

# Módulo de Reconocimiento Gestual para Control de Robot en Tareas de Asistencia

Edwin D. Oña, David Velasco, Alberto Jardón y Carlos Balaguer  
Robotics Lab, Universidad Carlos III de Madrid  
eona@ing.uc3m.es

## Resumen

*En este artículo, se presenta el desarrollo de un módulo de reconocimiento de gestos de la mano para el control de un brazo robótico usando un sensor Leap Motion. Esta aplicación intenta contribuir a facilitar el desarrollo de las actividades básicas de la vida diaria (ABVD) a personas con discapacidad, permitiéndoles una mayor autonomía en su día a día. Para incrementar la usabilidad y accesibilidad de esta aplicación, se ha implementado una interfaz de control que permite interactuar por comandos de voz y notificaciones sonoras. En primer lugar en este artículo, se describen las modalidades de control y los gestos seleccionados para ello. A continuación, se detalla la funcionalidad de la interfaz de control. Se muestran resultados preliminares de control sobre un robot real en tareas cotidianas. Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas de este trabajo.*

## Abstract

*In this paper, the development of a hand gesture recognition module for the control of a robotic arm using the Leap Motion sensor is presented. This application tries to contribute to facilitate the development of activities of daily living (ADL) to people with disabilities, giving them a greater autonomy in their daily life. A control interface that allows to interact through voice commands and sound notifications was implemented to increase the usability and accessibility of this application. First, the control modes and the selected hand-gestures are described. Also, the control interface functionality is shown. Next, the experiments of controlling a real robot performing daily tasks are presented. Finally, the conclusions obtained by this work are summarized.*

## 1. Introducción

A día de hoy existen en España y en el resto del mundo millones de personas con algún tipo de diversidad funcional [14]. Según su grado de movilidad, muchas de ellas se encuentran en una situación tal que, aun conservando gran parte de la funcionalidad de sus miembros superiores, tienen dificultades para realizar tareas cotidianas por falta de fuerza o destreza. Esta situación limita su autonomía en el día a día, siendo necesaria ayuda de terceras personas o sistemas adaptados.

Una de las soluciones a este problema la ofrece la robótica asistencial por medio de brazos robóticos que intentan sustituir la funcionalidad perdida o asistir a los usuarios en el desarrollo de las ABVD. La mayoría de sistemas robóticos utilizan un control manual por medio de joysticks analógicos [8], [3]. Sin embargo, el control de estos sistemas de asistencia debe ser lo más intuitivo posible para facilitar la ejecución de las tareas.

Por otro lado, el amplio desarrollo de sensores de bajo coste para la detección de movimientos humanos sin necesidad de marcadores, tales como Kinect o Leap Motion, ha incrementado su uso en aplicaciones diferentes a las iniciales de entretenimiento. A diferencia del sensor Kinect, que es capaz de detectar las articulaciones de cuerpo entero, el dispositivo Leap Motion se centra en la cinemática de las manos. Su bajo coste, reducido tamaño y la precisión en el rastreo de las diferentes partes de la mano (dedos y palma) hacen que sea un sensor adecuado para la aplicación estudiada en este artículo.

En este artículo, se estudia una alternativa de control sin contacto para un brazo robótico de 7 grados de libertad (GDL) utilizando el sensor Leap Motion. Como complemento al reconocimiento gestual, se implementa una interfaz gráfica que permite conexión con dispositivos externos, así como

un control por voz. La capacidad de interactuar mediante órdenes de voz aumenta la usabilidad y accesibilidad para usuarios con una movilidad reducida en las manos.

En la sección 2, se resumen trabajos relacionados con el uso del sensor Leap Motion con un enfoque asistencial. En la sección 3, se presenta la metodología propuesta. En la sección 4, se describen las modalidades de control y los gestos definidos para el trabajo propuesto. Además, se detalla la funcionalidad de la interfaz de control. En la sección 5, se muestran los resultados preliminares de control sobre un robot real en tareas cotidianas. Finalmente, en la sección 6 se exponen las conclusiones derivadas del trabajo.

## 2. Trabajos relacionados

El desarrollo de interfaces de comunicación humano-robot para controlar sistemas robóticos de forma remota o tele-operados es un campo en continuo desarrollo dentro de la robótica de servicios.

