



El uso de modelos humanos digitales para estudio de la ergonomía de la postura sentado en automoción

Beatriz Nácher Fernández¹,
Sandra Alemany Mut¹,
Fusako Sato², Jordi Uriel
Molto¹, José S. Solaz Sanahuja¹,
Elisa Signes i Pérez¹

¹ Instituto de Biomecánica
(IBV). Universitat Politècnica de
València. Edificio 9C.
Camino de Vera s/n.
(46022) Valencia. España

² Japanese Automotive
Research Institute

El uso de modelos humanos digitales (*Digital Human Models*) en automoción está muy extendido, sobre todo, en simulación de impactos y en la determinación de los alcances y espacios para conductor y pasajeros.

El Instituto de Biomecánica (IBV) ha realizado una primera aproximación a la generación de modelos digitales humanos tridimensionales en postura de conducción en el marco de un proyecto más amplio promovido por el laboratorio JARI (*Japanese Automotive Research Institute*) de Japón, cuyo objetivo es investigar la mecánica del latigazo cervical en mujeres, mediante el desarrollo, validación y empleo de modelos de elementos finitos (FEM) del cuerpo humano.

La principal aportación del proyecto ha sido el desarrollo de una metodología para obtener mallas completas y simplificadas del cuerpo humano en postura de conducción. También se ha desarrollado un procedimiento para escanear personas en postura de conducción utilizando un escáner que está configurado para postura de bipedestación. La metodología desarrollada abre una vía muy prometedora para el desarrollo de maniqués virtuales más veraces y representativos de grupos poblacionales con características morfológicas comunes.



INTRODUCCIÓN

El uso de modelos humanos digitales (*Digital Human Models*) en automoción está muy extendido, sobre todo, en simulación de impactos y en la determinación de los alcances y espacios para conductor y pasajeros. Sin embargo, los modelos que se utilizan tienen una morfología estándar que se dimensiona con percentiles de peso y estatura de la población que se estudia. El resultado son modelos geométricos con proporciones medias y un reparto de volúmenes corporales genérico que dista mucho de representar la diversidad morfológica de la población. Esto da lugar a comportamientos simulados virtualmente muy distintos de los que se darían en la realidad. Igualmente, los diseños generados en base a estos estudios originan espacios que interfieren con algunos usuarios de manera inadecuada, comprometiendo la seguridad y el confort de las personas dentro de un vehículo.

El Instituto de Biomecánica (IBV) ha realizado una primera aproximación a la generación de modelos digitales humanos tridimensionales en postura de conducción y al estudio de la relación entre las características morfológicas en esta postura y las medidas antropométricas obtenidas por métodos más tradicionales.

La investigación desarrollada por IBV ha tenido lugar en el marco de un proyecto más amplio realizado y promovido por el laboratorio JARI (*Japanese Automotive Research Institute*) de Japón cuyo objetivo es investigar la mecánica del latigazo cervical en mujeres, mediante el desarrollo, validación y empleo de modelos de elementos finitos (FEM) del cuerpo humano.





METODOLOGÍA

El proyecto se estructuró en tres fases, tal y como indica el esquema de la figura 1.

Fase experimental

La fase experimental de toma de datos tuvo lugar en Madrid (Hospital Montepríncipe), siguiendo los protocolos desarrollados por el IBV y consensuados con el laboratorio japonés AIST (*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology*).

En el estudio participaron siete sujetos, hombres y mujeres, seleccionados de forma intencionada para tener diversidad en peso y estatura, usando como referencia la población media europea.

1. Medidas antropométricas

La caracterización antropométrica de los sujetos participantes permite determinar a qué sector de la pobla-

ción representa cada uno de ellos, para lo cual se realizó un estudio comparativo de las medidas de cada participante con la población femenina y masculina, en este caso de la población española.

