

## CAPÍTULO 8

### **ASIBOT: ROBOT PORTÁTIL DE ASISTENCIA A DISCAPACITADOS. CONCEPTO, ARQUITECTURA DE CONTROL Y EVALUACIÓN CLÍNICA**

A. JARDÓN, R. CORREAL, S. MARTINEZ, A. GIMÉNEZ, C. BALAGUER

*RoboticsLab, Universidad Carlos III de Madrid - España*

#### **Resumen**

En este artículo se presenta el siguiente paso en la introducción de nuevas tecnologías en una vivienda, los “electrodomésticos móviles”, es decir, robots. El robot ASIBOT es un “electrodoméstico” móvil, diferente a los robots móviles tradicionales, que puede moverse a través de conectores situados en cualquier punto de la casa, desarrollando diferentes tareas cotidianas de asistencia a personas discapacitadas, como ayuda a comer, beber, aseo personal, manipulación de objetos, etc. Además, en este artículo se presentan algunos resultados de los ensayos clínicos efectuados con pacientes reales en la realización de AVDs (Actividades de la Vida Diaria) en el Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo.

Palabras Clave: Robots de asistencia, robótica de rehabilitación, discapacidad

#### **1 Introducción**

Históricamente la tecnología utilizada en el hogar ha venido en los electrodomésticos de la gama blanca o gris, equipos eléctricos como los lavavajillas, hornos, etc. Más tarde se introdujeron sensores y actuadores, permitiendo cierta automatización en el hogar para el control de la iluminación, el control de la temperatura, detección de intrusos, alarmas

contra el fuego, etc. Pero todos estos elementos tradicionales son estáticos, es decir, están instalados en la casa y permanecer en ella durante la vida de la vivienda realizando siempre la misma tarea. Cada vez se están introduciendo más equipos para hacer más confortable la vida en el hogar. La inteligencia ambiental, basada en las nuevas tecnologías de la información, permite introducir microprocesadores de bajo coste en los electrodomésticos tradicionales, así como en muebles, ropas, electrodomésticos de línea blanca, paredes, etc. Todos estos microprocesadores pueden hablar unos con otros utilizando interfaces inteligentes, que permiten a los habitantes de la casa estar integrados en un entorno inalámbrico de comunicación. Las tecnologías que soportan la Inteligencia Ambiental ofrecen una oportunidad excelente, no solo para la mejora del entorno domestico, sino que al estar esencialmente diseñadas para todos mejoraran su nivel de vida e incluso haciéndoles más independientes (Aarts et al., 2002; Buss and Schmidt, 1999).

Existe un problema evidente en el diseño de Robots Asistenciales (RA) que un ratio beneficio-coste muy bajo de los desarrollos. Esto es debido a diversos factores como son:

- Las tecnologías empleadas en los RA son intrínsecamente caras.
- Los productos relacionados con la discapacidad se centran en cubrir nichos de mercado, al plantear soluciones muy específicas llegando a pocos individuos, siendo necesario un diseño complejo no a medida o bien una adaptación cara.
- La funcionalidad de los dispositivos existentes no cumple las expectativas ni las necesidades de los usuarios.

Es necesario aumentar este ratio, reduciendo costes y aumentando el beneficio, identificando correctamente las necesidades de los usuarios, la funcionalidad, la usabilidad e incrementando el número de personas al que se dirige la ayuda. El concepto domótico de casa inteligente o “Smart Home” para gente discapacitada, integra dispositivos para la asistencia de los inquilinos y dispositivos para la continua monitorización y supervisión de su salud.

