

El confort térmico de los pasajeros y conductores es una de las principales preocupaciones de la industria de la automoción dada su influencia sobre el confort global. Aunque los fabricantes han ido introduciendo sistemas de climatización en el interior del vehículo con este fin, se hacen necesarios diseños de asientos con nuevos materiales y sistemas de calefacción y ventilación para garantizar el confort en la zona de contacto pasajero-asiento.

Con este objetivo, el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) dispone de un laboratorio de confort térmico en asientos de automóvil en el que se pueden caracterizar las propiedades térmicas de los asientos en diferentes condiciones (desde un frío invernal hasta calor extremo) y en el que se evalúa el nivel de confort térmico. Este laboratorio ofrece a las empresas la posibilidad de evaluar asientos de vehículos que mejoren el confort térmico del pasajero aportando un valor añadido en su diseño.

Thermal comfort laboratory for automotive seats

Thermal comfort of passengers and drivers has been a main concern of the automotive industry due to its influence on global comfort. Although in addressing the issue, automotive manufacturers have been introducing air-conditioned and heating systems inside the cabin, seat design with new materials, and internally heated and cooling systems are necessary in order to guarantee comfort in the passenger-seat contact area.

In this regard, Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) has a thermal comfort laboratory for automotive seats to obtain the thermal properties of the seats in different ambient conditions (from winter cold to extreme hot) and to assess the thermal comfort level. This laboratory offers to the companies the possibility to assess vehicle seats in order to improve the thermal comfort of passengers giving special value to its design.

Laboratorio de confort térmico en asientos de automóvil

Pedro Huertas Leyva, José S. Solaz Sanahuja

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

INTRODUCCIÓN

La importancia del confort térmico sobre la experiencia que representa viajar, la conducción e incluso sobre la seguridad cada vez tiene más presencia en la automoción. Aunque los sistemas de climatización tratan de cubrir las necesidades de confort de los usuarios y hacer que el interior del vehículo se encuentre a una temperatura ambiente agradable, en viajes de largo recorrido y en condiciones de frío o calor extremo esto puede no ser suficiente para garantizar el confort. Las condiciones del microclima generado en la zona de contacto pasajero-asiento en función del tipo de material del asiento o de los sistemas activos de calefacción y ventilación/enfriamiento en su caso, pueden afectar de forma significativa al confort de los ocupantes del vehículo.

El contacto durante largo tiempo entre los pasajeros y su asiento provoca que la sudoración aumente. La humedad acumulada entre el usuario y la superficie del asiento es uno de los principales causantes de disconfort térmico y puede aparecer si el material del asiento no es capaz de evacuar la humedad o si el asiento no tiene un sistema de ventilación adecuado.

Además, hay que tener en cuenta que, al entrar y sentarse en un vehículo bajo condiciones ambientales extremas, los pasajeros de automóviles pueden sufrir *shocks* de calor o frío al poner en contacto las superficies de su cuerpo (del 15 al 20% del total de la superficie) con el asiento, respaldo y volante. La transferencia de calor por conducción sobre el cuerpo debido al contacto con el asiento, que es inicialmente muy frío o muy caliente, resulta un factor significativo en la influencia de la sensación térmica del pasajero de un automóvil. Esta situación puede llegar a provocar largos períodos de disconfort en el pasajero.

Para alcanzar un mejor grado de confort, los fabricantes del sector de la automoción han desarrollado asientos con nuevos materiales o con sistemas de calefacción implementados y sistemas de ventilación y enfriado para condiciones de excesivo frío y calor respectivamente. Resulta fundamental disponer de una metodología y de un laboratorio preciso y fiable que permita caracterizar las propiedades térmicas de los asientos desde una perspectiva de cómo afectan al cuerpo humano y, con ello, desarrollar nuevos productos que ofrezcan el máximo confort térmico.

Las propiedades térmicas de los asientos pueden ser evaluadas realizando tests con sujetos en los que se registran medidas fisiológicas bajo condiciones controladas de laboratorio, o bien usando un maniquí térmico que simula el comportamiento humano capaz de producir calor y sudor en las zonas de contacto con el asiento. Dadas la dispersión existente entre las respuestas de los diferentes sujetos y la baja repe-

>

▸ tibilidad de las medidas, disponer de un maniquí, con el que se pueda controlar la generación de calor y sudor de forma objetiva en diferentes zonas, resulta la mejor opción a la hora de evaluar las propiedades térmicas de un asiento.

El Instituto de Biomecánica de Valencia dispone de STAN (Seat Test Automotive maNikin), un maniquí con la tecnología más avanzada que ha sido desarrollado específicamente para evaluar el confort térmico y la transferencia de humedad de los asientos de automoción.

