

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DEL PUNTO-H EN EL DISEÑO DEL ASIENTO TRASERO DE UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL

DOCUMENTO 3 - ANEXOS

Alumno/Alumna: Herrera de Arteche, Ane

Director/Directora: Corral Saiz, Javier

Curso: 2018-2019

Fecha: Bilbao, 18, Junio, 2019

ÍNDICE: ANEXOS

Lista de tablas e ilustraciones	iii
ANEXO 1	4
Punto-SR: Concepto	4
Punto-H: Concepto.....	5
ANEXO 2	6
SAE J826 Maniquí con Punto-H.....	6
ANEXO 3	9
Modelo de material hiperelástico en <i>ANSYS Workbench</i>	9
ANEXO 4	11
Análisis de sensibilidad de la malla en <i>ANSYS Workbench</i>	11
ANEXO 5	13
Partes físicas del asiento trasero de un modelo determinado de automóvil	13

Lista de tablas e ilustraciones

Tabla 1. Medidas del SAE J826 Maniquí con Punto-H.....	7
Imagen 1. Influencia del punto-SR en el diseño de un vehículo automóvil	4
Imagen 3. Dimensiones principales del interior de la cabina de un vehículo automóvil definidas por la SAE J1100.....	5
Imagen 4. Resultado inadmisibles de las mediciones del punto-H en el asiento trasero en las tres posiciones posibles del pasajero	5
Imagen 5. Descripción de las partes del Maniquí con punto-H SAE J826	6
Imagen 6. Patrón del SAE J826 Maniquí con Punto-H.....	7
Imagen 7. Percentiles del maniquí HPM 2-D en ejemplos de personas reales.....	8
Imagen 8. Modelo Neo-Hookean del material de PUR definido en ANSYS Workbench.....	10
Imagen 9. Gráfica Tamaño de la malla-Skewness para el análisis de la malla.....	12

ANEXO 1

Punto-SR: Concepto

La ubicación del punto-SR, definido por el fabricante de este modelo determinado de automóvil, tiene implicaciones importantes en el diseño completo del vehículo como se observa en el siguiente diagrama:

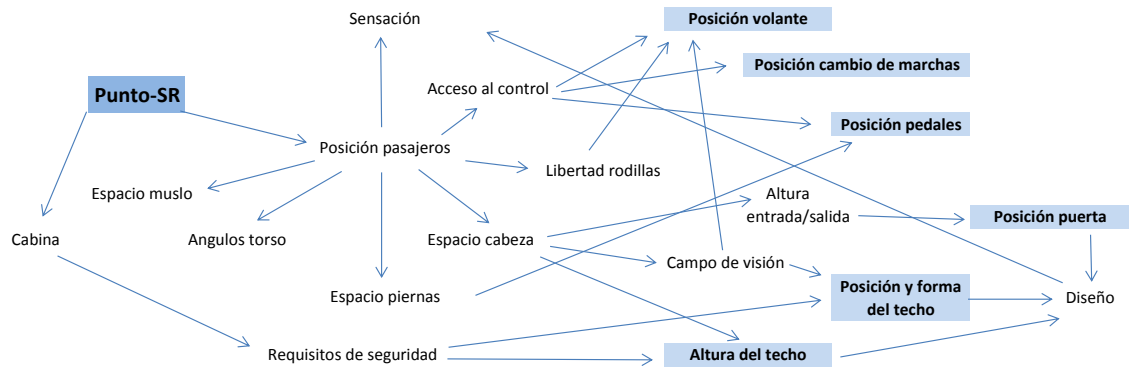


Imagen 1. Influencia del punto-SR en el diseño de un vehículo automóvil

El proceso para el diseño de colocación de los ocupantes de un vehículo es el siguiente:

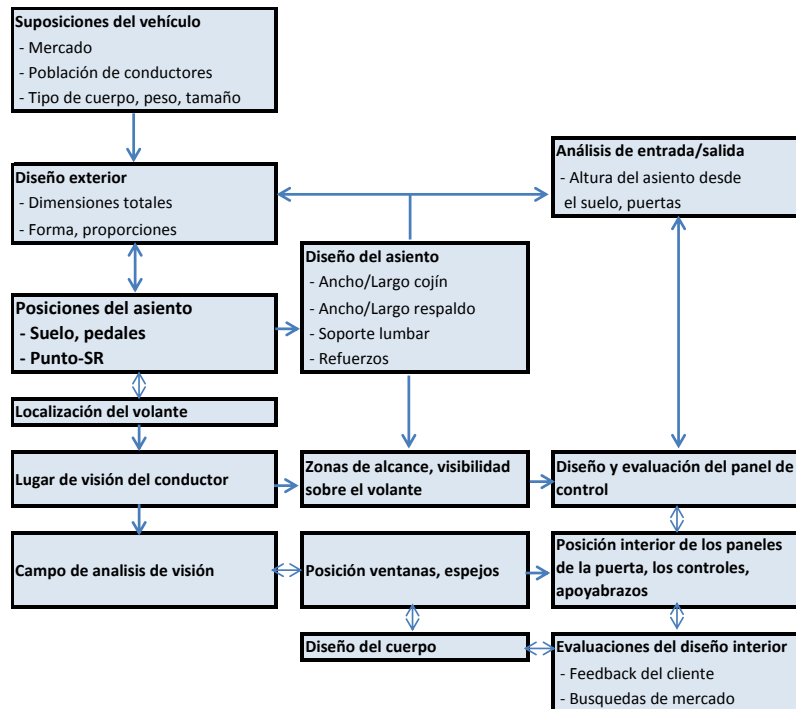


Imagen 2. Proceso del diseño de la colocación de los pasajeros en un vehículo automóvil

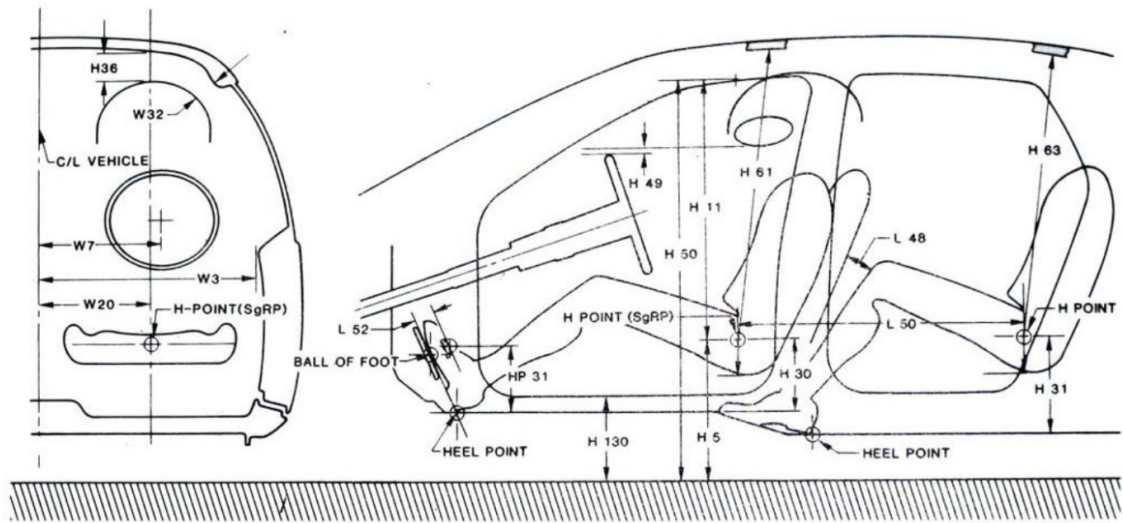


Imagen 3. Dimensiones principales del interior de la cabina de un vehículo automóvil definidas por la SAE J1100

Punto-H: Concepto

El punto-H es el término utilizado por la industria para identificar la altura a la que el conductor tiene un campo visual adecuado para su seguridad. A su vez, es el nombre que se le asigna al resultado de la medición realizada mediante el correspondiente Maniquí con Punto-H. En teoría debe coincidir con el punto-SR definido en el diseño del asiento.