Este artículo presenta el siguiente paso en la introducción de nuevas tecnologías en el entorno doméstico, de acuerdo con el concepto de “autonomía modular” introducido por P. Dario (Guglielmelli E., 1997). El con-

cepto principal es introducir elementos “inteligentes” y móviles en la casa, es decir, robots. Así mismo, otro paso adelante supone extrapolar este enfoque a otros entornos fuera del hogar, la oficina, el supermercado, etc., de forma que el usuario disponga de las ayudas modulares también fuera de su hogar adaptado. En este contexto, se propone la estructura denominada “Núcleo Asistencial Portátil” que permite diversas formas de controlar los sistemas, desde el punto de vista de la interacción con el usuario y el entorno, variando el nivel de autonomía o asistencia según las necesidades y que permitirá personalizar el sistema robótico asistencial a las necesidades específicas, con un esfuerzo y coste mínimos.

Existen diversas propuestas para el desarrollo de sistemas de asistencia modulares, a personas mayores y discapacitadas, para el trabajo y el hogar. Consisten fundamentalmente en integrar bajo una red de comunicaciones domótica, tres tipos de módulos, compartiendo soporte físico y protocolo:

- Dispositivos domóticos estándar, que implementan control de iluminación, ventanas, persianas, puertas, climatización y calefacción, seguridad frente a fuego e intrusión, etc.
- Electrodomésticos de gama blanca y marrón, dotados de conectividad. Se incluyen en estos sistemas las funcionalidades que permiten la introducción de las tecnologías de la información y comunicación en el hogar ADSL, sistemas de tele-asistencia médica, tele-conferencia, TV a la carta interactiva, etc.
- Ayudas técnicas basadas en RA, como sillas de ruedas autónomas y sistemas de asistencia personal, RA sobre plataforma móvil, RA portátil ASIBOT, etc.
- El usuario realiza la interacción a través de distintos módulos adaptados con interfases hombre-máquina personalizados (HMI).

Todos estos dispositivos se ponen a disposición del usuario para que los use como mejor satisfaga sus necesidades particulares. En este sistema modular, la inclusión de asistentes robóticos se justifica para la realización de tareas de manipulación. La ayuda presente en cada hogar, dependerá del tipo y grado de discapacidad del usuario, pudiendo coexistir varias de estas ayudas, por ejemplo silla de ruedas, manipuladores móviles y ayudas automatizadas para la asistencia a la transferencia del usuario. Cada módulo puede ser fácilmente añadido o desconectado del entorno, de forma transparente al usuario, utilizando el sistema de comunicaciones sin necesidad de reconfigurarlo, de forma similar a como lo realizan los dispositivos con tecnologías Bluetooth, (“hot plugging/unplugging”). Cada dispositivo pre-

sente proporciona su funcionalidad al usuario y a los demás dispositivos. El sistema de control y supervisión se encuentra distribuido entre todos los dispositivos, de forma que cada uno de ellos trabaja de forma coordinada con el resto y planifica su comportamiento en respuesta a otros componentes o a los usuarios.

La utilidad de cualquier ayuda, sea robótica o no, está estrechamente relacionada con su facilidad de uso. La usabilidad vendrá determinada en gran medida por la complejidad del sistema y la interfase de usuario. No siempre la solución más compleja es la mejor, la aproximación más realista deberá tener un elevado ratio beneficio coste. Mediante la evaluación basada en ensayos clínicos, se pretende obtener la realimentación necesaria para personalizar y adecuar los interfases y el sistema de control a las necesidades de cada usuario, pero manteniendo el mismo sistema básico y acotando los costes del sistema en su conjunto.

## **2 El concepto de robot portátil**

La característica fundamental que debe asegurar un robot asistencial es que posibilite al usuario obtener capacidades aumentadas, gracias a la utilización del sistema sensorial (que cubrirá las deficiencias perceptivas del usuario) y al sistema locomotor que ejecutará las acciones deseadas sobre el entorno, (cubriendo así sus deficiencias motoras). Si todo este sistema se puede desplazar allá donde vaya el usuario, se puede considerar que el sistema es portátil. Para que se pueda desplazar el robot tendrá su propio sistema locomotor o usará el medio de locomoción que el usuario, generalmente la silla de ruedas. En la siguiente sección se revisarán las características que hacen al ASIBOT el primer sistema asistencial portátil.