Como alternativas a los clásicos joysticks analógicos, diferentes estudios proponen el uso de dispositivos comerciales desarrollados para la industria de los videojuegos. Una de estas alternativas es el caso del IMU de la Nintendo Wii, el mando de control, y el Wii Motion Plus, un dispositivo formado por acelerómetros y sensores de presión, así como un giróscopo doble, con los cuales identificar giros y desplazamientos [10], [12].

Otra de las alternativas es el uso de guantes de realidad virtual; estos emplean una tecnología de sensores inerciales. Mediante la misma, se ofrece la posibilidad de mostrar con elevada certeza la posición y el movimiento de las extremidades superiores. Se trata de un dispositivo muy versátil y compatible con numerosos sistemas operativos y plataformas. En lo referente a la tecnología de desarrollo, ha sido probada por compañías como la NASA, integrando funciones conjuntas de comunicación, con plataformas como Unreal Engine, 3D Studio Max, Maya y SolidWorks.

La aparición del sensor Leap Motion ha permitido investigar aplicaciones de control de robots de manera no intrusiva. Uno de los puntos de interés ha sido cuantificar la fiabilidad en la medida del sensor [13], [5], validando su precisión.

De cara al control, se pueden encontrar varios trabajos que proponen el uso del sensor Leap Motion en la interacción humano-robot. Por ejemplo, un esquema de tele-manipulación del robot humanoide NAO se propone en [15]. El robot NAO es tele-operado para realizar tareas de locomoción, manipulación con destreza y tareas compuestas. En [6], se plantea el control de una mano robótica de 20 GDL que replique los movimientos de la mano detectados por el Leap Motion, aplicación orientada

a la tele-cirugía. El control por gestos en la navegación de una silla de ruedas se estudia en [9], [2].

Finalmente, se encuentran también trabajos orientados al control de brazos robóticos de varios grados de libertad, tanto industriales [7], [11] como de carácter asistencial [1], [4]. Estos trabajos abordan una interacción humano-robot más intuitiva, sencilla y segura (por la manipulación remota en el caso de robots industriales, o por la reducida velocidad y poca masa de robots asistenciales). Sin embargo, la seguridad en dicha interacción es un aspecto de gran importancia que se debe seguir mejorando.

## 3. Metodología

La forma de interacción humano-robot más común es por medio de un teclado o un joystick que, de acuerdo a la complejidad de la tarea y los grados de libertad del brazo robótico, puede requerir de múltiples pasos para ejecutar una trayectoria.

Así, en este trabajo se propone el uso de una interacción humano-robot más “natural”, orientada a personas con discapacidad. Usando el controlador Leap Motion se controlará el brazo robótico AMOR de 7 GDL para realizar tareas cotidianas de una manera más sencilla.

El sensor Leap Motion detectará los movimientos del brazo (arriba, abajo, derecha, izquierda, avance y retroceso) y de la mano (abrir, cerrar), que serán gestionados por una interfaz gráfica de usuario para convertirlos en movimientos adecuados del brazo robótico. La interfaz permite además la conexión con dispositivos periféricos externos como cámaras IP o sensores, centralizando su información para el usuario o para asistir en la tarea.

En la Figura 1, se muestra la metodología propuesta y la conexión entre los elementos para implementar la interacción humano-robot.

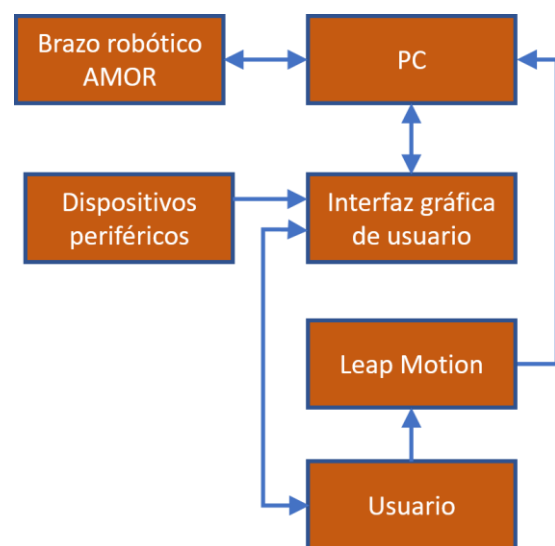


Figura 1. Esquema del sistema propuesto.