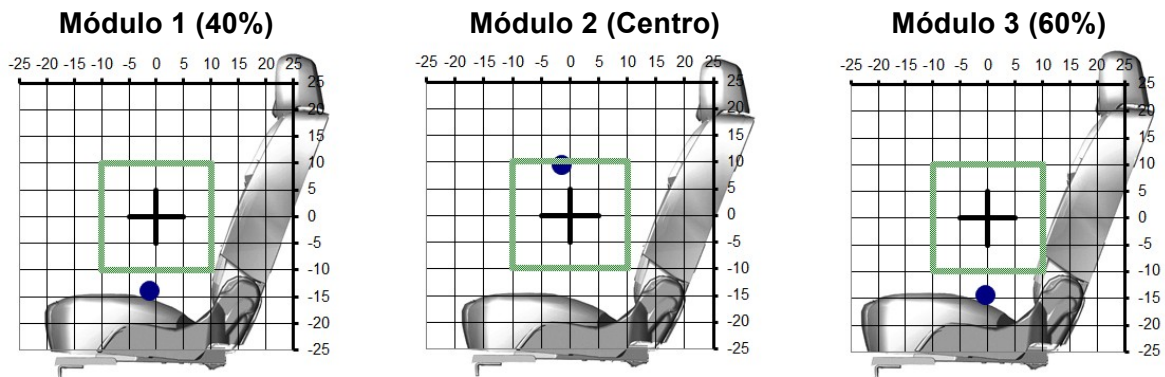


Imagen 4. Resultado inadmisibles de las mediciones del punto-H en el asiento trasero en las tres posiciones posibles del pasajero

ANEXO 2

SAE J826 Maniquí con Punto-H

La ergonomía del interior del vehículo es esencial para el diseño del automóvil. La norma SAE ha adoptado herramientas para el diseño de vehículos, incluyendo modelos estadísticos para predecir la ubicación del ojo del conductor y la posición del asiento; así como un maniquí con Punto-H tridimensional, de características universales (Figura 5), para medir los asientos y la geometría interior de la cabina.

Este maniquí ha sido elaborado con metal y plástico reforzado y consta de una pieza que reproduce la espalda y otra, el asentamiento del cuerpo. Dichas piezas son independientes y están articuladas mecánicamente por la cadera o punto-H, que simula el eje de rotación real del tronco y los muslos del individuo.

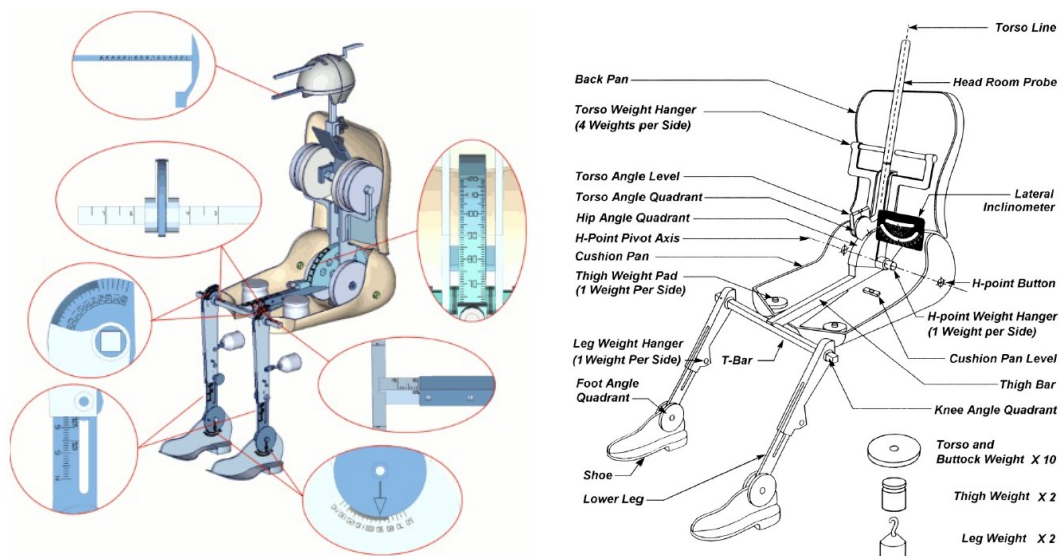


Imagen 5. Descripción de las partes del Maniquí con punto-H SAE J826

En el punto-H se ha dispuesto una varilla corrediza graduada que permite medir el espacio libre que queda en la cabina para la cabeza. En dicha varilla se ha fijado un cuadrante para determinar el ángulo de inclinación del elemento que simula la espalda.

La longitud de los segmentos inferiores de la pierna, regulables, están enlazados con la pieza de asentamiento mediante la barra en T, situada en la articulación de la rodilla y que no

es más que una extensión lateral de la barra de los muslos, también regulable. Además, incorporan cuadrantes para medir el ángulo de las rodillas. Articuladas en el extremo de los segmentos inferiores de la pierna, las piezas del pie y del zapato presentan una calibración para poder medir la relación angular.