### **2.1 El robot ASIBOT**

El robot ASIBOT presenta una configuración cinemática de 5 GDL simétrica, ya que tiene la posibilidad anclarse por ambos extremos, (Giménez et al., 2005). Cada extremo tiene un mecanismo de anclaje para conectarse a la pared o a la silla de ruedas, y una pinza. El robot tiene una estructura de aluminio en sus diferentes articulaciones y los eslabones son de fibra de carbono. Estos dos eslabones centrales contienen los equipos electrónicos y la unidad de control del brazo. De esta forma, el robot con tan sólo 12 kg, es completamente autónomo salvo que precisa de conexión

exterior para su alimentación. Los actuadores se han diseñado de forma que servomotor, freno y reductor quedan integrados formando cada eje motriz extremadamente compacto y ligero. La energía necesaria para todo el robot se recoge del conector eléctrico ubicado en el centro del anclaje mecánico (DS). La cadena cinemática y los rangos de giro del robot se pueden apreciar en la figura 1.

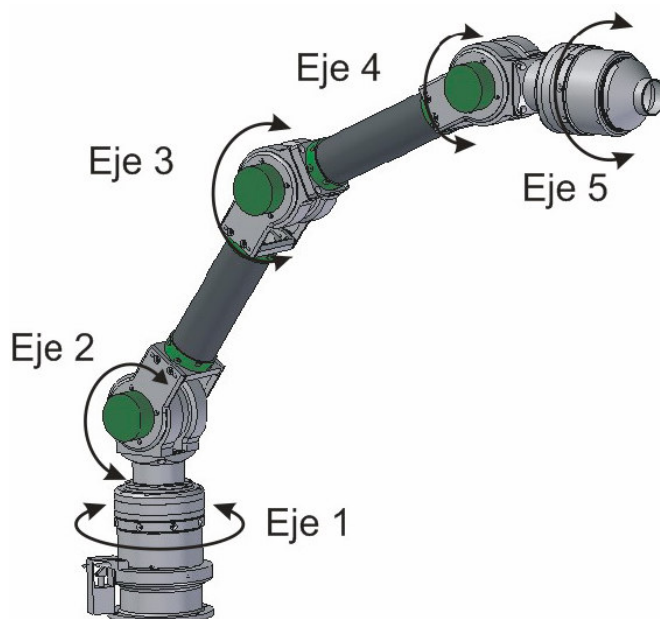


Fig. 1 Cadena cinemática del robot ASIBOT

El robot ASIBOT puede moverse con gran precisión y fiabilidad entre los conectores de anclaje. Los conectores pueden ser alojados en la pared o bien se instalan sobre un raíl en determinadas localizaciones con el objetivo de prolongar el rango de acción del manipulador. Lógicamente para que el sistema ASIBOT sea totalmente operativo en un entorno, se precisa cierta adaptación consistente en la instalación de conectores de anclaje en determinados lugares de paso y trabajo haciendo posible la transición de un lugar a otro de la casa o desde una pared a una silla de ruedas o viceversa. Este alto grado de flexibilidad tiene una gran implicación en el cuidado de personas discapacitadas o ancianos con problemas de movilidad en las extremidades superiores. La modularidad del sistema robótico hace posible que éste crezca tanto como sea el nivel de discapacidad de la persona que lo vaya a utilizar. Los conectores permitirán al robot desplazarse de un lu-

gar de trabajo a otro de forma autónoma siguiendo directivas de movimientos pre-programados según las necesidades del usuario. Se concibieron tres clases distintas de anclajes o DS: fijas; a la pared, techo, suelo, muebles u otros lugares de la casa donde sean necesarios para la tarea que se vaya a realizar tales como colocar platos en una mesa o dar de comer a una persona. Los anclajes móviles sobre un raíl, permiten al robot desplazarse distancias largas a mayor velocidad. Si se coloca un DS en un raíl montado en la silla de ruedas, el usuario podrá usar el robot como los clásicos RA MANUS, (Kwee, 1993) y RAPTOR, (Mahoney, 1993). Habrá una DS especial en un lugar de la casa para permitir la transición del robot desde la silla de ruedas a la red de DS fijas y viceversa.