### 3.1. Sensor Leap Motion

El sensor Leap Motion (Figura 2) es considerado un dispositivo innovador de seguimiento de tipo óptico basado en la visión estéreo. Puede rastrear todos los 10 dedos simultáneamente. Según lo indicado por el fabricante, la precisión en la detección de la posición de la yema de cada dedo es de aproximadamente 0,01 mm, con una velocidad de fotogramas de hasta 300 fps. Dentro de su superficie de 24 cm<sup>2</sup>, el controlador tiene tres emisores IR (infrarrojos) y dos cámaras IR. El campo de visión del controlador es muy amplio, hasta 150°, lo que da al usuario la oportunidad de mover su mano en 3D, al igual que en el mundo real.



Figura 2. Sensor Leap Motion.

### 3.2. Robot AMOR

El robot AMOR, fabricado por Exact Dynamics, es un brazo robótico multipropósito de 7 GDL, adecuado para educación, investigación y robótica de servicio. Tiene un diseño esbelto y con poca masa para reducir la inercia de cara a la seguridad. Tiene una carga útil de 2.5 kg y un alcance de aproximadamente 1 m.

El modelo disponible en el laboratorio cuenta además con 43 sensores de proximidad distribuidos adecuadamente a lo largo del robot para detección de obstáculos.

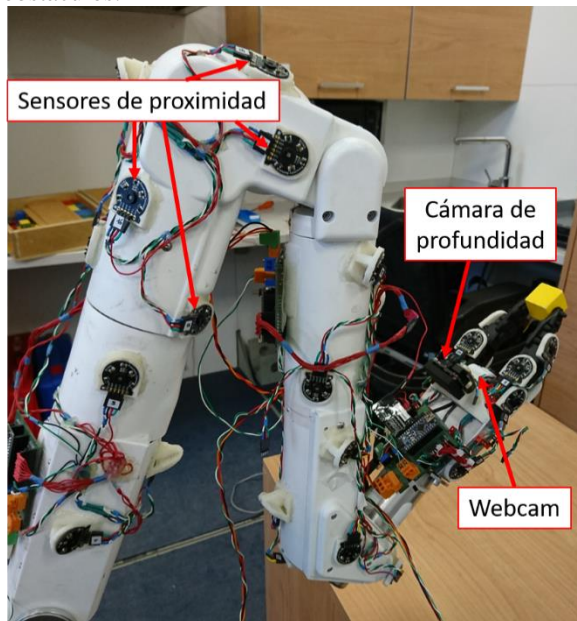


Figura 3. Brazo robótico AMOR.

En la Figura 3, se muestra al robot AMOR con los sensores de proximidad. Además, se puede apreciar las dos cámaras colocadas en el extremo del brazo, junto a la garra, una webcam RGB y una cámara de profundidad en miniatura. Para su programación, el robot dispone de una propia interfaz de programación de aplicaciones (API por sus siglas en inglés).

## 4. Módulo de reconocimiento gestual

### 4.1. Gestos de control

Para la implementación del módulo, se ha determinado una serie de gestos de control, a partir de los cuales llevar a cabo el control final del robot asistencial. Aunque a priori el módulo requiere de un pequeño rango de movilidad por parte del usuario, mediante el uso de los modos de control que se explicarán a continuación, se permitirá un mayor alcance a personas con movilidad reducida. Además, la función de reconocimiento de voz aumenta las opciones de control.

En función del sentido de movimiento de la mano, así como la inclinación de la misma, se podrá llevar a cabo el movimiento del robot, permitiendo inclinaciones YAW, PITCH y ROLL, es decir, las inclinaciones verticales, horizontales y planares de la mano, así como en movimiento cartesiano X, Y, Z. También se puede controlar la apertura o cierre de la garra del robot. En la Figura 4, se pueden ver los distintos movimientos de control implementados.

