN

Existen numerosas formas de inyección de piezas para automoción, por lo que sería conveniente seguir estudiando formas y configuraciones de inyección, cómo sería la variación de diferentes parámetros o cambios en la ubicación de los puntos de inyección.

Todo esto se desarrolla con el objetivo de encontrar una configuración que permita obtener una pieza de bajo coste de fabricación y buenas características estructurales, por ejemplo, mediante nuevos análisis de deformaciones por alabeo.

DESARROLLO DE ELEMENTOS ADICIONALES

Para conseguir una concepción total de un parachoques, hay que tener en cuenta los diferentes elementos que forman el conjunto y desarrollar cada uno de ellos en su totalidad.

Uno de los ejemplos más claros es el caso de las rejillas, donde se podrían realizar diferentes estudios de resistencia, estudiando forma y espesores. Por otro lado, se podrían estudiar los diferentes procesos de fabricación de este tipo de piezas y realizar un estudio de materiales.

INCORPORACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Al igual que ya existen numerosas tecnologías, como ayuda de aparcamiento o sensor de proximidad, se podrían estudiar nuevas tecnologías que se pudiesen incorporar en este tipo de piezas con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario mientras conduce.

13. RENDERS



Fig 13.1.1 Vistas generales parachoques

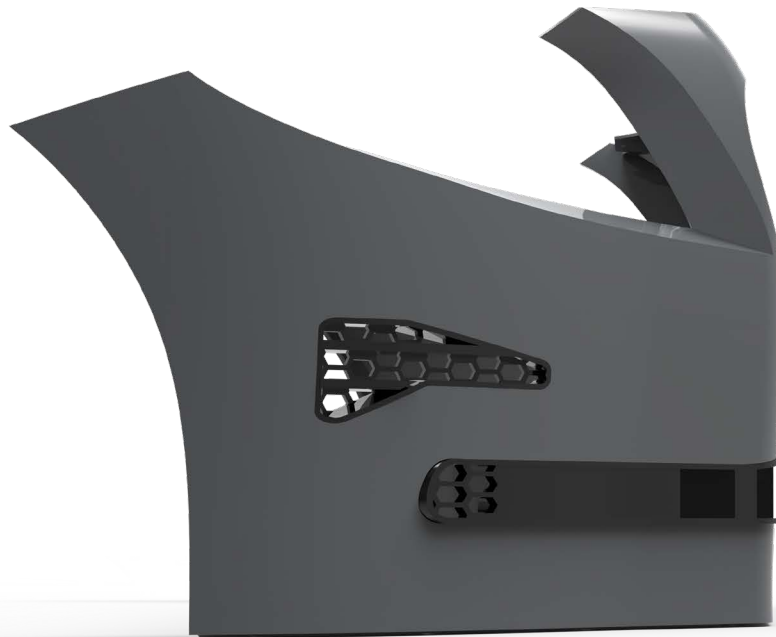
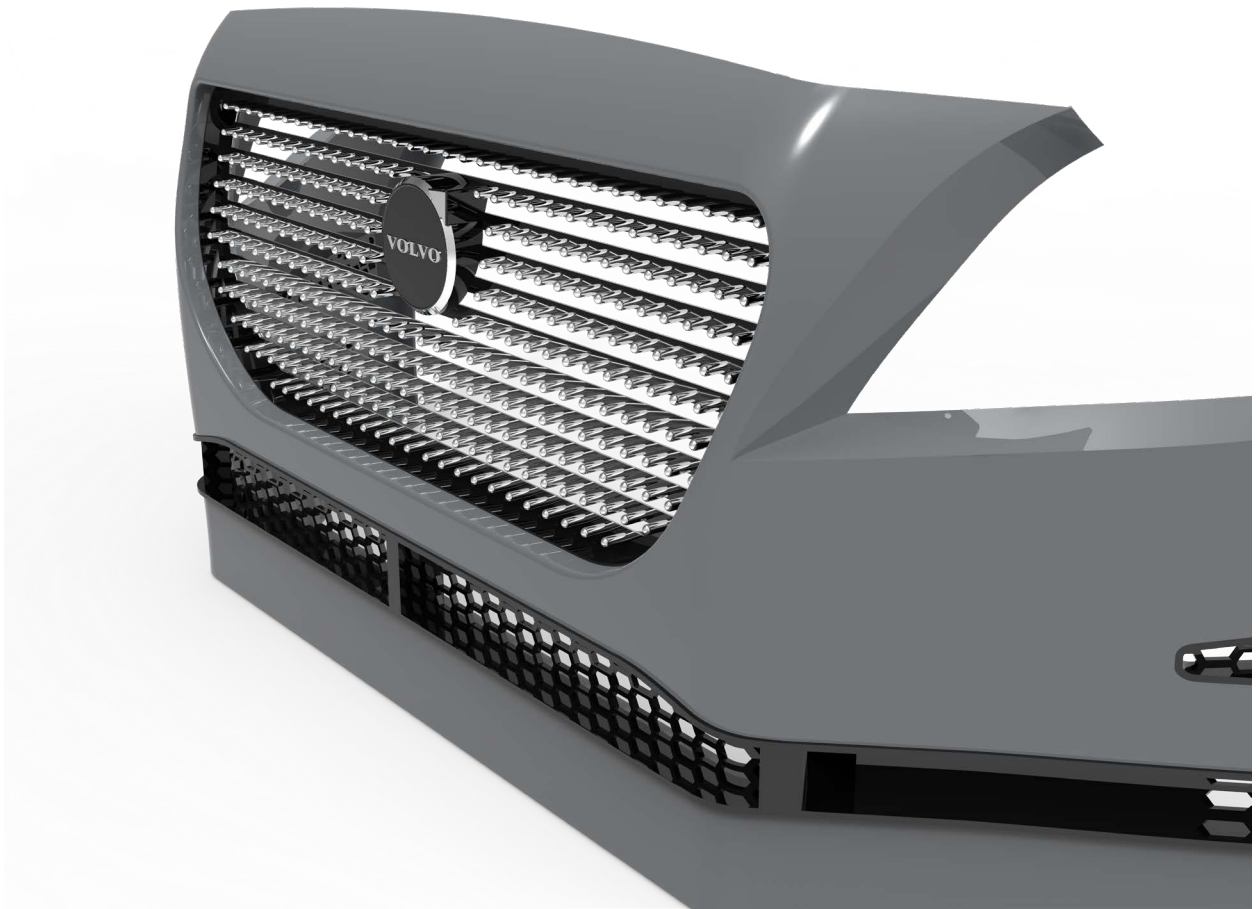