El robot ASIBOT se podría clasificar como escalador, ya que está diseñado para trabajar desde diferentes posiciones, allá donde tenga una DS, y poder moverse de una a otra y de un plano a otro, incluso a través de esquinas convexas. También podría ser clasificado como manipulador, porque una vez anclado, sus operaciones principales son coger y mover cosas o posicionar herramientas.

Cada extremo del robot aloja el sistema de anclaje y una garra para poder manipular objetos. La solución adoptada consistió en una garra formada por tres dedos retractiles que se esconden para realizar el anclaje (Jardón et al., 2006). En suposición de trabajo, permite manipular herramientas acopladas a su extremo libre, dotadas de actuadores bajo el control del sistema y/o del propio usuario. El dispositivo de agarre no está ubicado en el robot sino que está colocado en la superficie, y lo que hace el robot es ir desplazándose de un anclaje a otro. Sin embargo, dado su carácter auto-contenido, su bajo peso y su capacidad de anclarse al DS de la silla del usuario, lo denominaremos RA portátil.

## **2.2 Aplicaciones del robot ASIBOT**

Las principales tareas del robot ASIBOT están relacionadas con las tareas domésticas. No es necesario un alto grado de precisión durante estos movimientos, excepto en el caso de que el robot se mueva entre dos DS. Durante el proceso de diseño se decidió que mientras se realiza la tarea de dar de comer o las tareas de afeitado, el robot lo único que tiene que hacer es presentar la cuchara o la maquinilla de afeitado, o el cepillo de dientes al usuario. La figura 2, muestra diferentes entornos de trabajo donde el robot ASIBOT coopera en el desarrollo de diferentes tareas, tales como beber, dar de comer o utilizar un cepillo de dientes eléctrico. Durante estas tareas

es muy importante el control de las distintas trayectorias del brazo y sus perfiles de velocidad y aceleración, ya que el robot se moverá muy cerca del usuario. Si el robot se mueve con la cuchara llena de comida, será crucial el control de la orientación del extremo para evitar que ésta se caiga de la cuchara.



Fig. 2 Robot ASIBOT asistiendo en la realización de tareas

Así el robot permite acercar objetos, coger y mover utensilios usados para las actividades de la vida diaria hasta un plano de trabajo próximo al usuario. Así el robot, por ejemplo, acerca la cuchara cerca de la boca del usuario y este con la movilidad residual del cuello puede introducirse la comida en la boca. Este mecanismo se utiliza en el RA de mayor éxito comercial el HANDY 1 (Topping, 2002). De esta forma la seguridad no se ve comprometida al recaer en la voluntad de la persona los movimientos finales necesarios para contactar con el robot o utensilios que maneja.

En definitiva se ha logrado integrar en un diseño innovador y portátil las funcionalidades de robot escaladores y brazos manipuladores con un propósito asistencial para personas discapacitadas, y anclando el robot en la silla de ruedas del usuario el ámbito de operación no se limita al entorno doméstico.

### **3. Evaluación y estudio de usabilidad**

El proyecto denominado ASIBOT, “Desarrollo y experimentación de un robot personal portátil de ayuda a personas discapacitadas y mayores en actividades de la vida diaria”, fue aprobado por el IMSERSO en su línea de Investigación Científica de Desarrollo e Innovación de Tecnología de Apoyo a las personas con discapacidad y personas mayores en el año 2005. La entidad coordinadora ha sido el RoboticsLab, del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad Carlos III de Madrid y como entidad participante figura la Fundación Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo para la Investigación y la Integración (FUHNPAIN). El objetivo del estudio fue experimentar y valorar el robot ASIBOT sobre una muestra de pacientes lesionados medulares en un entorno intrahospitalario, simulando un ambiente cotidiano para determinadas actividades de la vida diaria básicas. De la experimentación se deberían recoger de forma estructurada las impresiones del uso del robot y generar nuevas ideas u opiniones de los usuarios no contempladas a priori en el proyecto, con el fin de servir de base para mejorar el diseño de un nuevo prototipo.