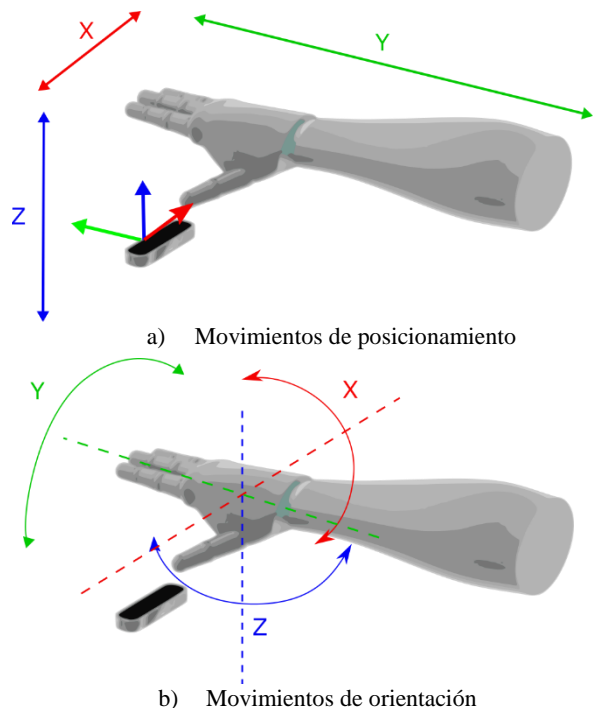


Figura 4. Gestos de control: a) Movimientos cartesianos para posicionamiento de la garra según sistema de referencia del sensor, y b) Movimientos para orientación de la garra.

## 4.2. Modos de control

En lo referente a las modalidades de control, se han planteado una serie de alternativas mediante las cuales facilitar el control, reduciendo las posibles dificultades de movimiento. Las modalidades de control implementadas en esta versión son las siguientes:

- **Control en posición:** consta de un módulo de control en posición según las coordenadas cartesianas del sistema de referencia del robot. En la Figura 5, se muestran los sistemas de coordenadas tanto del sensor como del brazo robótico. Se puede apreciar que los ejes de dichos sistemas no coinciden y, por tanto, el envío de coordenadas desde el sensor al robot no es directo.

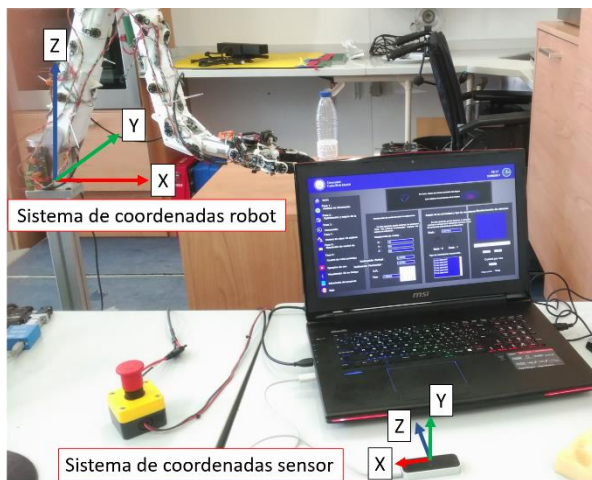


Figura 5. Sistemas de coordenadas.

El módulo de control implementado permite el movimiento lineal en tiempo real del robot (similar a un robot industrial), ajustando el sistema de referencia del Leap Motion al sistema de referencia del robot asistencial. De esta forma se envía la posición en coordenadas de la mano en X, Y, Z del Leap Motion al robot, por medio de interpolaciones lineales, e incorporando a su vez las inclinaciones de la mano, así como el estado de apertura de la garra. De cara al usuario, el movimiento se realiza de forma transparente según el sistema de coordenadas del robot, haciendo más intuitivo el control.

- **Control en velocidad:** en esta modalidad, se habilita una esfera virtual de control de 10 cm de diámetro en la cual no habrá captura de movimiento. La finalidad de esta esfera es evitar movimientos no deseados del robot debidos a pequeños desplazamientos de la mano. De esta forma, para que se mueva el robot, es necesario realizar un movimiento más amplio, lo que aporta un control más fino. Tras salir de la esfera de control, se podrá ejecutar el movimiento del robot: desplazando la

mano a la derecha se desplazará el robot a la derecha; hacia adelante, desplazará hacia adelante el robot; etc. Incorporando esta modalidad para todos los ejes y sentidos, se permiten todos los movimientos de forma simultánea y compatible con las inclinaciones de la muñeca, tal como se puede apreciar en la Figura 6.

