

INTRODUCCIÓN

Las extremidades protésicas buscan reemplazar de forma funcional y/o estética la ausencia de un segmento de los miembros superiores o inferiores^[1]. La prótesis transhumeral se utiliza en personas con amputación a nivel del húmero y pretende sustituir la funcionalidad del miembro superior, incluyendo la articulación de codo^[2]. Las prótesis más recomendadas son las "body powered" o mecánicas, estas emplean un sistema de arneses y cables (Figura 1) que, al someterse a tensión, generan la apertura/cierre de gancho, y flexión/extensión de codo^[3].

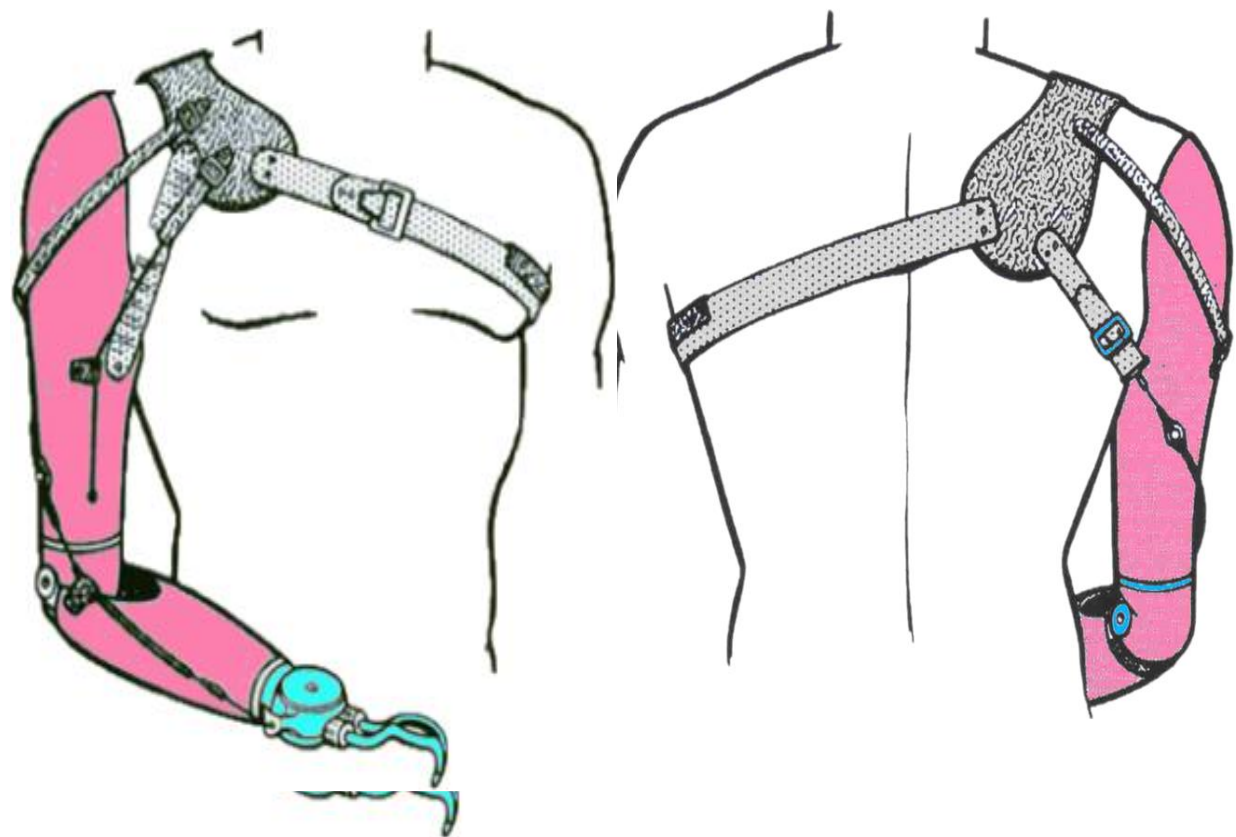


Figura 1. Esquema de una prótesis transhumeral con sistema de arnés y cables.

Del total de amputaciones a nivel mundial, aproximadamente del 3 al 15% son de miembro superior.

Aunque la persona tenga acceso a una prótesis, existe un alto índice de abandono (80 al 87%)

Una de las principales causas de este abandono es la dificultad para adaptarse a la prótesis.

Diversas investigaciones han demostrado que, en procesos de rehabilitación, la aplicación de realidad virtual (RV) constituye una estrategia eficaz y amigable para el paciente cuando desarrolla actividades enfocadas hacia la recuperación^[4].

OBJETIVO

Desarrollar un sistema para el entrenamiento en el uso de prótesis mecánica transhumeral mediante un ambiente de realidad virtual, que permita al usuario aprender los movimientos necesarios para la activación de su prótesis antes de tenerla, con la finalidad de facilitar la incorporación funcional de la prótesis y disminuir la tasa de abandono.