#### **3.1 Material y Método**

Se pretende evaluar la usabilidad del robot ASIBOT, mostrado en la figura 7, cuando se utiliza para asistir a los usuarios en AVDs en el contexto del aseo ubicado en las instalaciones de la Unidad de Terapia Ocupacional del Hospital que forma parte de un no cotidiano doméstico. Para ello se llevaron a cabo ciertas adaptaciones, del aseo y de ciertos útiles a usar por el robot. En la figura 6 se muestra el escenario elegido para los ensayos antes y después de las adaptaciones.

Dentro del plan de trabajo del proyecto inicial de desarrollo del robot ASIBOT, una etapa fundamental fue el desarrollo de un formato de ensayos.

Para la realización del presente estudio se valoraron diversas pruebas de Valoración Funcional (López Mongil et al., 2000) de AVDs. Se entiende por Actividades de la Vida Diaria Básicas (AVDB) las principales tareas del auto-cuidado personal, siendo su análisis uno de los factores clásicos para la planificación de los cuidados y los recursos socio-sanitarios necesarios para personas discapacitadas y ancianos. La metodología de trabajo se basó en la recogida de información de forma estructurada de la interacción de los usuarios seleccionados con el robot.



Para ello se elaboró un plan de ensayos en el que se concretaron los distintos escenarios y tareas a desarrollar. En las pruebas se contó con la presencia de los usuarios y de personal de las dos entidades implicadas en el estudio. Se recogió información de cada uno de los usuarios que interactuaron con la ayuda técnica y posteriormente se llevó a cabo un análisis de dicha información. Para finalizar se elaboraron unas conclusiones finales derivadas de las respuestas recogidas.

### **3.2 Adaptaciones precisas para el ASIBOT**

A pesar de que en cada extremo del robot se dispone de una garra con tres dedos, la forma de ciertos útiles dificulta enormemente que el robot los pueda manipular correctamente. Para solventar esta dificultad se utilizan adaptadores de herramientas, que son piezas diseñadas exclusivamente para que el robot las manipule con su extremo libre, asiéndolas con el mismo mecanismo de tipo bayoneta que usa para su propio anclaje. De esta forma, se han podido adaptar para que sean manejables por el robot una maquinilla de afeitar eléctrica, un cepillo de dientes eléctrico, una esponja, una brocha de maquillaje, un vaso y una botella. En la figura 3 se aprecian algunos de estos útiles adaptados.



Fig. 3 Portaherramientas para el robot ASIBOT

Las piezas para adaptar estas herramientas se han realizado mediante técnicas de prototipado rápido en material polimérico por aportar rigidez estructural limitada y bajo peso, lo cual en caso de colisión fortuita con el entorno o el propio usuario resultará en que la pieza se rompa sin causar lesiones al usuario. La utilización de técnicas de prototipado 3D evita el complejo mecanizado de las formas redondeadas y chaflanes redondeados adoptados para minimizar el daño en caso de colisión.

En la misma línea de asegurar en todo momento la seguridad del usuario, se han tomado otras medidas de seguridad como son la delimitación de