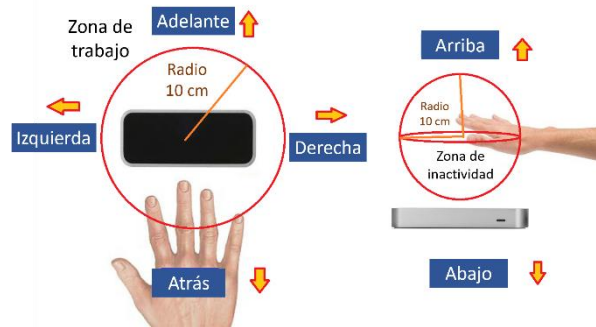


Figura 6. Control en velocidad.

Además, se ha configurado un control en velocidad para que el usuario sea capaz de comandar la velocidad con la que se desplazará el robot. A mayor distancia que se desplace la mano respecto del centro del Leap Motion, el robot se moverá con mayor velocidad (ver Figura 6).

La velocidad máxima de desplazamiento se trata de manera unitaria, es decir, ganancia de valor '0' para un rango de inactividad y que aumenta gradualmente a valor '1' alejándonos del centro del Leap Motion. El valor unitario se corresponde con la velocidad máxima admitida por el robot.

- **Control por voz:** la ejecución del módulo de control por voz se puede utilizar de forma simultánea con el movimiento físico del usuario. En caso de que el usuario tenga limitaciones para realizar algunos de los movimientos de control definidos previamente, el control complementario por voz le permitirá ejecutarlos.

Por ejemplo, la apertura y cierre completo de la mano es de difícil ejecución en personas con artrosis o lesión medular. Estos usuarios serían capaces de posicionar el robot; sin embargo, tendrían dificultades a la hora de controlar la garra.

Entre los comandos disponibles se encuentran: ARRIBA, ABAJO, ADELANTE, ATRÁS, DERECHA, IZQUIERDA, ABRIR y CERRAR.

## 4.3. Comunicación

Se plantea el uso de una red de comunicación distribuida entre los diferentes elementos del sistema. Para ello, se emplea el middleware YARP, una librería open-source en lenguaje C++ y que permite la comunicación entre procesos de una red de estas características.



El fundamento de la comunicación empleada es el siguiente: una vez se han capturado los movimientos, y realizado las operaciones pertinentes relativas al modo de control con el cual se esté operando, se ejecuta un submódulo C++ en segundo plano que lee los parámetros a enviar al robot, decodificando y separando cada parámetro, así como añadiéndole una etiqueta diferenciadora para que la API del robot sea capaz de distinguirlos.

En cada ciclo de adquisición de datos del sensor, se envía un paquete con las coordenadas X, Y, Z, YAW, PITCH, ROLL, y el estado de apertura o cierre de la mano. Dicho paquete de datos es recibido por el host del robot e identificado de acuerdo a las etiquetas, previo a la ejecución de la acción de movimiento.

#### 4.4. Interfaz de control

Se ha desarrollado una interfaz gráfica de control para la mejora de la accesibilidad y de uso del módulo. Para el diseño de la interfaz se han tenido en cuenta los principios de “Desarrollo para todos” para mejorar la accesibilidad y usabilidad.

A su vez, se llevó a cabo un análisis de simulación ante discapacidad visual, mediante el cual se seleccionó la combinación de colores finales resultantes con la finalidad de permitir un rango más amplio de usuarios. Entre los simuladores visuales empleados tenemos: “Accessibility Color Wheel”, mediante el cual se analiza el efecto del daltonismo, deutanopia, protanopia y trianopia; “aDesigner” y “Color Doctor”, los cuales analizan el efecto de la vista cansada y deficiencias del color de visión.

La aplicación consta de dos modalidades: una de usuario y otra avanzada. En el modo de usuario, únicamente están habilitadas las funciones de control de robot y de accesibilidad (visualización y tutoriales). Las demás opciones de la interfaz no se muestran y el control sobre el robot se realiza de forma transparente e intuitiva.

