

Caracterización del comportamiento biomecánico de una prótesis invertida de hombro



José Jaime Fernández Álvarez
uo253247@uniovi.es

Tutores:

Jorge Rocés García · Universidad de Oviedo · rocesjorge@uniovi.es
María Jesús Lamela Rey · Universidad de Oviedo · mjesuslr@uniovi.es



Máster Universitario en Ingeniería
Mecatrónica

Universidad de Oviedo

Abstract

The objective of this Master Thesis is the characterization of the bone-prosthesis assembly by means of mechanical tests and the validation of digital twins created to run finite element (FE) simulations. Specific equipment was designed and manufactured to fix the bones to the testing machine, which was also included in the FE models. Porcine bones were modeled from CT scans, together with prosthetic models. The real and virtual experiments provided results that allowed comparison and validation with a program designed and developed in this research. By validating this methodology, researchers and designers will be able to save a large amount of resources and increase research and development of biomechanical devices.

Resumen

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es la caracterización de un conjunto hueso-prótesis mediante ensayos mecánicos y la validación de gemelos digitales creados para realizar simulaciones de elementos finitos (EF). Se diseñó y fabricó un utillaje para fijar los huesos a la máquina de ensayos, que se incluyó en los modelos de EF. Se modelaron huesos de porcino, a partir de tomografías, junto con modelos de prótesis. Se realizaron los experimentos reales y virtuales, obteniendo resultados que se compararon y validaron con un programa diseñado y desarrollado en esta investigación. Con la validación de esta metodología, los investigadores y diseñadores podrán ahorrar una gran cantidad de recursos y aumentar las investigaciones y el desarrollo de dispositivos biomecánicos.

Palabras clave: Biomecánica, Ensayos mecánicos, Simulación Elementos Finitos, Prótesis de hombro invertidas, Gemelo digital, Programación

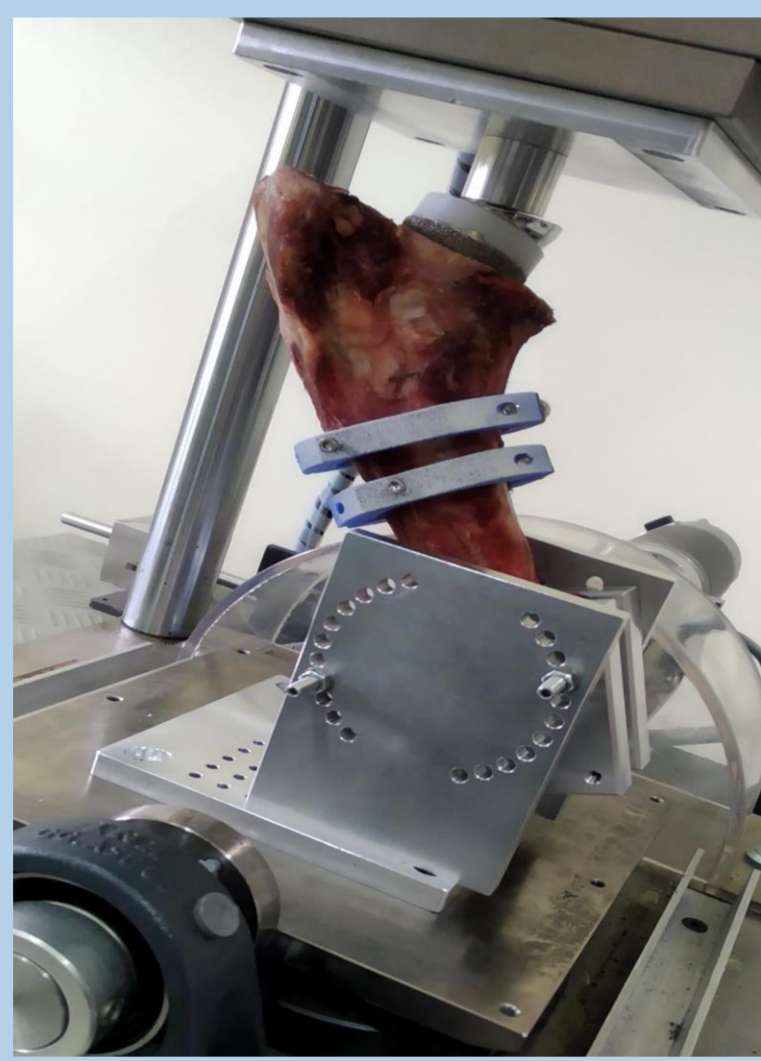
Metodología y Resultados

Los datos de partida son huesos de porcino frescos, que se tomografiaron en el Bioterio de la Universidad de Oviedo, los modelos de las prótesis invertidas de hombro cedidas por la empresa MBA Incorporado y un utillaje diseñado en este trabajo para fijar los huesos a la máquina de ensayos en las posiciones adecuadas.