zonas de paso prohibidas, y la limitación de la velocidad articular en cada eje. Para definir estas zonas prohibidas se modeló el entorno de trabajo del robot, el baño adaptado y el usuario y se utilizaron simulaciones en realidad virtual para definir estas restricciones. En la figura 4 se muestran las zonas delimitadas. Esta definición se incluyó en el sistema de control cinemático del robot para evitar contactos no deseados con el robot incluso en control directo. Además se utilizaron estas simulaciones para decidir el número de conectores necesarios para que el robot desarrolle sus tareas asistenciales con un nivel de destreza óptimo. El parámetro que determina la capacidad de manipular desde una determinada configuración viene dado por el Índice de Yoshikawa, (Yoshikawa, 1985), que evalúa la capacidad de cambiar de forma arbitraria la posición y orientación del extremo. Yoshikawa propuso un método para su cuantificación, el Índice de destreza, que proporciona una medida de la destreza del manipulador, determinando geoméricamente lo alejado que se encuentra el extremo del robot de una singularidad. Este coeficiente es muy utilizado para la optimización de posturas en la realización de tareas, planificación de trayectorias, y para evitar puntos singulares al ejecutar trayectorias. En base a los índices obtenidos mediante simulación, se decidió la mejor ubicación de los conectores para el robot, la posición de la estantería desde la cual el robot pudiera anclar por sí mismo cada herramienta, y la ubicación del dispensador automático de jabón que usa el robot al sostener la esponja. Así mismo, se incluyó un grifo de lavabo dotado de una electroválvula accionada por infrarrojos. De esta manera, el robot no precisa accionar ninguna llave para abrir el grifo sino que acerca el cepillo tal y como lo haría el usuario si tuviera movilidad suficiente.

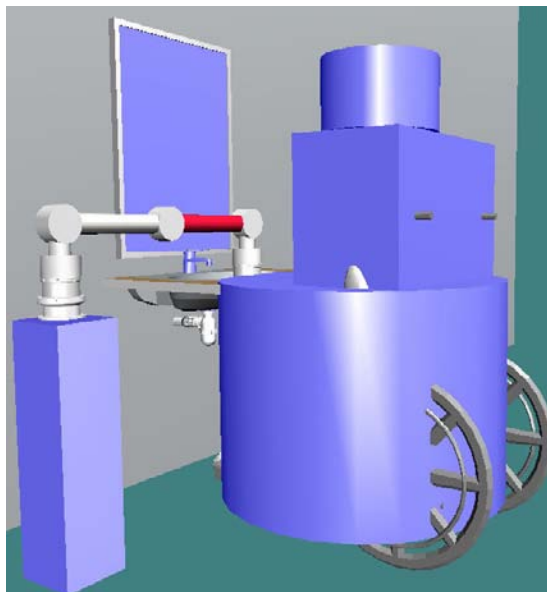


Fig. 4 Modelo del baño con volumen de seguridad

### 3.3 Descripción de los usuarios

Para los ensayos se seleccionó como población objetivo a personas con Lesión Medular Espinal con más de un año desde que se produjo la lesión. De este modo, no se consideraban aquellos casos con lesión aguda. Se trataba de identificar usuarios que tras superar la fase inicial hubieran experimentado estancias habituales en sus domicilios, dando lugar a la percepción de las principales dificultades con las que se encuentran en su vida diaria. De este modo serían capaces de valorar de forma más objetiva la funcionalidad de la ayuda técnica al encontrarse diariamente con numerosos problemas de dependencia.

El robot se muestra especialmente útil para asistir a la persona con gran discapacidad. Por ello, se eligieron personas con afectación a nivel cervical, desde el nivel neurológico C4 hasta C8, por las consecuentes limitaciones a nivel de miembros superiores y la posibilidad de realizar sin problemas de capacidad vital las distintas pruebas. Los criterios de exclusión fueron: epilepsia, retraso mental, deficiencia visual no corregida o afectación psiquiátrica. Con estos criterios la población analizada en la prueba definitiva fue de cinco usuarios.

### **3.4 Metodología de recogida de información**

Tras realizar una exhaustiva revisión bibliográfica, se procedió al diseño de la investigación y se valoraron varios test relacionados con el desarrollo de metodología para evaluar la satisfacción del usuario de dispositivos de ayuda al discapacitado (Jutai et al., 2005; Demers et al., 1996). Desde la concepción del sistema asistencial se incorporó el concepto de usabilidad, íntimamente relacionado con el grado de satisfacción de un producto. Se decidió que la técnica o herramienta empleada para realizar la evaluación del producto, debería proporcionar información acerca de la opinión de los usuarios representativos de forma individual mediante intervenciones consecutivas de varios de ellos. Estos usuarios serían beneficiarios directos de la ayuda y la recogida de la información sería ejecutada de forma presencial (Demers et al., 1999; López et al., 2001; Demers and Ska., 2000).