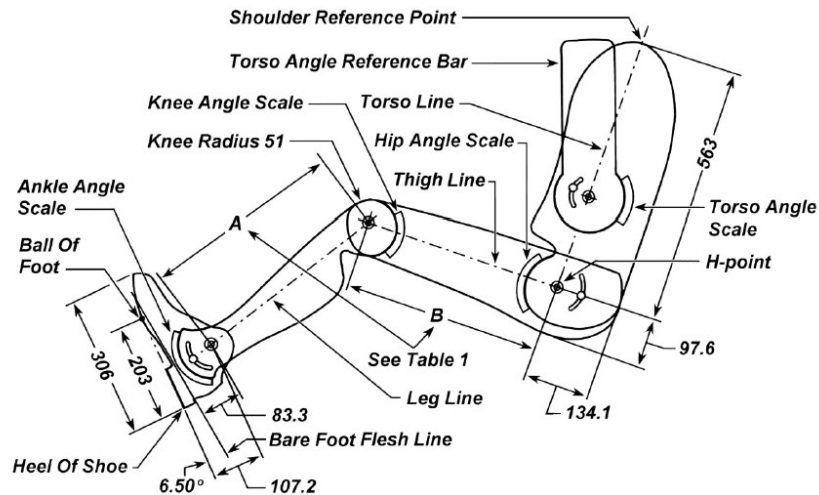


Imagen 6. Patrón del SAE J826 Maniquí con Punto-H

En los muslos y en los segmentos inferiores de las piernas se han previsto unos toques que permiten reproducir el 10%, 50% y 95% percentil de la población masculina adulta. Se definen tres tipos de ocupantes que simbolizan los tres percentiles principales de conductores de un vehículo. Los pesos de cada una de las partes del cuerpo se colocan en los centros de gravedad correspondientes, de modo que el maniquí alcanza los 75 Kg, peso que corresponde al 50 % percentil de la población masculina adulta.

Tabla 1. Medidas del SAE J826 Maniquí con Punto-H

	Percentil 10	Percentil 50	Percentil 95
Segmento inferior de la pierna [mm]	392.7	417.1	458.7
Segmento superior de la pierna [mm]	407.7	431.5	455.7
Peso [kg]	75	75	75

El significado de estos percentiles se resume en la medida global de personas con ciertas características (Figura 7). Por ejemplo, el maniquí del percentil 50 tiene las características de un hombre promedio en términos de altura, masa y proporciones. El maniquí del percentil 95 representa a un hombre más pesado y más alto que el 95% de los hombres. Por otro lado, el percentil 5 del maniquí, que solo excluye al 5% de todas las mujeres.

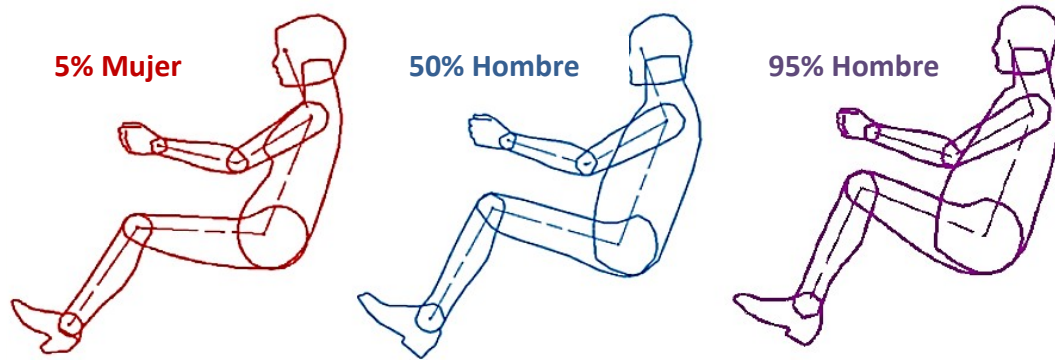


Imagen 7. Percentiles del maniquí HPM 2-D en ejemplos de personas reales

ANEXO 3

Modelo de material hiperelástico en ANSYS Workbench

Para definir el material de las espumas de poliuretano propias de este estudio, en el software de *ANSYS Workbench*, se hace un estudio previo de los diferentes modelos de material hiperelástico que ofrece el programa. Los cuatro modelos estudiados y sus definiciones son los siguientes:

- Arruda-boyce: en la mecánica continua, éste es un modelo constitutivo hiperelástico que se utiliza para describir el comportamiento mecánico del caucho y otras sustancias poliméricas. Este modelo se basa en la mecánica estadística de un material con un elemento de volumen representativo cúbico que contiene ocho cadenas a lo largo de las direcciones diagonales. Se supone que el material es incompresible.
- Ogden: éste es un modelo de material hiperelástico que se utiliza para describir el comportamiento de tensión-deformación no lineal de materiales complejos como gomas, polímeros y tejido biológico. El modelo de Ogden, al igual que otros modelos de material hiperelástico, asume que el comportamiento del material se puede describir por medio de una función de densidad de energía de tensión, de la que se pueden derivar las relaciones tensión-tensión.
- Mooney-rivlin: en mecánica de sólidos, un material del Mooney–Rivlin es un tipo de material hiperelástico modelable mediante una función de energía de deformación que es una combinación lineal de dos invariantes algebraicos del tensor tensor deformación de Cauchy-Green izquierdo B .
- Neo-hookean: Un sólido neo-hookeano es un modelo de material hiperelástico, similar a la ley de Hooke, que se puede usar para predecir el comportamiento no lineal de tensión-deformación de los materiales que sufren grandes deformaciones. A diferencia de los materiales elásticos lineales, la curva de tensión-deformación de un material neo-hookeano no es lineal. En cambio, la relación entre la tensión aplicada y la deformación es inicialmente lineal, pero en un cierto punto la curva de tensión-deformación se estabilizará. El modelo neo-hookeano no tiene en cuenta la liberación disipativa de energía en forma de calor, mientras que la deformación del material y la elasticidad perfecta se asume en todas las etapas de la deformación. El modelo neo-hookeano se basa en la termodinámica estadística de las cadenas de polímeros entrecruzadas y es

utilizable para plásticos y sustancias similares al caucho. Los polímeros entrecruzados actuarán de manera neo-hookeana porque inicialmente las cadenas de polímeros pueden moverse entre sí cuando se aplica una tensión. Sin embargo, en un cierto punto las cadenas de polímero se estirarán hasta el punto máximo que permitirán los enlaces cruzados covalentes, y esto causará un aumento dramático en el módulo elástico del material.

Con las respectivas definiciones de los modelos anteriores y atendiendo a la siguiente definición parcial del poliuretano, el material utilizado en el diseño del asiento se ajusta al modelo Neo-Hookeano .

❖ Poliuretano:

“El poliuretano básico es formado mezclando dos líquidos, un alcohol polihídrico y un diisocianato. El entrecruzamiento es llevado a cabo con resinas epoxies con la adición de un tercer compuesto reactivo. Los poliuretanos tienen óptima elasticidad y flexibilidad, resistencia a la abrasión (5 a 6 veces más que el caucho) y al corte.

Los poliuretanos forman parte de los llamados polímeros termoestables, estos se caracterizan por tener cadenas poliméricas entrecruzadas, formando una red tridimensional que no funde. Esto los diferencia de los polímeros termoplásticos. Además los poliuretanos polimerizan irreversiblemente con calor o presión formando una masa rígida y dura. Los poliuretanos son los polímeros mejor conocidos para hacer espumas.” (www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com)

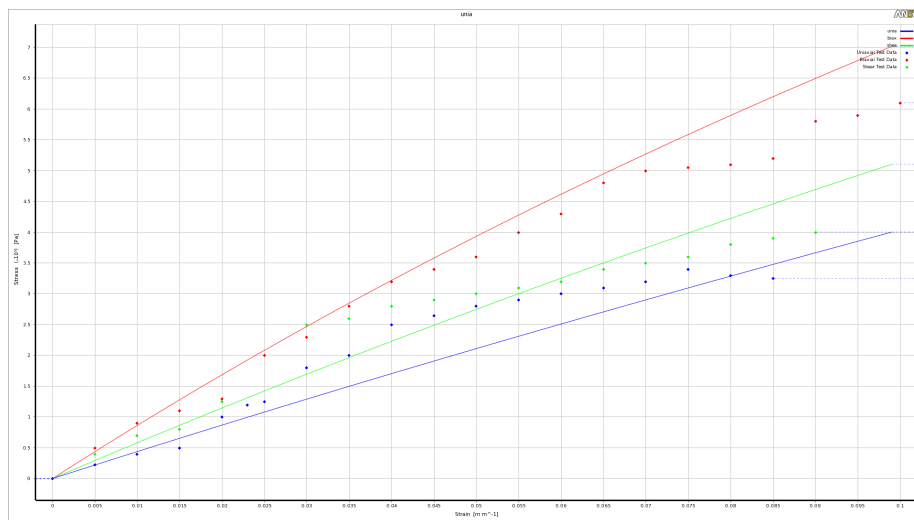


Imagen 8. Modelo Neo-Hookean del material de PUR definido en ANSYS Workbench

ANEXO 4

Análisis de sensibilidad de la malla en ANSYS Workbench

Con la intención de analizar la sensibilidad de la malla se han realizado distintas comprobaciones mediante el software evaluando:

- El coste computacional.
- El tamaño de la malla.
- Los tipos de mallado.
- Los tipos de elementos de la malla.
- El numero de elementos del modelo.

Así, para valorar los aspectos anteriores de manera global se estudian distintos modelos de calidad de malla. Los modelos de calidad de malla del software de *ANSYS Workbench* comparados son los siguientes:

- *Skewness* (asimetría)
- *Aspect ratio* (relación de aspecto)
- *Ortogonal quality* (calidad ortogonal)
- *Element quality* (calidad del elemento)

Los dos últimos, *Ortogonal quality* y *Element quality*, se descartan. Los dos modelos ofrecen el mismo resultado, pero no con la misma particularidad que los dos modelos restantes. Entre los modelos de *Skewness* y *Aspect ratio*, se aprecian similitudes a la hora de valorar la calidad de la malla. Ambos utilizan los mismos tipos de elementos. No obstante, por facilidad en la evaluación y visualización grafica de los resultados se elige el modelo de asimetría.

Una vez elegido el modelo de evaluación de la calidad de malla se procede a comparar los resultados de las diferentes mallas probadas en el modelo con la finalidad de hacer un análisis de sensibilidad de la misma. Se estima una grafica para reproducir el comportamiento de las diferentes mallas según su tamaño y calidad:

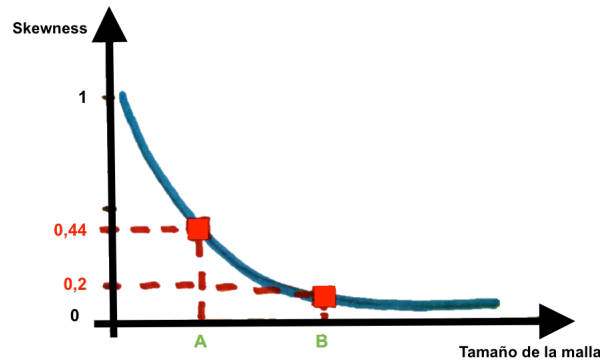


Imagen 9. Gráfica Tamaño de la malla-Skewness para el análisis de la malla

Se comprueba que por mucho que se refine (aumente) el tamaño de la malla, la influencia directa en el resultado de la calidad de malla es impráctica. Esto se debe a que el coste computacional aumenta con el tamaño de malla. En una simulación realizada previamente se obtienen los resultados mostrados en la grafica de la imagen. Con el tamaño de malla A, se obtiene una calidad del 0,44. Este valor cae en el intervalo de “buen” resultado, como en el diseño inicial del estudio. Si buscamos un resultado perfecto, como sería en el intervalo entre 0,25 y 0 como por ejemplo 0,2, se observa que el tamaño de la malla debería ser mucho mayor. En conclusión, se decide validar esa malla por dar un buen resultado y tener un coste computacional eficiente para el transcurso de las simulaciones.

ANEXO 5

Partes físicas del asiento trasero de un modelo determinado de automóvil

A continuación se describen en detalle los principales componentes, de interés en el estudio del alcance del punto-H, que forman el asiento trasero.

➤ Marco de la estructura metálica

La estructura metálica representa la columna vertebral del asiento en el vehículo ya que permite al ocupante viajar en una posición cómoda, absorbe la energía cuando se provoca un accidente, y forma la base para el montaje del resto de componentes (espumas, SBR, coberturas, etc.). La gran demanda de estructuras fuertes y seguras entra en conflicto con los objetivos de disminuir el peso de éstas para mejorar la huella de carbono del vehículo. Este problema se suele solucionar con el uso de acero de alta resistencia o de fase dual con grosores muy pequeños.