2. Escaneo 3D de cuerpo completo

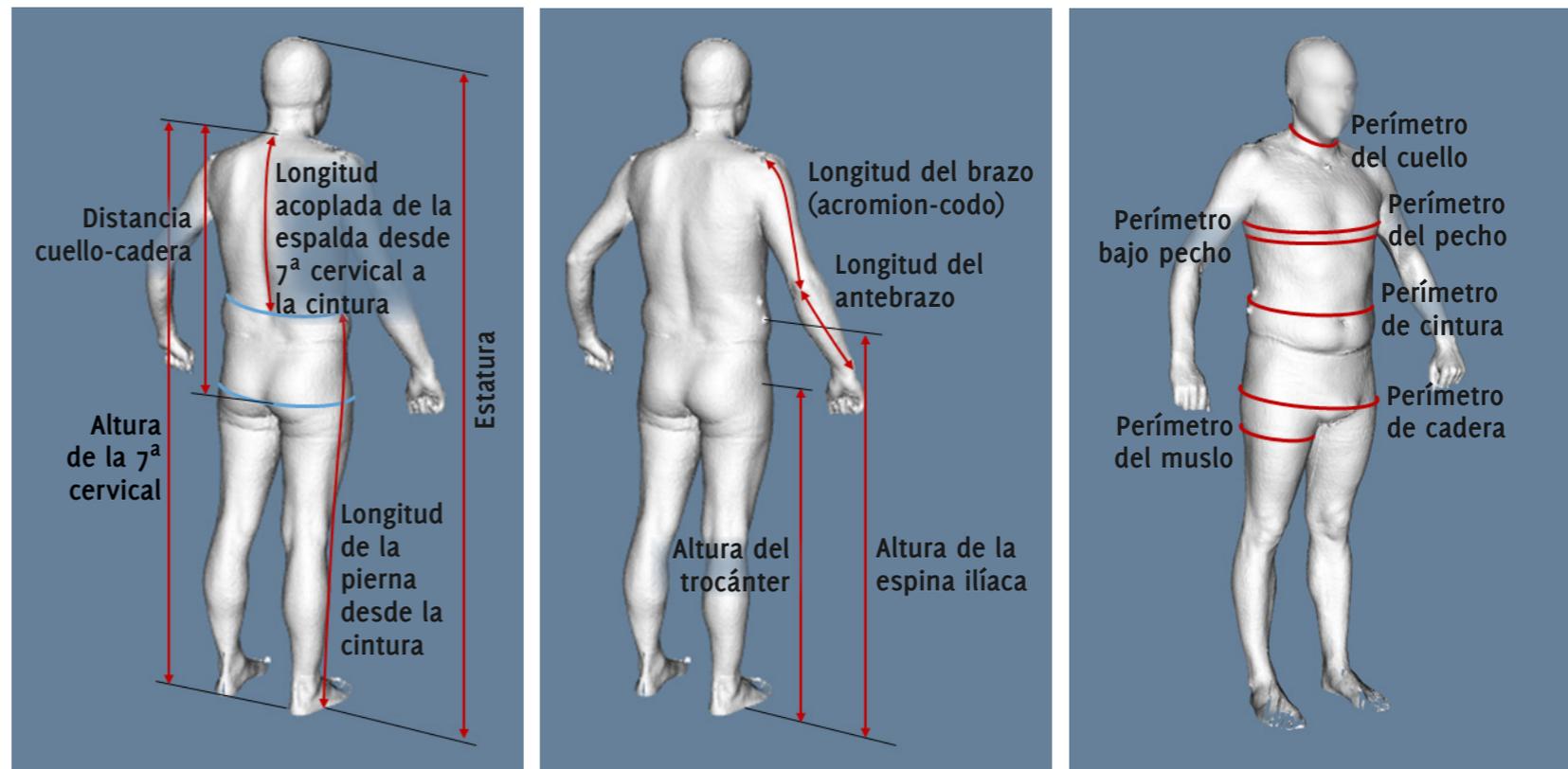
Para el escaneo de cuerpo completo se utilizó el escáner Vitus Smarl XXL de Human Solutions, con una precisión de 1 mm. El tiempo de registro es de 12 segundos y el volumen de escaneo es lo suficientemente grande como para



Figura 1
Diagrama del proyecto.