Finalmente, de entre todas las técnicas revisadas que hacen posible la participación del usuario y ante la inexistencia de un sistema adecuado a nuestras necesidades para evaluar la satisfacción de los usuarios, se tomó como base para el diseño la intervención a través de las siguientes técnicas: “pruebas de usabilidad” apoyadas en la “creación de escenarios” y aplicando criterios de valoración definidos en el denominado “Test K.I.U.” (Poveda, 2003).

Los objetivos principales de estas técnicas hacen referencia a conocer problemas importantes y frecuentes detectar fallos, necesidades o requisitos, generar criterios de diseño y requerimientos del usuario final así como la valoración global de la usabilidad (detectar carencias, posibles causas y proponer soluciones) del producto, que nos permitirá plantearnos qué aspectos son necesarios modificar en el nuevo diseño. Las principales carencias de usabilidad hacen referencia a criterios de facilidad de aprendizaje de uso, utilidad y funcionalidad, facilidad de uso y satisfacción en el uso.

Se han incorporado estas técnicas al diseño de un cuestionario propio elaborado por el personal de la Unidad de I+D+I de Biomecánica y Ayudas Técnicas del Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo. Previamente, mediante un estudio piloto se aseguró la validez de los datos y comprensión de las preguntas. Se analizó la adecuación de las preguntas a los objetivos y se comprobó que el tiempo de duración total del test no fuera superior a los 30 minutos con el fin de evitar fatiga y distracción. Se evitaron preguntas que provocaran estímulos negativos en el usuario y se incluyeron explicaciones para completar el cuestionario. El usuario debería contestar de forma rápida y sin detenerse demasiado tiempo en reflexionar

cada una de las respuestas. Los cuestionarios fueron anónimos, en caso necesario contaron con la ayuda del personal sanitario de la Unidad de Biomecánica para rellenarlo. No se recogió ningún dato personal que identificara a cada paciente a excepción del nivel de lesión medular. Este dato podría ser interesante para identificar las capacidades residuales del paciente y relacionarlas con las respuestas.

El cuestionario de los ensayos constaba de tres partes: Una primera parte de preguntas cerradas, con respuestas graduadas en una escala satisfactoria aditiva de Likert graduada en 5 puntos (de +2 a -2) y centrada en la valoración de las funciones o actividades propuestas a realizar por el robot durante los ensayos. La segunda parte consistió en preguntas con el formato anterior centradas en la valoración de las características del robot. En la tercera parte del cuestionario se formulaban cuatro preguntas abiertas sobre el uso, la utilidad y las necesidades asistenciales de cada individuo.

Finalmente, se valoró de forma general la ayuda técnica a través de dos preguntas concretas con respuestas en un formato de escala ordinal.

### **3.5 Desarrollo de la Experimentación**

El equipo de trabajo constituido por personal de los dos colaboradores, creyó oportuno la realización de una prueba piloto previa a los ensayos en escenarios reales con el objeto de valorar formas distintas de interactuar con la interfase robot-usuario implementadas en una PDA donde en forma de grandes botones visuales-táctiles se mostraban seis opciones distintas a realizar por el robot (por ejemplo comer, beber, etc...). Se ofrecían los siguientes modos de selección ordenados de mayor a menores requerimientos de movilidad para accionarlos: 1º) Táctil, mediante contacto del usuario o con un lápiz. 2º) Joystick, para selección de opción con botón para validar. 3º) Reconocimiento de voz, con distintas opciones de activación y selección por voz: secuencia de encendido, barrido de opciones y diferentes selecciones mediante pulsación del licornio, del pulsador del joystick, por dicción de palabra clave, etc.).