Materiales diferentes al acero se usan para disminuir el peso del asiento y para mejorar la huella de carbono del vehículo. Los componentes estructurales pueden ser reemplazados por componentes plásticos, materiales híbridos de plástico y metal, o aleaciones de aluminio y magnesio. Materiales alternativos a los mencionados no se utilizan todavía en la producción en masa y se usan preferiblemente en productos pertenecientes al campo de coches deportivos y de alta gama.

➤ Fundas

Las fundas son las superficies de contacto entre las espumas del cojín y respaldo y el ocupante. También, fijan las espumas a la estructura metálica. La funda se fija parcialmente a la espuma para evitar defectos visuales como arrugas y holguras, y para cumplir con requerimientos de durabilidad. La unión de la funda y la espumas se puede realizar mediante elementos mecánicos (barra insertada, ganchos, clips, etc.), reacciones químicas (pegamento), o vertiendo la espuma directamente sobre la funda.

Con respecto al diseño, tienen un gran número de componentes unitarios y son complejos a la hora del ensamblaje. Los patrones de estampado de las fundas se unen

mediante varios procesos manuales de costura. También, el resultado de la línea de costura es un elemento muy importante en el estilo final del asiento.

Hablando de los materiales, principalmente existen tres familias de materiales para fundas de asientos de automóviles: fibras textiles, cuero y otros materiales (no tejidos, Alcantara, cuero artificial, etc.). Las fibras textiles son las más utilizadas, especialmente por razones de diseño y también por razones técnicas ya que algunas especificaciones en el producto son difíciles de adquirir utilizando materiales tejidos. El cuero se utiliza mayormente en los vehículos de gama alta.

La parte trasera de las fundas cuenta con una capa de refuerzo o espuma de confort que ayuda a evitar arrugas y holguras en la superficie y como su nombre indica, a mejorar el confort del ocupante cuando se sienta en el asiento. Este material es una capa de poliuretano (con un grosor de 2mm) y una rejilla (20-80g/m²).

Los hilos utilizados en la industria del automóvil están hechos, principalmente, de poliéster debido a su resistencia y eficiencia y son definidos por filamentos continuos. Por otro lado, las fundas necesitan estar fijadas en las espumas y en la estructura metálica mediante elementos de fijación tales como bandas, ganchos, clips, etc. Para fijar estos componentes de forma segura, se cosen a las fundas.

➤ **SBR**

La función de este sistema es detectar si el asiento está ocupado o no. Esta información se combina con una alarma acústica que advierte que el ocupante del asiento no lleva puesto el cinturón de seguridad.

➤ **Mecanismo de ajuste: raíles**

Los raíles del asiento permiten a los ocupantes mover él mismo hacia adelante y hacia atrás en el vehículo. El perfil inferior de los raíles se monta en la propia cabina del automóvil mientras que el perfil superior lleva la estructura metálica y el asiento completo en sí. El ajuste del asiento, en este caso en particular, es exclusivamente manual. El mecanismo que permite este movimiento y después bloquea el asiento en una de las dos posiciones fijas posibles es una palanca colocada en la mitad inferior del cojín del asiento.

➤ **Espumas**

Los diferentes rellenos utilizados en cada zona particularmente determinada en el diseño del cojín y del respaldo del asiento permiten al ocupante sentarse sin notar la estructura metálica que sujeta las espumas. La forma que se le da a cada espuma tiene gran impacto en el estilo del asiento.

El material más utilizado para los asientos de automóvil es el poliuretano (PUR) debido a sus propiedades de confort, peso, eficiencia, y capacidad de adquirir geometrías complejas. Con respecto a las propiedades mecánicas de este material, primero mencionar que las espumas de PUR se fabrican en una larga lista de propiedades que se determinan según la receta utilizada para la formación de la espuma. Las características más importantes son la densidad ($35-90 \text{ kg/m}^3$) y la dureza, y también, propiedades del material como la elasticidad (histéresis durante el proceso de compresión y descompresión), y la resistencia a la fatiga. La densidad es uno de los parámetros clave, ya que tiene impacto en el coste, la durabilidad, el confort, y por supuesto, en el peso del componente de la espuma. El siguiente parámetro clave es la dureza, con impacto principalmente en el alcance del confort. De hecho, se utilizan espumas de dureza dual que consiguen en diferentes zonas de la espuma, distintas durezas (por ejemplo: la parte central es suficientemente blanda para ofrecer confort y la parte lateral es más bien dura para mejorar la fijación del ocupante en el asiento).