Figura 2

Medidas antropométricas utilizadas para el estudio comparativo de los participantes con la población española.





poder colocar a una persona tanto de pie como sentada en postura de conducción.

Los participantes fueron escaneados en diversas posturas en bipedestación y en varias posturas en sedestación, usando para esto una banqueta convencional regulable en altura y dos asientos para simular la pos-

tura de conducción. Estos asientos se fabricaron específicamente para el proyecto, con la inclinación de asiento y respaldo utilizadas con más frecuencia en automóviles. La superficie de madera se cubrió con textil de color negro para que no apareciese en el escaneado y así obtener únicamente la forma del cuerpo.

Figura 3

Izq: Orientación del asiento en la cabina de escaneo para adquirir la postura de conducción. Dcha: Orientación habitual del sujeto en la plataforma de escaneo.





Procesado de los escaneados

La finalidad de esta fase es obtener una superficie cerrada a partir del escaneado en bruto, que contiene ruido y zonas incompletas que han quedado ocultas a la vista de las cámaras. Para limpiar y corregir estas irregularidades se utilizan los algoritmos de reconstrucción de Poisson, “Surface fairing” y la identificación de áreas faltantes en el cuerpo, que reciben un tratamiento especial en la armonización de escaneados 3D (el paso de ajuste del modelo homólogo).

El resultado de la armonización es un modelo homólogo de cada individuo, que consiste en una malla estructurada y provista de un esqueleto, cuyos parámetros topológicos son comunes entre todos los individuos, pero su forma es individual y está ajustada al cuerpo de la persona escaneado.

Esta estructura se caracteriza por una alta densidad local con suficiente resolución para la representación precisa de formas del cuerpo a partir de datos de escaneados 3D en bruto, pero lo bastante ligera para realizar análisis multivariante de una amplia muestra de la población, facilitando la clasificación de los individuos por características morfológicas comunes, obteniendo como resultado modelos digitales humanos que representan con fiabilidad grupos “morfológicos” de la población.

Para el procesado de la postura en sedestación se utilizan varios escaneados de la misma persona en diversas posturas, lo que permite rescatar la información incompleta. El método se basa en una combinación de dos modelos, uno de deformación de la postura y otro de variación de la superficie 3D basado en la forma del cuerpo.