Fig 13.1.2 Vistas generales parachoques

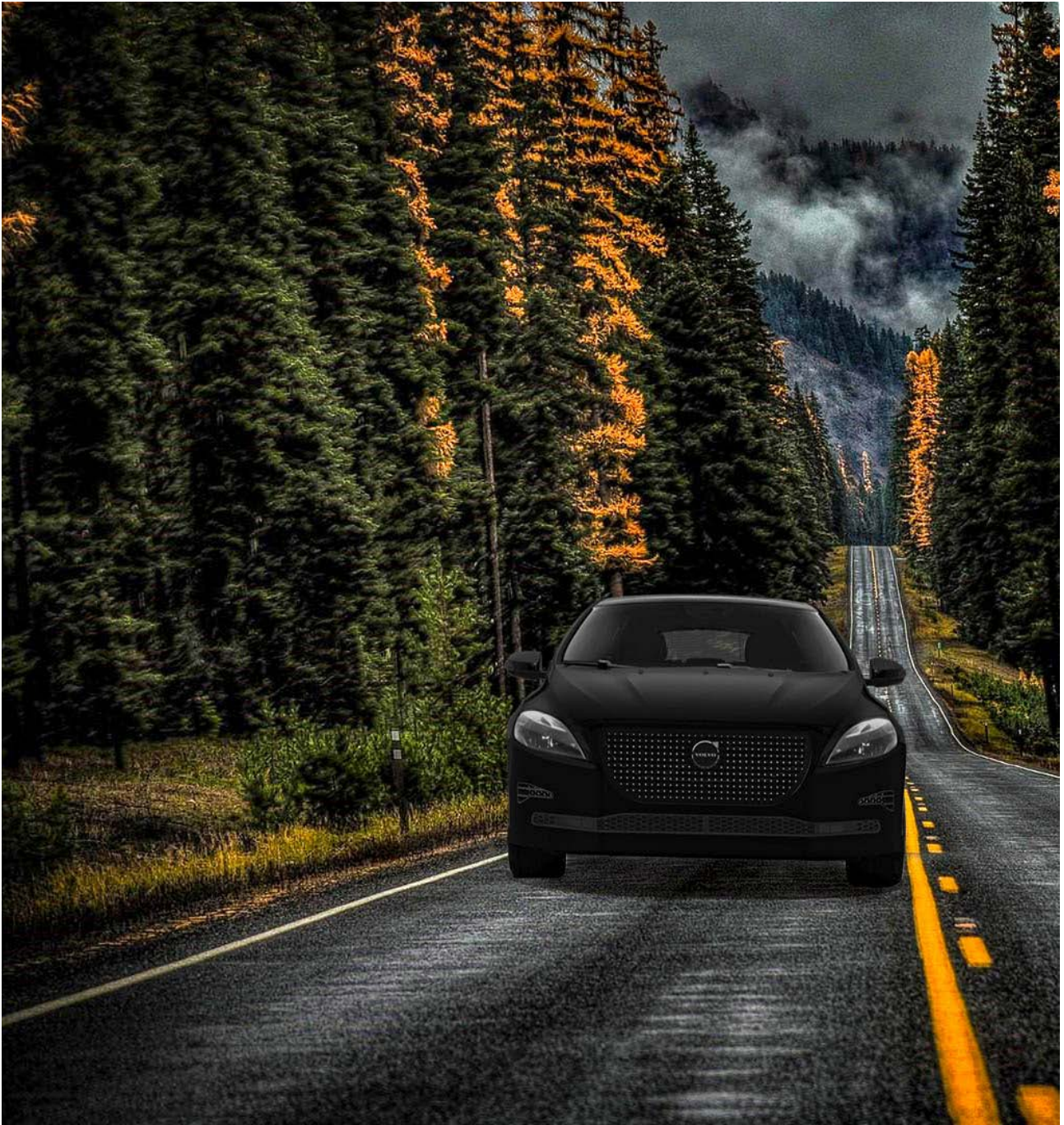