DESARROLLO

Aunque todavía no existe una normativa estándar en lo referente a ensayos térmicos/higrométricos de asientos de automóvil, STAN es similar en la teoría y práctica a otros sistemas normalizados como el Skin Model (ISO-11092 and ASTM-F1868) que se utilizan para caracterizar las propiedades térmicas de probetas de diferentes materiales, sobre todo textiles.

El maniquí STAN tiene un diseño preciso de contornos anatómicos para un buen ajuste y compresión sobre el asiento, posee articulaciones para acomodarse más fácilmente al contorno de los asientos y se corresponde con las medidas del percentil 50 de la población occidental. Su configuración permite añadir masa para simular el peso de un sujeto, de tal manera que es posible controlar la compresión sobre el asiento y el respaldo (Figura 1).

STAN está compuesto por tres segmentos corporales que, a su vez, están divididos en una serie de segmentos térmicos:

el segmento de la espalda posee dos zonas térmicas, una zona superior y una zona media, el segmento lumbar corresponde a una sola zona térmica y el segmento inferior está compuesto de tres zonas térmicas, las dos piernas y la zona de asiento (Figura 2).



Figura 1. Ensayo con asientos en laboratorio con maniquí de confort térmico STAN.

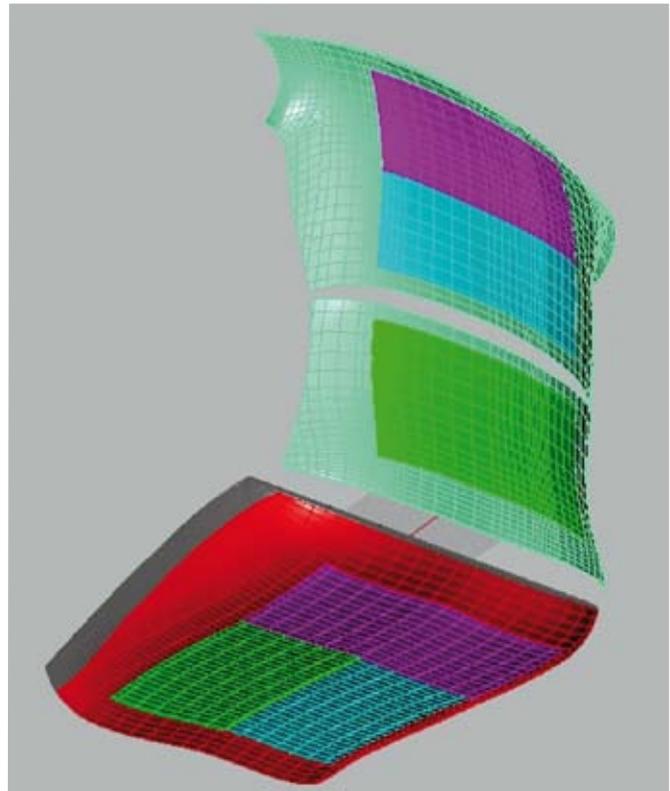


Figura 2. Maniquí STAN con 3 segmentos y 6 zonas de contacto independientes.

Descripción del Sistema

Las zonas de la espalda y las piernas están construidas con fibra de vidrio y material epoxy y contienen, como se ha mencionado, 6 zonas térmicas controladas independientemente con sistemas suministradores de **producción de calor y sudor para simular los niveles metabólicos humanos**. Desde un PC se controla la temperatura del maniquí y el flujo de sudor mientras se registran los datos a frecuencias de hasta 1 Hz.

El maniquí está construido de modo que es capaz de reproducir el calor emitido por el cuerpo en diferentes zonas de contacto con el asiento de una forma uniforme en un rango entre 10 y 40°C (la temperatura media de la piel está entre 32 y 35°C). El flujo de calor total suministrado (potencia eléctrica) por el maniquí puede alcanzar los 800 W/m² y es controlado en todo momento para mantener los niveles de temperatura establecidos. La exactitud del equipo de control es de un ± 1% de la indicación mostrada en el *software*.

Así mismo STAN simula la sudoración de un usuario con niveles que pueden variar entre 50 y 1000 ml/(hr·m²) en función de la situación, calor extremo con altos índices de sudoración o bajo nivel de sudor como las condiciones estables de viaje en ambientes frescos.

La ventaja principal del maniquí STAN, frente a otros sistemas empleados habitualmente para simular el calor del cuerpo, radica en que **su funcionamiento está basado en la transferencia de energía** (flujo de calor suministrado sobre las diferentes zonas del cuerpo) y no sólo en la temperatura superficial, como la mayoría de equipos. Esta característica hace que el sistema sea más realista y se aproxime más al comportamiento humano.