METODOLOGÍA

Para que el usuario tenga una retroalimentación visual de los movimientos que necesita ejecutar para activar su prótesis, estos se caracterizaron mediante un sistema integrado por un brazalete que sostiene la prótesis (que permite usarla a personas sin amputación) y por una red de sensores inerciales para obtener los rangos de movimiento (ROM) que activan la prótesis (Tabla 1). Finalmente, el ambiente de RV se alimentará con los ROM caracterizados. En la Figura 2 se observa la metodología seguida.

Tabla 1. Movimientos de activación de la prótesis mecánica.

Movimiento ejercido por el usuario	Movimiento ejercido por la prótesis
Protracción/antepulsión de la escápula de miembro residual.	Apertura y cierre de gancho.
Retracción/retropulsión biescapular.	Bloqueo/desbloqueo de la articulación de codo.
Protracción de la escápula del miembro contralateral.	Flexión y extensión de codo.

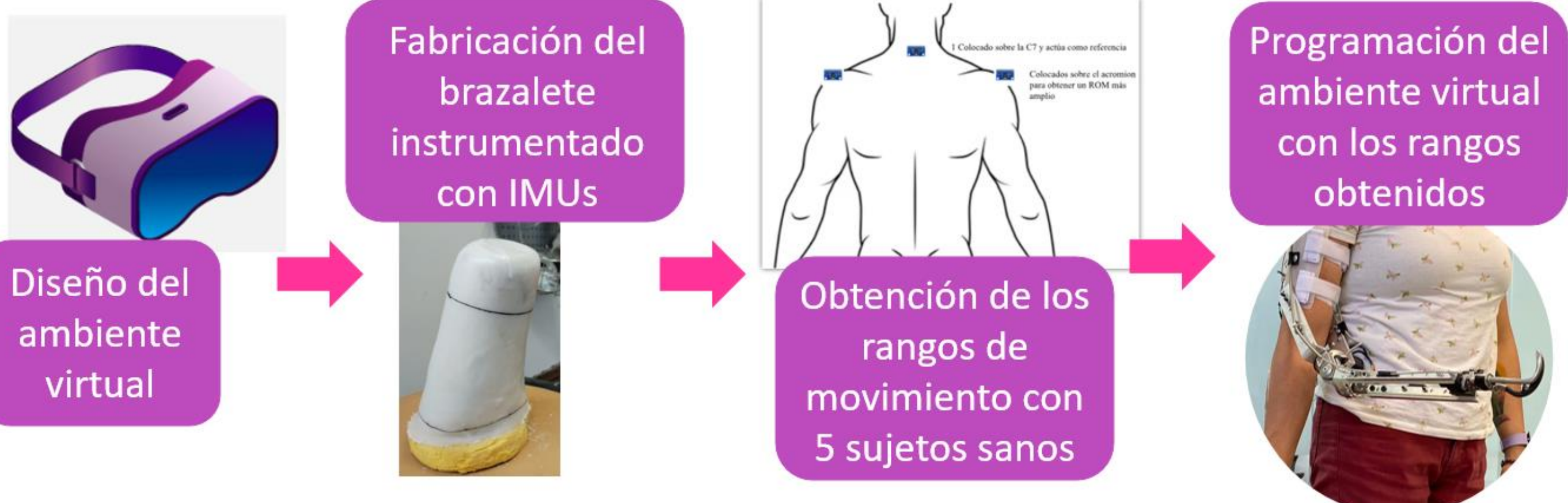


Figura 2. Metodología desarrollada para el sistema de entrenamiento de prótesis transhumeral.

RESULTADOS



Figura 3. Ambiente virtual diseñado para retroalimentación visual.

La instrumentación desarrollada para el **brazalete** permitió caracterizar los rangos de movimiento de las escápulas para la activación de la prótesis con sujetos sin amputación.



Figura 4. Brazalete instrumentado para la caracterización de los movimientos de activación de la prótesis.