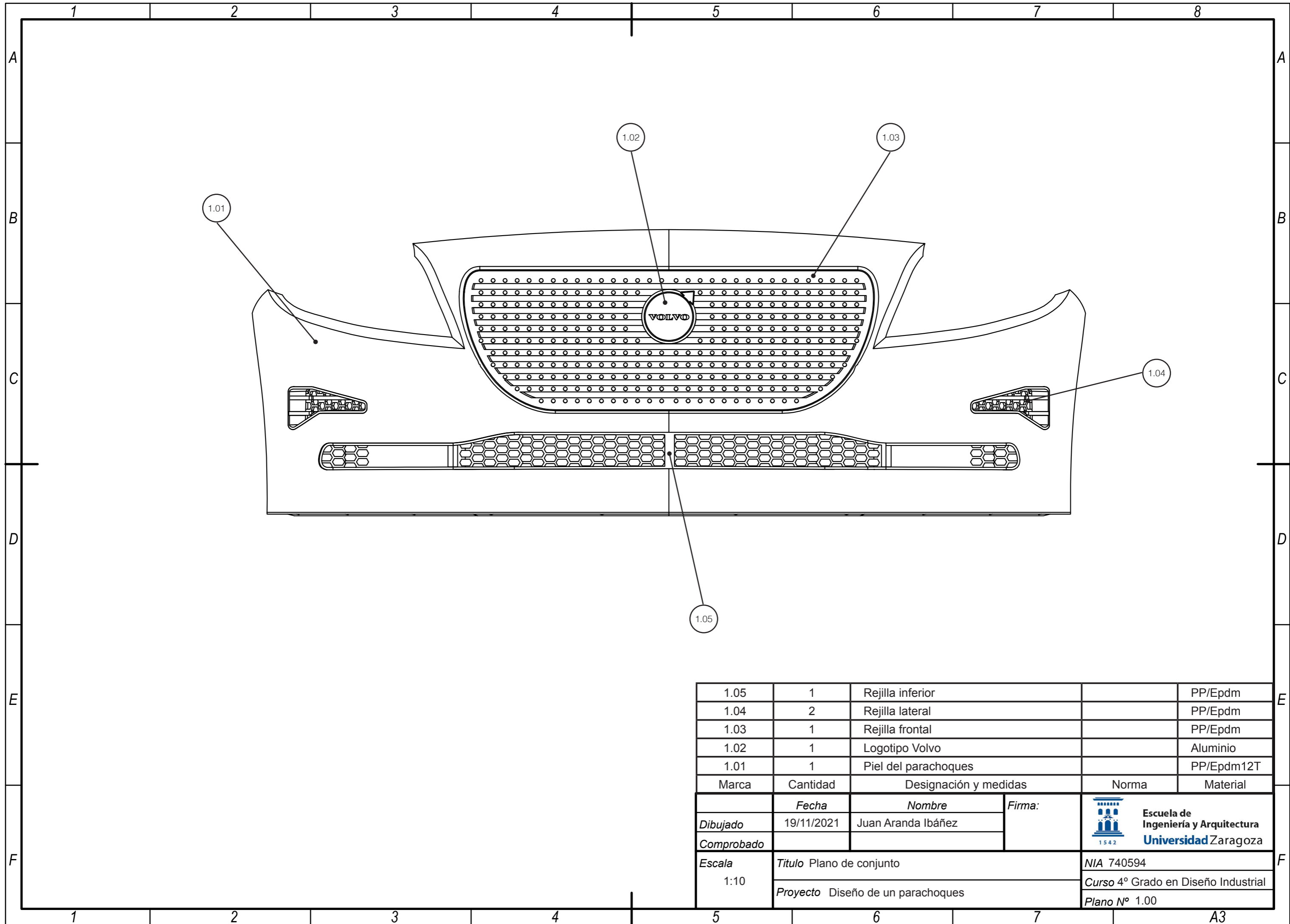