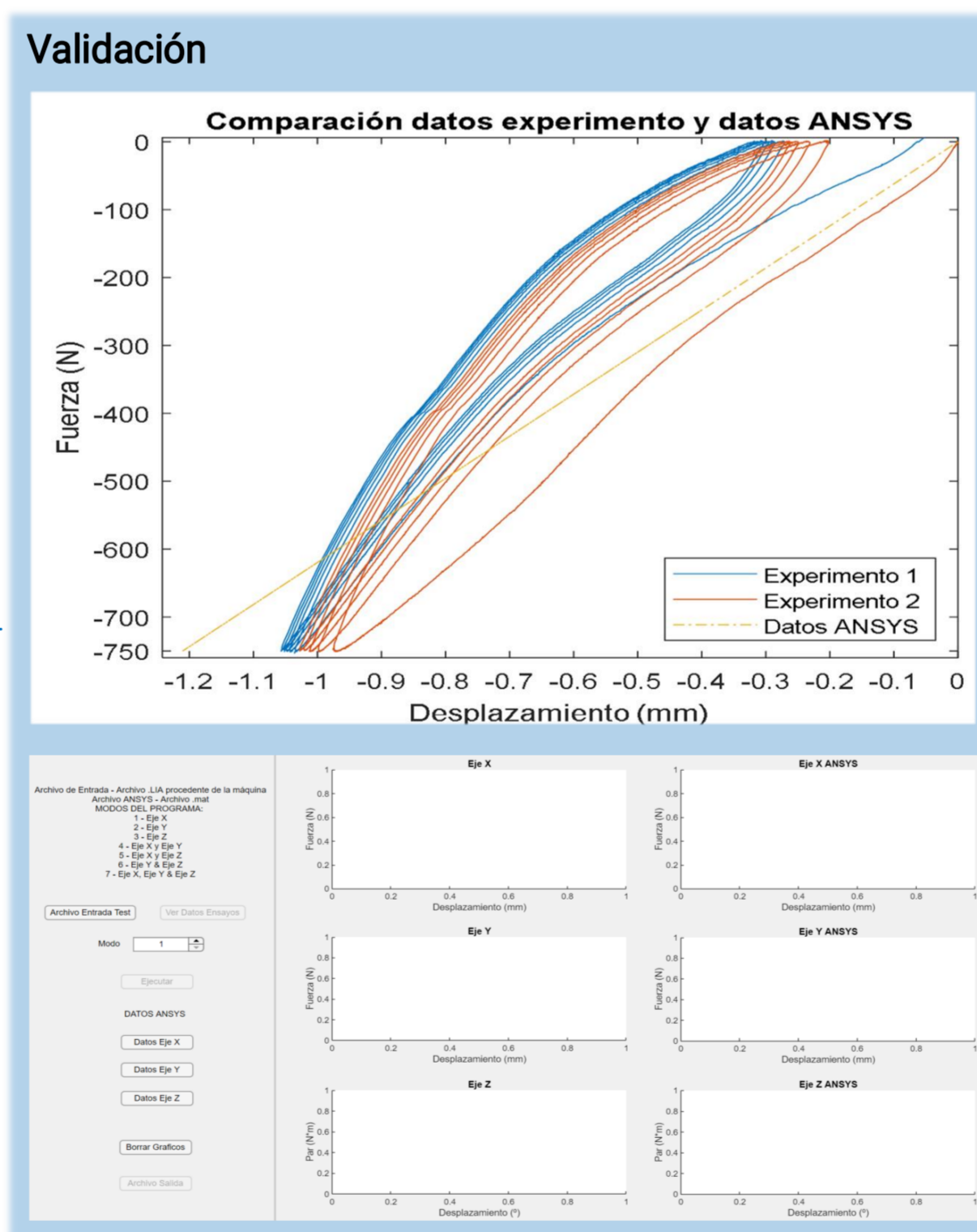
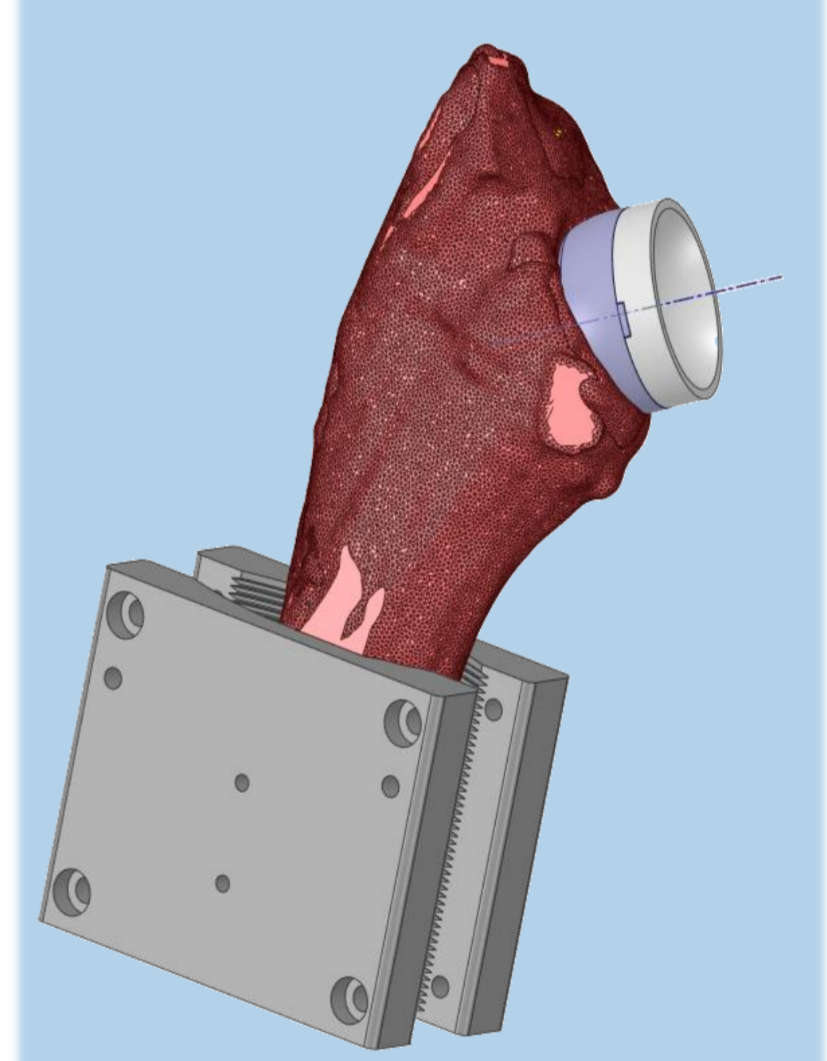