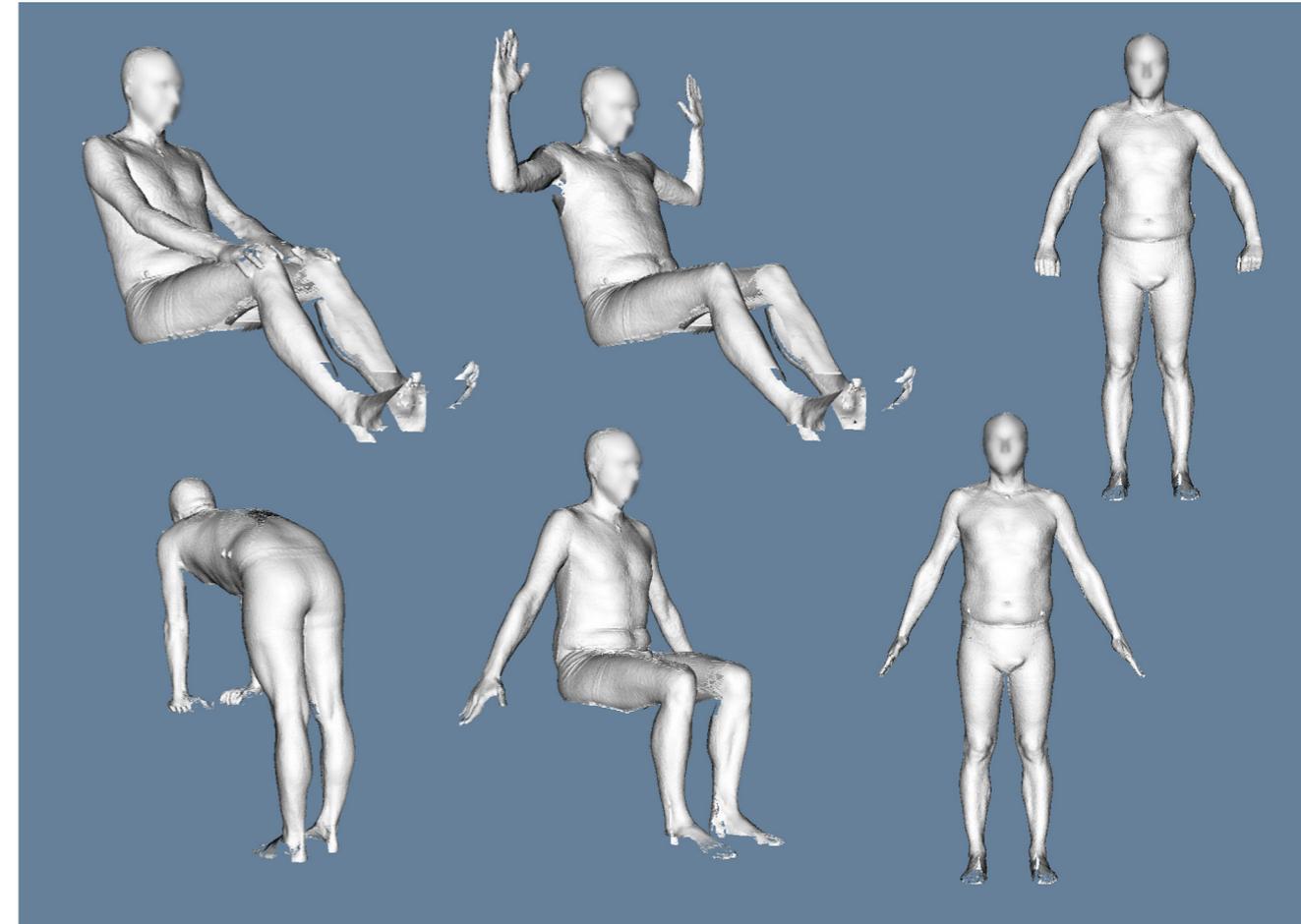


Figura 4

Posturas de escaneado incluidas en el protocolo del proyecto.



Determinación del morfotipo de cada participante

El objetivo de esta fase es analizar la representatividad de los participantes en relación a la población española. El estudio incluyó:

- Determinación del percentil más representativo de cada voluntario a partir de las principales dimensiones antropométricas: estatura, peso, longitud de las piernas y longitud de los brazos.