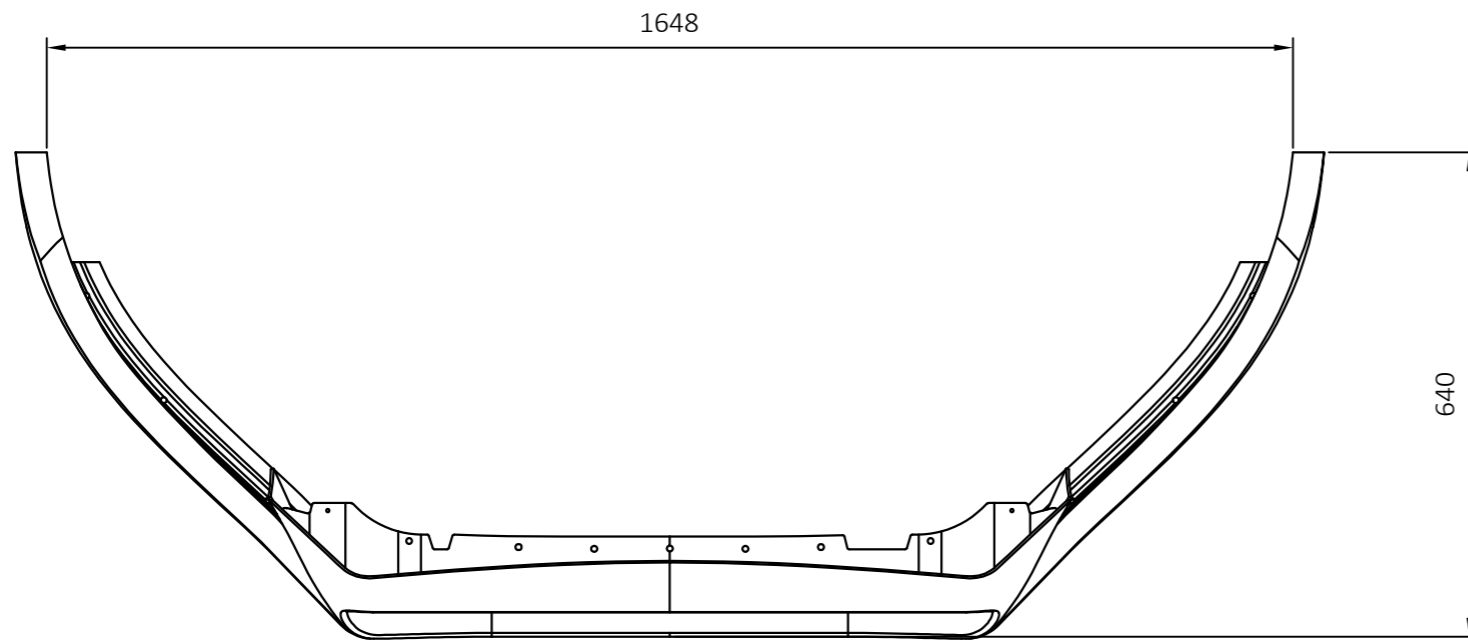
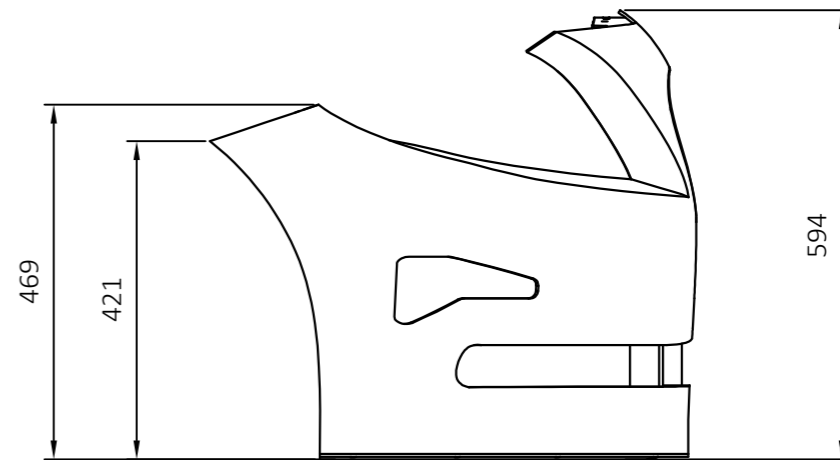