Se generaron los gemelos digitales del conjunto hueso-prótesis-utillaje, partiendo de la información de las tomografías, de los modelos creados por ingeniería inversa de las prótesis. Estos gemelos digitales se han importado en el software de simulación por elementos finitos ANSYS, en el que se replican los ensayos experimentales realizados en el laboratorio.

Ensayo real



Ensayo virtual



Se realizaron varios ensayos en el laboratorio, tanto estáticos como dinámicos, de huesos sin prótesis y huesos con prótesis. En todos los ensayos se aplicaron las mismas cargas y se midieron los desplazamientos. Para completar las mediciones se utilizó el sistema ARAMIS, que requirió el diseño e impresión 3D de piezas personalizadas para acoplar a los huesos ensayados.

La validación de los gemelos digitales se basó en la comparación de los resultados obtenidos de los ensayos del laboratorio y de los ensayos virtuales generados con los modelos de elementos finitos. Para extraer los resultados, procesarlos y mejorar la interpretación de los mismos, se programó una aplicación en Matlab que visualiza las gráficas de carga-desplazamiento.

Conclusiones

Se ha diseñado y probado la metodología para la generación y validación de gemelos digitales de huesos.

Se ha diseñado una aplicación con la que realizar la comparación de los ensayos simulados y reales.

Para una primera versión de esta metodología, el error entre los experimentos y las simulaciones está en el entorno del 15%.

Se han definido las futuras líneas de investigación.

Referencias

- [1] R. Lugo, P. Kung, and C. B. Ma, "Shoulder biomechanics," Eur. J. Radiol., vol. 68, no. 1, pp. 16–24, Oct. 2008, doi: 10.1016/j.ejrad.2008.02.051.
- [2] M. Zhang, S. Junaid, T. Gregory, U. Hansen, and C. K. Cheng, "Impact of scapular notching on glenoid fixation in reverse total shoulder arthroplasty: an in vitro and finite element study," J. Shoulder Elb. Surg., vol. 29, no. 10, pp. 1981–1991, 2020, doi: 10.1016/j.jse.2020.01.087.

Agradecimientos

A la empresa MBA Incorporado y a Pablo Roza, director de la división de investigación MBA Institute, a Javier Pena, traumatólogo del HUCA, a Jorge Rocés y María Jesús Lamela Rey, tutores de este trabajo, al resto de profesores y a los alumnos del máster de Ingeniería Mecatrónica y a toda mi familia y amigos.