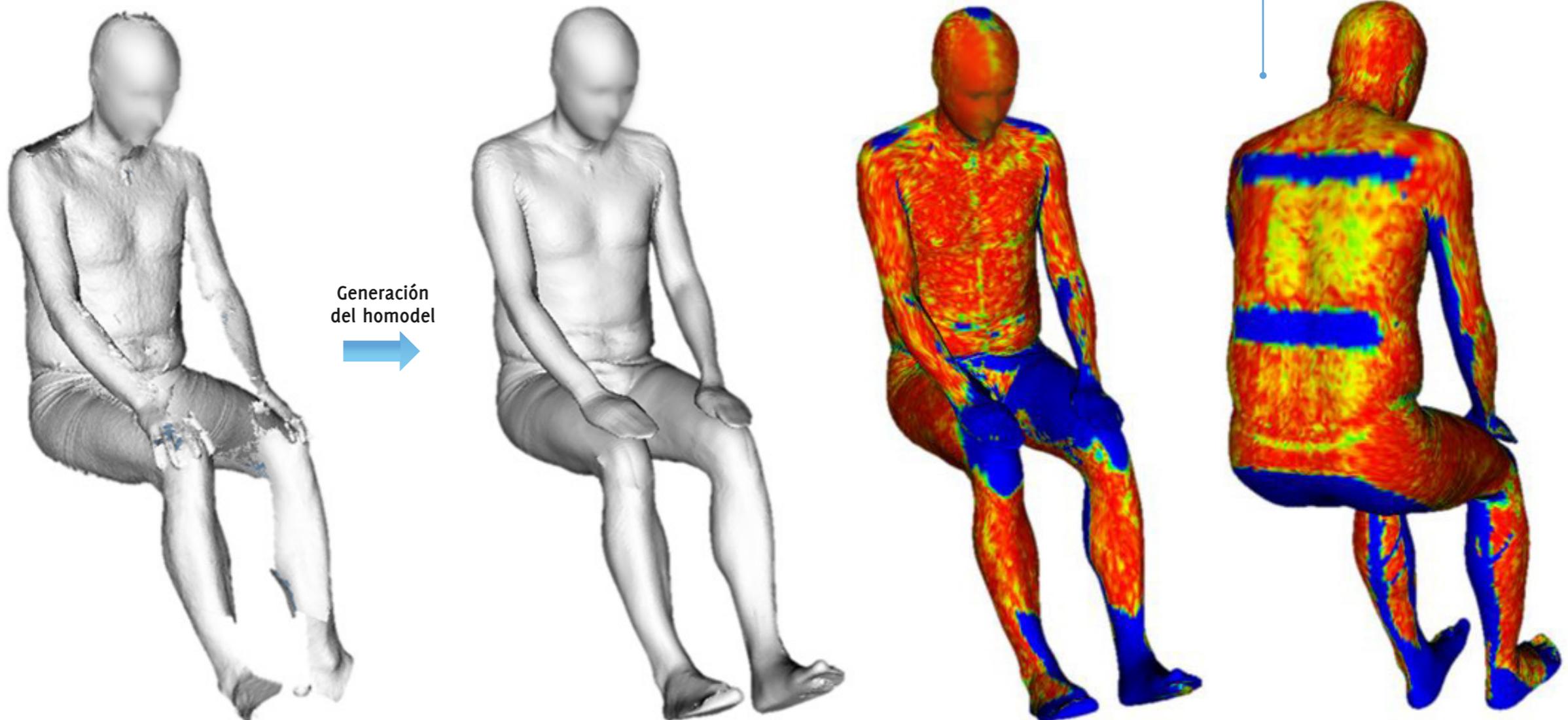


Figura 5

Izquierda: Generación del homodel en postura de sedestación.
Derecha: Mapa de distancias de Hausdorff entre el escaneado original y el homodel.