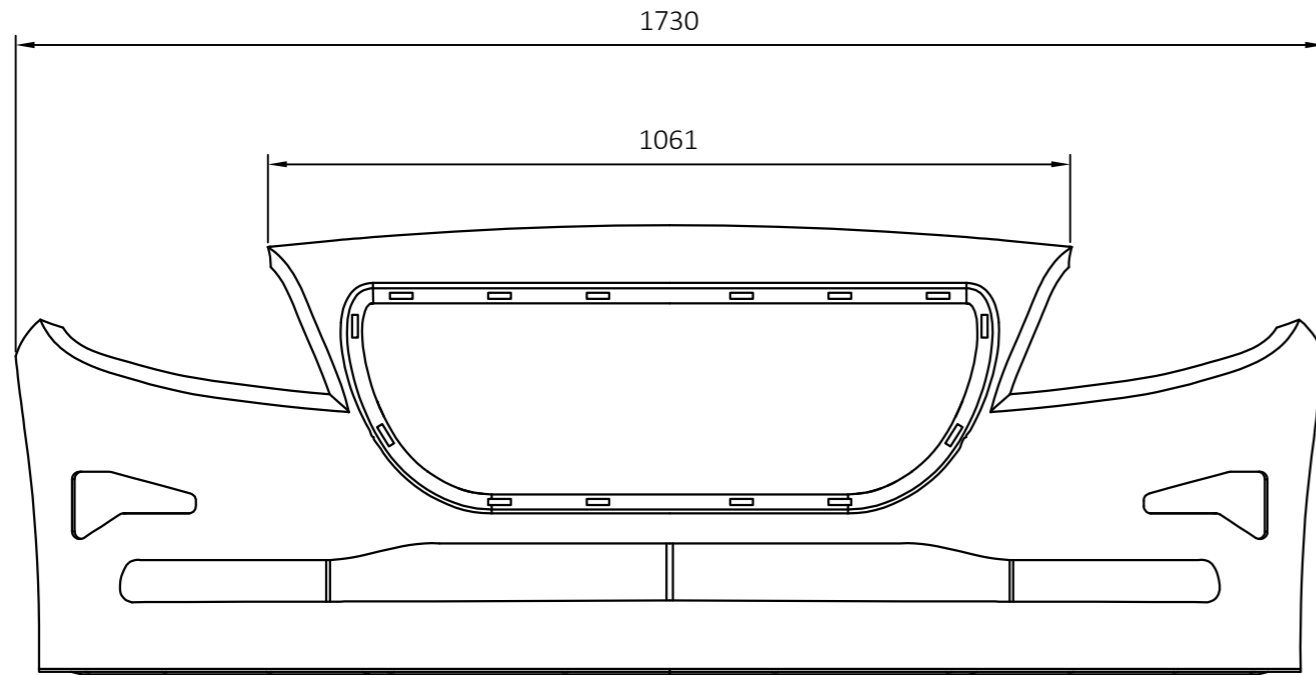
Fig 13.1.3 Render en entorno