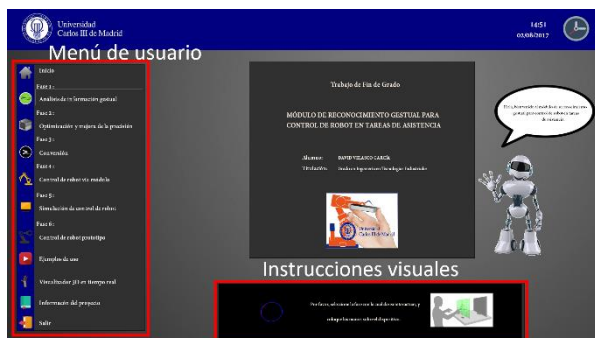


Figura 7. Menú principal de la interfaz.

El modo avanzado está pensado para permitir extender el uso del módulo gestual a otros robots. En este caso, el usuario sería capaz acceder a las funcionalidades completas de la interfaz, como por

ejemplo realizar simulaciones, tener acceso a parámetros cinemáticos del robot, etc.

En la Figura 7, se pueden ver las funcionalidades de la interfaz y que se detallan a continuación:

- **Análisis de información gestual:** permite observar los parámetros de adquisición del sensor, sin la necesidad de disponer del robot real, con el fin de comprobar su correcto funcionamiento y poder observar en tiempo real la toma y conversión de dichos parámetros.
- **Optimización y mejora de la posición:** se trata de un apartado en desarrollo, con el cual no solo se permite la detección de la mano, sino también el seguimiento de la posición de cada uno de los dedos. La finalidad es la de aumentar las opciones de control para usuarios más diestros.
- **Conversión:** sección informativa que indica las operaciones de conversión realizadas.
- **Control de robot:** permite al usuario seleccionar la modalidad de control adecuada y observar los distintos parámetros capturados, es decir, las coordenadas cartesianas, inclinaciones de la mano y el estado de apertura. A su vez, podrá observar los tipos de movimientos que ha realizado, tales como un “Tap” (toque) o un “Sweep” (barrido). Como añadido, podrá activar el modo de control por voz mediante un botón.
- **Visualización de cámaras:** con el fin de permitir la inspección del entorno de trabajo y dar apoyo al control telemático del robot (ver Figura 8), el usuario tiene acceso a un control de cámaras, mediante el cual podrá seleccionar cualquiera de las cámaras disponibles (cámaras acopladas en el robot, cámaras IP, etc.).



Figura 8. Pantalla de control con visualizador.

- **Simulador de control:** ofrece la opción de replicar los movimientos del robot a partir de los datos adquiridos por el Leap Motion en un entorno virtual y seguro. El entorno utilizado es RobotStudio.
- **Tutoriales/videos:** mediante esta sección, el usuario tendrá acceso a un conjunto de videos de uso de la aplicación, con los cuales podrá

formarse en caso de tener alguna dificultad a la hora de emplearla.

- **Visualizador en tiempo real:** mediante este apartado, se podrá acceder al visualizador proporcionado con el software del Leap Motion, el cual ofrece una representación visual del esqueleto de la mano en función de las lecturas del sensor en tiempo real.

Además, se ha desarrollado un módulo ejecutado en segundo plano, denominado “Asistente Virtual”. Este asistente tiene en cuenta posibles problemas auditivos y visuales del usuario. El módulo notifica todas las acciones que se realizan y aporta ejemplos de cómo llevar a cabo el control del módulo y cómo mover el robot.

Por otro lado, el módulo notifica situaciones críticas de la posición de brazo, como la aproximación a los límites en los ejes X, Y, Z, o las inclinaciones verticales y horizontales. También incluye una descripción de los comandos de voz a utilizar y del estado de cierre o apertura de la garra. Mediante este asistente se intenta aplicar el principio de desarrollo de “Diseño para todos”.

## 5. Experimentos con robot real

Para validar el sistema de control propuesto se han realizado tres tareas de asistencia utilizando el robot AMOR en el Laboratorio de Robótica Asistencial UC3M. La tarea 1 consistió en la apertura y cierre de un microondas. La tarea 2 fue la de pulsar un botón del panel del microondas para programarlo. En la tarea 3 se realizaron movimientos de recoger diferentes objetos (botella, taza, etc.) y desplazarlos una distancia aproximada de 50 cm.

Se realizaron varias repeticiones de cada tarea y se cronometró el tiempo empleado, mostrándose los resultados en la Figura 9. Los videos se encuentran disponibles online<sup>1</sup>.