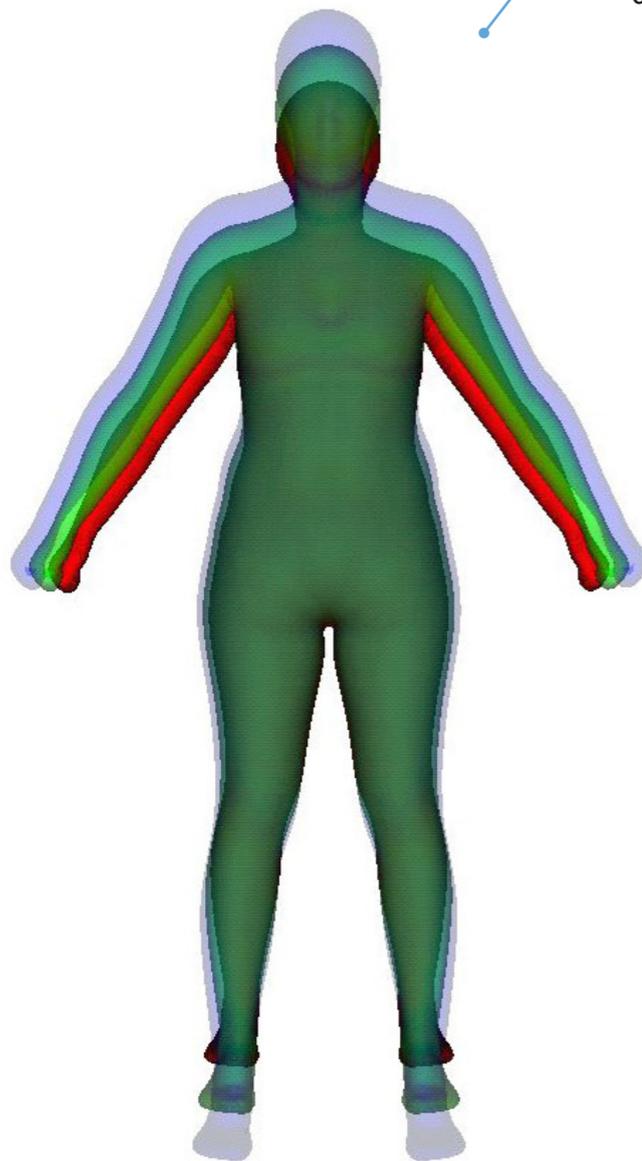


- Variación de la morfología corporal por comparación con el avatar promedio de la población española. Para esto, se trabaja en un espacio definido por los modos

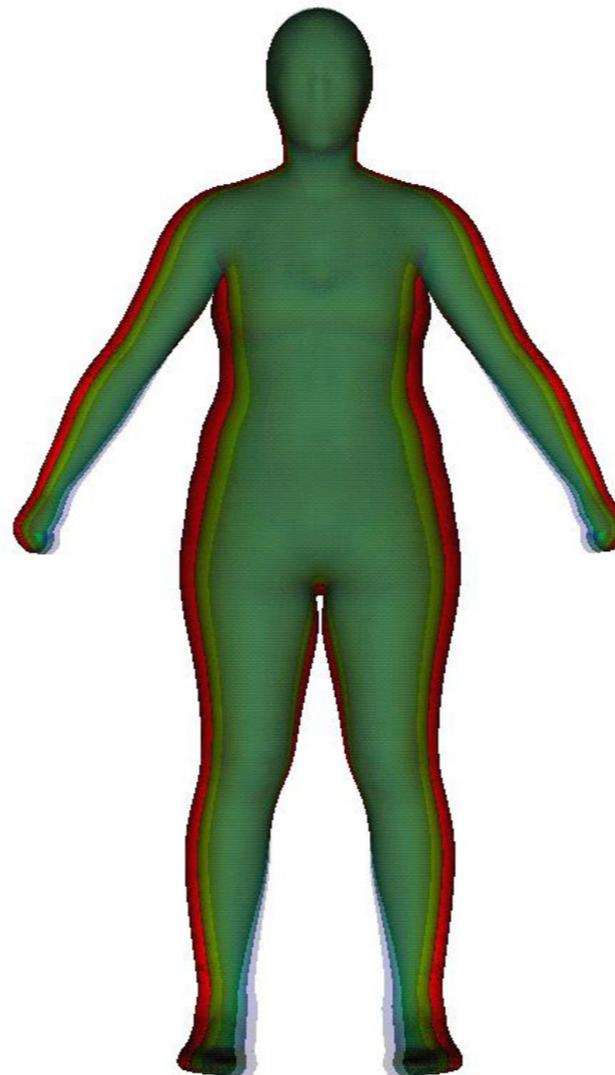
de variación resultantes de un análisis de componentes principales, en el que cada componente principal es un modo de variación del cuerpo humano.