14. PLANOS


A continuación, se muestran unos planos generales, con las cotas principales de la pieza diseñada.



1.05	1	Rejilla inferior		PP/Epdm
1.04	2	Rejilla lateral		PP/Epdm
1.03	1	Rejilla frontal		PP/Epdm
1.02	1	Logotipo Volvo		Aluminio
1.01	1	Piel del parachoques		PP/Epdm12T
Marca	Cantidad	Designación y medidas	Norma	Material
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	19/11/2021	Juan Aranda Ibáñez		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i> Plano de conjunto		NIA 740594	
1:10	<i>Proyecto</i> Diseño de un parachoques		Curso 4º Grado en Diseño Industrial	
			Plano Nº 1.00	



Notas:
Espesor general de la pieza 3.5 mm

1.01	1	Piel del parachoques		Norma	PP/Epdm12T
Marca	Cantidad	Designación y medidas		Norma	Material
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
<i>Dibujado</i>	19/11/2021	Juan Aranda Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala</i>	<i>Título</i> Piel del paragolpes			NIA 740594	
1:10	<i>Proyecto</i> Diseño de un parachoques			Curso 4º Grado en Diseño Industrial	
				Plano Nº 1.01	

REFERENCIAS

TEXTOS

- [1] <https://grupocarman.com/blog/2015/10/01/evolucion-en-el-diseno-de-la-automocion/>
FECHA DE CONSULTA: 16/08/2021
- [2] <https://www.bmw.com/es/performance/fibra-de-carbono-para-coches.html>
FECHA DE CONSULTA: 18/08/2021
- [3] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.4 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [22 de febrero de 2021]
FECHA DE CONSULTA: 19/09/2021
- [4] <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/disene-piezas-moldeadas-mas-resistentes/>
FECHA DE CONSULTA: 23/09/2021
- [5] <http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>
FECHA DE CONSULTA: 27/09/2021
- [6] <https://blog.reparacion-vehiculos.es/breve-repaso-historia-del-paragolpes>
FECHA DE CONSULTA: 29/09/2021
- [7] <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10853-015-9668-7.pdf>
FECHA DE CONSULTA: 29/10/2021
- [8] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pen.20673>
FECHA DE CONSULTA: 30/10/2021

IMÁGENES

- [F1] <https://www.automotores-rev.com/destaca-ford-informacion-historica-de-su-modelo-mustang/>
FECHA DE CONSULTA: 16/08/2021
- [F2] <https://www.caranddriver.com/es/estilo-de-vida/a29676552/ferrari-f40-restauracion/>
FECHA DE CONSULTA: 17/08/2021

- [F3] https://www.taringa.net/+autos_motos/tuning-nacional-de-los-60-y-70_13dvlh
FECHA DE CONSULTA: 26/08/2021
- [F4] <http://inyeccion-eficiente-de-plasticos.blogspot.com/2013/01/defectos-en-piezas-inyectadas-y-su.html>
FECHA DE CONSULTA: 28/08/2021
- [F5] <https://plasticossanchez.com/index.php/servicios-plasticos/inyeccion/>
FECHA DE CONSULTA: 29/08/2021
- [F6] <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/32018-Nuevo-sistema-de-inyeccion-para-el-moldeo-de-piezas-de-grandes-dimensiones.html>
FECHA DE CONSULTA: 01/09/2021
- [F7] <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/disene-piezas-moldeadas-mas-resistentes/>
FECHA DE CONSULTA: 04/09/2021
- [F8] <http://www.inpenor.com/2014/02/28/la-evolucion-del-paragolpes/>
FECHA DE CONSULTA: 05/09/2021
- [F9] <https://sites.google.com/site/volkswagenpoloventas/>
FECHA DE CONSULTA: 05/09/2021
- [F10] https://www.lavozdegalicia.es/noticia/extravozon/2020/06/28/frontal-espectacular/003_202006ST28P5991.htm
FECHA DE CONSULTA: 08/09/2021
- [F11] <https://www.mundodelmotor.net/parachoques-de-plastico/>
FECHA DE CONSULTA: 18/10/2021
- [F12] <https://www.ebay.es/p/648388371>
FECHA DE CONSULTA: 19/10/2021
- [F13] <https://maxtondesign.com/product-eng-8661-FRONT-SPLITTER-Volvo-V40-R-design.html>
FECHA DE CONSULTA: 20/10/2021
- [F14] https://es.wikipedia.org/wiki/Acrilonitrilo_butadieno_estireno
FECHA DE CONSULTA: 22/10/2021

[F15] <https://pdfcoffee.com/handbook-of-polypropylene-and-polypropylene-composites-revised-and-expanded-plastics-engineering-1-pdf-free.html>
FECHA DE CONSULTA: 27/10/2021

OTRAS REFERENCIAS

- F.J. Castany, A. Martinez, F. Serraller. *“Diseño y desarrollo de componentes plásticos inyectados (I): el material”*
Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2012.
- F.J. Castany, A. Martinez, F. Serraller. *“Diseño y desarrollo de componentes plásticos inyectados (II): la pieza”*
Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2014.
- Anónimo. (2007). Materias primas renovadas para automoción. *Plast21*, N°163, 37-48.
- Harutun G. Karian. *“Handbook of polypropylene and polypropylene composites, second edition, revised and expanded”*
Marcel Dekker, Inc. 2003
- Jorge Aisa, Javier Castany. *“Dimensional Study of Thermoplastic Parts Made Using Sequential Injection Molding”*. 2009.