Se puede apreciar que la tarea 1 es la que más tiempo ha necesitado, debido a que requiere de más movimientos para llegar a la posición adecuada. La tasa de acierto en completar la tarea es del 100% con un tiempo promedio de 140 segundos. La tarea 2 es la que menos tiempo emplea debido a la cercanía de los botones, pero ha obtenido una tasa de acierto del 70% y un tiempo promedio de 55 segundos en completarla. Debido a la forma de la garra del robot, la pulsación de los botones se ve limitada. Para la tarea 3 se han obtenido tiempos con menos dispersión, con un promedio de 87 segundos y tasa de acierto del 100%.

Por último, para la mejora de reconocimiento de voz, se llevó a cabo un entrenamiento empleando la base de reconocimiento de voz de Microsoft,

permitiendo la identificación de los comandos con tasas de acierto del 80% y superiores.

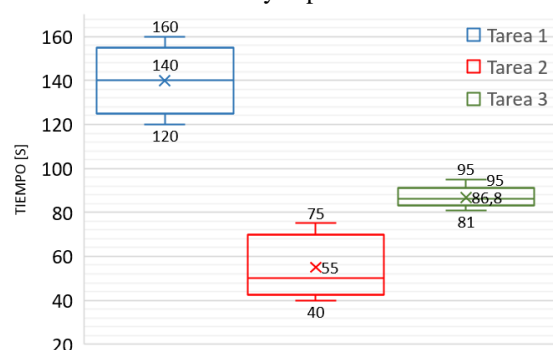


Figura 9. Tiempos empleados en ejecución de tareas.

Como líneas futuras de investigación, sería importante destacar la adaptación del módulo en un sistema más reducido, dado que ahora requiere de ordenador para su ejecución; por ello, sería adecuado su traspaso a sistemas de menor tamaño como una Raspberry, así como expandir el sistema operativo de Windows a otras plataformas tales como Android, OSx o Linux.

Además, se está trabajando en el acople del robot a una silla de ruedas para ampliar los casos de aplicación (Figura 10). En esta configuración en particular, debido a que el usuario ocupa parte del espacio de trabajo del brazo robótico, la seguridad en la interacción es de suma importancia. Para ello, se está estudiando el uso de los sensores de proximidad para detectar la presencia del usuario o de obstáculos durante la ejecución de una tarea.

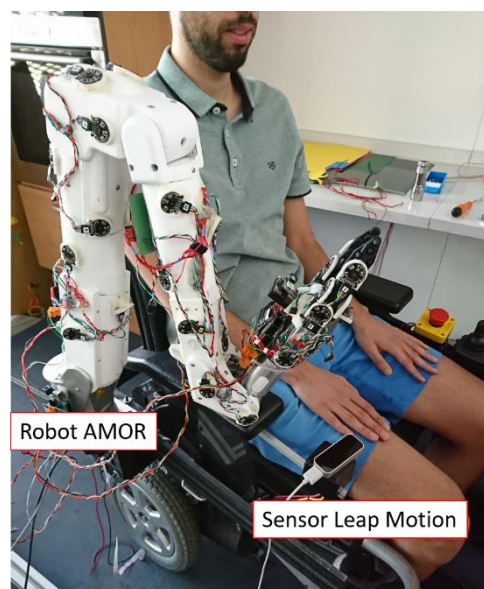


Figura 10. Robot AMOR acoplado a silla de ruedas.

## 6. Conclusiones

En este artículo, se ha presentado el diseño y desarrollo de un sistema basado en el reconocimiento de gestos de la mano, usando el sensor de bajo coste

1

<https://www.youtube.com/watch?v=DU1mztLFsmE>

Leap Motion, para el control de un robot en tareas de asistencia.

Dicha aplicación está principalmente orientada a personas que conservan movilidad en extremidades superiores, pero que carecen de fuerza, como por ejemplo lesionados medulares.

La selección de un control cartesiano para el movimiento del robot parece adecuada, ya que los movimientos se pueden realizar desde un sistema de coordenadas fijo situado en una silla de ruedas o espacio adaptado. En este caso, el usuario se desplazará conjuntamente con dicho sistema, siendo la ejecución de los movimientos más intuitiva.

La implementación de la interfaz de control aumenta la accesibilidad del sistema propuesto, añadiendo al control gestual un método de control por voz y asistente virtual.