Internamente, STAN posee una estructura que le permite garantizar un funcionamiento estable a través de los circuitos y zonas que se representan en la figura 3.

-- Zonas 1-6 representan las 6 zonas de contacto directo con el asiento que reproducen el sudor.

-- Zonas 7-12 representan los circuitos cerrados de refrigeración de cada una de las zonas de sudor, simulando al flujo sanguíneo.

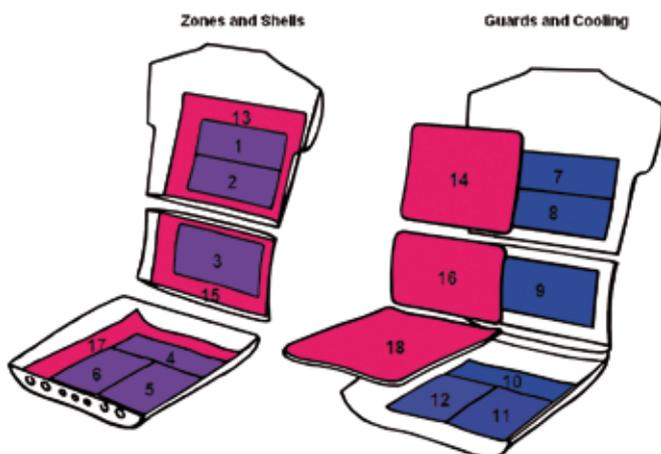


Figura 3. Detalle de las diferentes zonas de las que consta STAN.

-- Zonas 13-18 son las zonas internas que producen calor para asegurarse que no existan pérdidas de calor a través del maniquí en las superficies de contacto y la transferencia de calor sea en la dirección maniquí-asiento.

Sensores

Temperatura de la piel:

-- Cada una de las 6 zonas tiene un calentador que suministra el flujo de calor y 2 termistores para medir las temperaturas.

Temperatura Ambiental:

-- 2 sondas miden la temperatura ambiental

-- 1 sonda mide la humedad relativa de la sala

Software

El equipo dispone de un *software* desde el que se pueden establecer las condiciones requeridas para cada ensayo y controlar la evolución de las variables registradas durante los mismos (Figura 4).

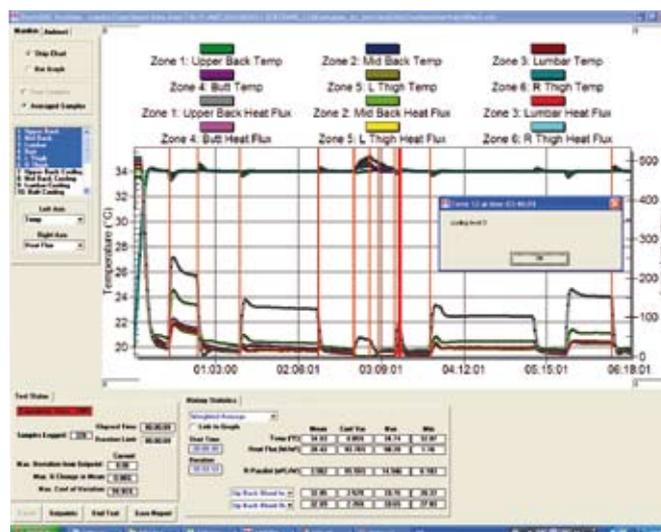


Figura 4. Resultado de un ensayo analizado con *Software* SZCThermDAC.

El sistema permite registrar los siguientes parámetros:

- Flujo de calor (W/m²)
- Resistencia Térmica: $R_{ct} = (m^2 \cdot ^\circ C) / W$
- Resistencia evaporativa: $R_{et} = (m^2 \cdot Pa) / W$
- Índice de Permeabilidad (I_m)
- Temperatura Superficial (°C)
- Temperatura y Humedad Relativa ambiente (°C y %)

Asimismo, se pueden establecer dos tipos de ensayo, pudiendo o bien fijar la temperatura de la superficie del maniquí o bien fijar el flujo de calor suministrado por cada zona.

Condiciones Ambientales

Para garantizar una elevada repetibilidad en los resultados de los ensayos, éstos se llevan a cabo en condiciones ambientales controladas y estables, con una variación de temperatura de ±0.5°C, y una variación de humedad relativa

inferior al 5%. Para alcanzar estas condiciones los ensayos se realizan dentro de la cámara climática disponible en el IBV (Figura 5). Esta cámara tiene unas dimensiones de 3120 x 3120 x 2760 mm, puede trabajar en un rango de temperaturas entre -25°C y +60°C, y con unos niveles de humedad relativa de entre 30% y 80%.