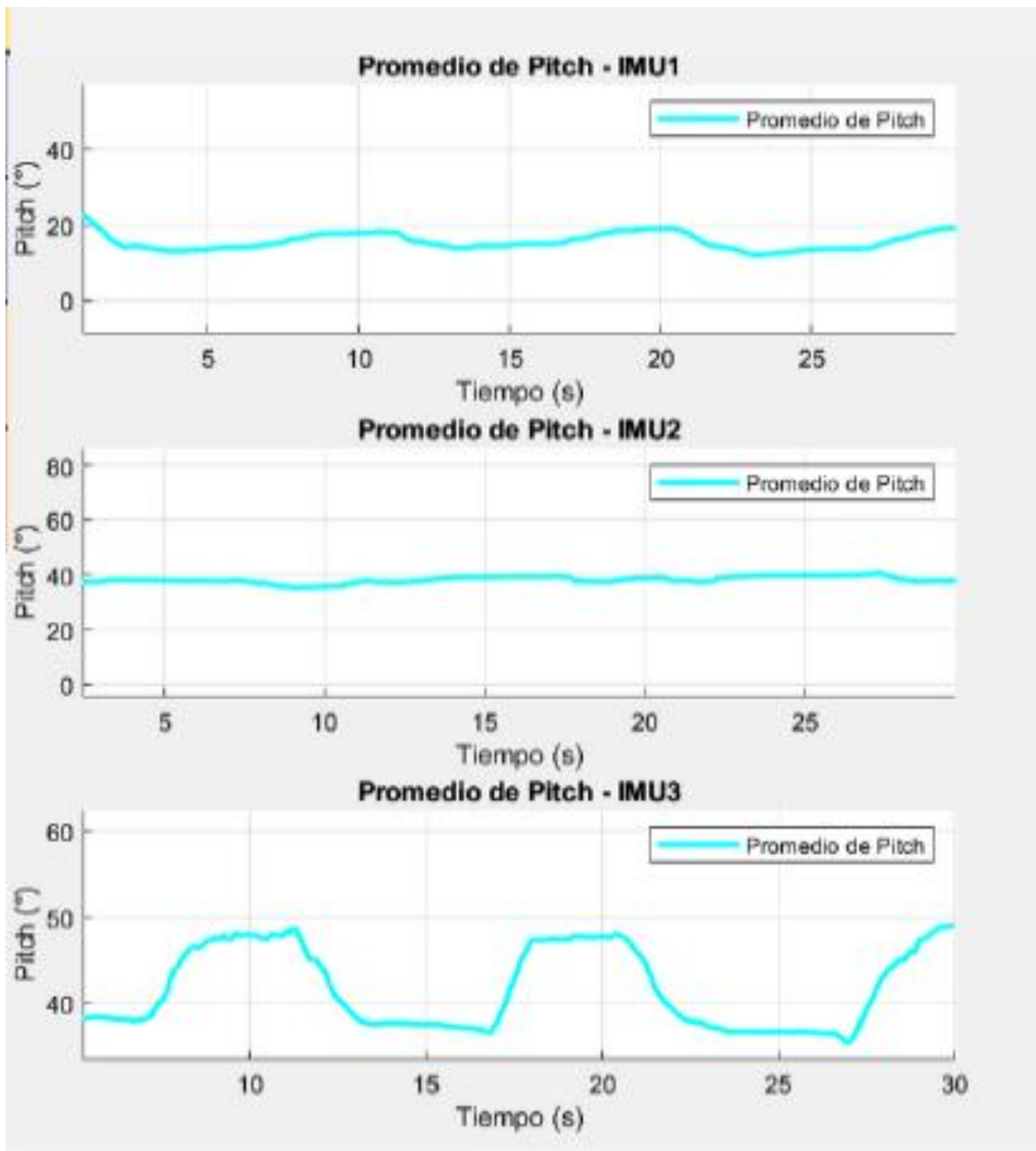


Figura 5. Ángulos de pitch durante la flexión y extensión de codo.

Rangos de movimiento, obtenidos del procesamiento de los datos de los sensores inerciales por medio de un filtro de Kalman. Se realizaron pruebas con 5 voluntarios sin amputación.

CONCLUSIONES

Mediante un brazalete instrumentado con sensores inerciales, es posible caracterizar, con sujetos sin amputación, los movimientos necesarios para utilizar una prótesis mecánica transhumeral (apertura/cierre de gancho, bloqueo/desbloqueo de codo, flexión/extensión de codo).

La caracterización de estos movimientos permitirá programar el comportamiento de la prótesis en el ambiente de RV, el cual se empleará para realizar rutinas de entrenamiento que ayuden a personas con amputación transhumeral a aprender los movimientos necesarios para usar una prótesis mecánica y reducir la curva de aprendizaje, así como la tasa de abandono.

REFERENCIAS

- [1] «External limb prostheses and external orthoses — requirements and test methods». 2006. accedido: 15 de abril de 2024. [en línea]. disponible en: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/37546/567be825d0214e-e4b43dddc541b534ef/iso-22523-2006.pdf>
- [2] C. Woodford, «Extremidades Protésicas», n.o 100, pp. 2-6, agosto de 2023. Accedido: 2 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.inr.gob.mx/Descargas/boletin/100Boletin.pdf>
- [3] M. Ocello y V. Lovotti, *ORTESIS Y PRÓTESIS. Herramientas para la Rehabilitación*, 1°. Santa Fe: Ediciones UNI, 2020. Accedido: 2 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://iuymca.edu.ar/wp-content/uploads/2022/09/ORTESIS-Y-PROTESIS-U-NO.pdf>
- [4] L. Rodríguez, J. E. Sierra, y B. Medina, «Sistema de rehabilitación mediante técnicas de realidad virtual y video juegos para mejoramiento del control postural en personas con daño cerebral adquirido».