Sin embargo, a pesar de que el sistema completo (robot, módulo de control e interfaz) ha sido validado con éxito en el laboratorio, completando satisfactoriamente las tareas propuestas, es necesario realizar ensayos con usuarios reales para ampliar el estudio. Los distintos niveles de afectación tras una lesión medular pueden incluir factores no tenidos en cuenta en el diseño inicial.

## 7. Agradecimientos

A todo el equipo del Laboratorio de Robótica Asistencial del Parque Científico y Tecnológico UC3M. La investigación que lleva a estos resultados ha recibido financiación del proyecto ROBOHEALTH-A (DPI2013-47944-C4-1-R), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad español y del proyecto RoboCity2030-III-CM (S2013 / MIT-2748), financiado por Programas de Actividades de I + D en la Comunidad de Madrid y co-financiado por los Fondos Estructurales de la UE.

## 8. Referencias

[1] Bassily, D., Georgoulas, C., Guettler, J., Linner, T., & Bock, T. (2014, June). *Intuitive and adaptive robotic arm manipulation using the leap motion controller*. In *ISR/Robotik 2014; 41st International Symposium on Robotics*; Proceedings of (pp. 1-7). VDE.

[2] Boyali, A., Hashimoto, N., & Matsumoto, O. (2014). Hand posture control of a robotic wheelchair using a leap motion sensor and block sparse representation based classification. In *SMART 2014, The Third International Conference on Smart Systems, Devices and Technologies* (pp. 20-25).

[3] Driessen, B. J. F., H. G. Evers, and J. A. v Woerden. "MANUS—a wheelchair-mounted rehabilitation robot." Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine 215.3 (2001): 285-290.

[4] Fall, C. L., Turgeon, P., Campeau-Lecours, A., Maheu, V., Boukadoum, M., Roy, S., ... & Gosselin, B. (2015, August). *Intuitive wireless control of a robotic arm for people living with an upper body disability*. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE* (pp. 4399-4402). IEEE.

[5] Guna, J., Jakus, G., Pogačnik, M., Tomažič, S., & Sodnik, J. (2014). *An analysis of the precision and reliability of the leap motion sensor and its suitability for static and dynamic tracking*. *Sensors*, 14(2), 3702-3720.

[6] Heisnam, L., & Suthar, B. (2016, December). *20 DOF robotic hand for tele-operation:—Design, simulation, control and accuracy test with leap motion*. In *Robotics and Automation for Humanitarian Applications (RAHA), 2016 International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.

[7] Liu, Y., & Zhang, Y. (2015). *Toward welding robot with human knowledge: A remotely-controlled approach*. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 12(2), 769-774.

[8] Mahoney, Richard M. "The raptor wheelchair robot system." *Integration of assistive technology in the information age* (2001): 135-141.

[9] Škraba, A., Koložvari, A., Kofjač, D., & Stojanović, R. (2015, June). *Wheelchair maneuvering using leap motion controller and cloud based speech control: Prototype realization*. In *Embedded Computing (MECO), 2015 4th Mediterranean Conference on* (pp. 391-394). IEEE.

[10] Smith, C., & Christensen, H. I. (2009, October). *Wimote robot control using human motion models*. In *Intelligent Robots and Systems, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ International Conference on* (pp. 5509-5515). IEEE.

[11] Venna, T. V. S. N., & Patel, S. (2015, April). *Real-Time Robot Control Using Leap Motion A Concept of Human-Robot Interaction*. ASEE.

[12] Victores, J. G., Morante, S., Jardón, A., & Balaguer, C. (2013). *Creación de tareas de asistencia robótica mediante la interacción multimodal*. VII Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad IBERDISCAP, 21.

[13] Weichert, F., Bachmann, D., Rudak, B., & Fisseler, D. (2013). *Analysis of the accuracy and robustness of the leap motion controller*. *Sensors*, 13(5), 6380-6393.

[14] World Health Organization. *World report on disability*, World Health Organization. 2011.

[15] Yu, N., Xu, C., Wang, K., Yang, Z., & Liu, J. (2015, June). *Gesture-based telemanipulation of a humanoid robot for home service tasks*. In *Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), 2015 IEEE International Conference on* (pp. 1923-1927). IEEE.