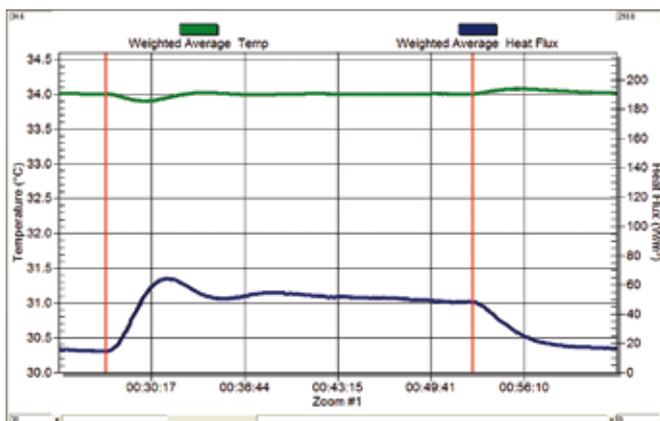


Figura 5. Cámara climática disponible en el IBV.

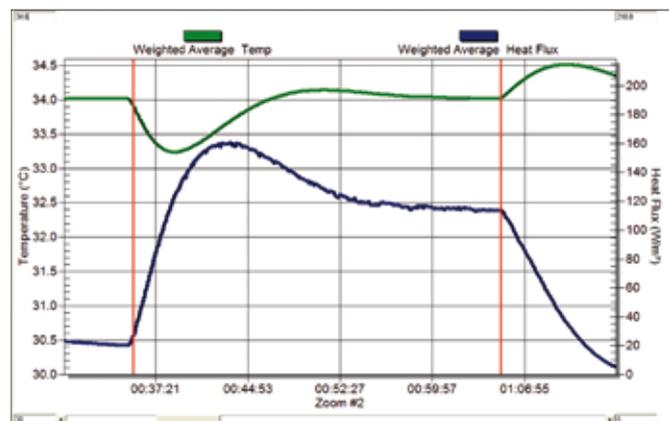
El sistema también puede ser utilizado en ambientes estables fuera de la cámara e incluso en el interior de un vehículo. En este caso se llevan a cabo ensayos comparativos y de repetibilidad para determinar las tolerancias de las condiciones ambientales.

Ejemplo de aplicación sobre dos asientos con sistema de ventilación

En la figura 6 se pueden observar los resultados correspondientes a dos ensayos en seco (sin sudoración) de dos asientos con diferentes sistemas de ventilación. Esta gráfica representa los valores de Temperatura y Flujo de Calor (*Heat Flux*)



a)



b)

Figura 6. a) Asiento A ventilado con pequeño efecto sobre la temperatura superficial y sobre el nivel de confort en condiciones de calor extremo; b) Asiento B ventilado con alto efecto sobre la temperatura superficial y sobre el nivel de confort en condiciones de calor extremo.

medios, si bien se podría obtener esta información para cada una de las zonas de forma independiente. El periodo en el que los sistemas de ventilación quedan activados es el acotado por las líneas rojas verticales.

En el caso de la figura 6.a, la temperatura del maniquí sufre una pequeña variación y el flujo de calor necesario para mantener la superficie de contacto a 34°C aumenta de forma leve. En la figura 6.b, al activar el sistema de ventilación la temperatura del maniquí disminuye de forma sustancial y el flujo necesario para mantener los 34°C aumenta de forma considerable. La interpretación de estos resultados se puede resumir en que en días de extremo calor, el sistema de ventilación del asiento A afectará sólo ligeramente en el nivel de confort del pasajero, mientras que el sistema del asiento B contrarrestará el extremo calor de la superficie de contacto y mejorará de forma sustancial el nivel de confort del pasajero.

CONCLUSIONES

El IBV dispone de un equipamiento de alta tecnología para caracterizar las propiedades térmicas de los asientos de automoción con el que realiza ensayos con éxito en asientos con nuevos materiales y sistemas calefactados y ventilados. Una vez evaluadas las propiedades térmicas y correlacionando los datos con la evaluación del confort de los usuarios, el IBV dispone del material y el conocimiento para evaluar el confort térmico proporcionado por asientos de automoción, ferroviario y aeronáutico.

El IBV ofrece a las empresas un nuevo servicio con el que evaluar asientos durante el proceso de desarrollo del producto con la posibilidad de mejorar el diseño, conocer el nivel de confort aportado con precisión y proporcionar un valor añadido que diferencie a sus asientos en el mercado.