Figura 6

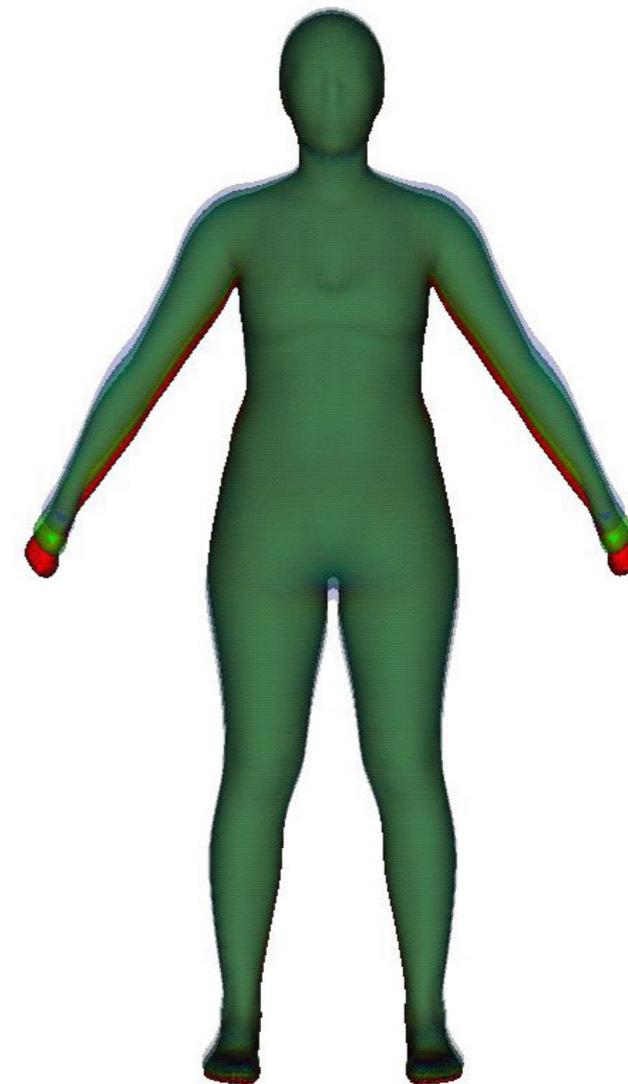
Variación del primer (estatura), segundo (masa) y tercer (longitud de los brazos) modos de variación resultantes del análisis de componentes principales.



Estatura



Peso



Longitud de los brazos



CONCLUSIONES

La principal aportación del proyecto al uso de tecnologías de digitalización 3D para los temas relacionados con la seguridad integral en automoción, ha sido el desarrollo de una metodología para obtener mallas completas y simplificadas del cuerpo humano en postura de conducción. También se ha desarrollado un procedimiento para escanear personas en postura de conducción utilizando un escáner que está configurado para postura de bipedestación.

Por otro lado, el estudio comparativo de los sujetos con la población española se ha realizado, no sólo en base a medidas antropométricas tradicionales, también se ha utilizado un análisis de componentes principales de las formas tridimensionales del cuerpo para caracterizar a los sujetos y compararlos con la población. Estos resultados permiten identificar a qué grupo de población representa cada participante del estudio, y así poder extrapolar conclusiones de estudios y simulación de impactos con modelos virtuales.





TRABAJOS FUTUROS

La metodología desarrollada en este proyecto abre una vía muy prometedora para el desarrollo de maniqués virtuales más veraces y representativos de grupos poblacionales con características morfológicas comunes.

Dar un paso más allá en el trabajo con modelos digitales humanos consistiría en aumentar la complejidad de estos modelos, incorporando la geometría de órganos internos del cuerpo humano. Así, por ejemplo, la geometría de la columna vertebral o la caja torácica, obtenida a partir de un TAC o MRI en la misma postura de conducción pueden formar parte de modelos biomecánicos más complejos para estudiar el efecto de los impactos sobre el esqueleto u otros órganos internos. □

Agradecimientos

Quisieramos agradecer a JARI y CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY su confianza en IBV y su amable invitación a participar en esta fase del proyecto.