En dicha prueba piloto se buscaba recoger la opinión a priori sobre las situaciones, actividades o tareas en las que el usuario piensa que podría beneficiarse de la ayuda del robot. Se interrogó sobre la facilidad de uso, lo práctico, la adecuación a sus capacidades de cada una de las interfases y la capacidad de manejarlas sin ningún tipo de ayuda. Finalmente, en dos preguntas abiertas se animó a los usuarios a exponer cualquier tipo de suge-

rencia o idea para un control más sencillo. Durante esta jornada se mostró un video demostrativo del prototipo realizando una variedad de actuaciones de ayuda al usuario discapacitado. Los resultados de esta primera fase indicaron el aseo como el más apropiado para la realización de los ensayos con el robot. En jornadas previas a la segunda fase de las pruebas, se prepararon las adaptaciones de las herramientas para realizar AVBs relacionadas con el entorno aseo, se programaron en la PDA un conjunto de primitivas de movimiento y se definieron las secuencias correctas de activación, dejando el sistema ASIBOT preparado para su uso por usuarios sin experiencia. Las funciones propuestas en este escenario fueron cuatro: beber (A), cepillarse los dientes (B), afeitado o maquillaje (C) y lavarse la cara (D).

### **3.6 Resultados**

El sistema ha sido probado por usuarios para obtener su opinión acerca del empleo de los robots en las vidas de las personas y en sus casas, y obtener los puntos de vista, predisposiciones, ideas y expectativas de los pacientes basándose en demostraciones reales acerca de las capacidades del sistema. En cuanto a los resultados, tras la evaluación de las diferentes interfases propuestas, se extrajeron las siguientes conclusiones de las respuestas de los usuarios: A excepción de una persona, todos manifestaron ser capaces de MANEJAR SOLOS las diferentes interfases propuestas: reconocimiento de voz (con distintas opciones), Joystick, Táctil y Secuencia de encendido con pulsador de selección. En cuanto a la FACILIDAD DE USO, la mejor valorada fue la opción Táctil seguida del reconocimiento de voz, el Joystick y por último la Secuencia de encendido. La interfase más PRÁCTICA resultó ser la Táctil, después la Voz y la Táctil en igualdad de resultados y por último la Secuencia de Encendido. Las interfases basadas en reconocimiento de VOZ y JOYSTICK fueron como las mejores valoradas en lo que respecta a la ADECUACIÓN de la interfase a sus CAPACIDADES DE MOVIMIENTO. En la segunda fase de los ensayos, se dejó que el usuario manejase la interfase para ejecutar las secuencias correctas de movimientos pregrabados del robot, que completasen la funcionalidad o tarea deseada.

Para cada una de las funciones se realizaron varias afirmaciones a las que se debía asignar una puntuación de respuesta graduada según escala Likert de valoración de la Satisfacción. En las tablas 1 y 2 se muestran los resultados (media y moda) obtenidos tras el análisis de los datos recopilados.

Tabla 1 Resultados de los test

Tarea	A	B	C	D
¿Te ha sido útil?	0,75/2	0,8/1	0,8/1	1,33/2
¿El HMI es práctico y fácil de usar?	1,2/2	0,6/1	0,7/1	0,66/2
¿Precisas de otra ayuda usando ASIBOT?	0,8/1	0,33/1	0/-1	0,14/1
¿Te permite incrementar tu autonomía?	1,4/1	0,5/0	0,2/-1	0,66/2
¿EL uso del ASIBOT te ha supuesto esfuerzo físico o mental?	1,4/2	0,66/1	0,33/1	0,33/1
¿has podido completar la tarea con éxito?	1,8/2	0,16/0	1,66/1	1,3/1
Te motiva el uso del robot?	1,2/1	0,8/0	0,7/1	0,6/1
¿Cual es tu impresión general?	2/2	1/0	1/1	1/2

Tabla 2 Principales aspectos evaluados

FACTORES	media/moda
Estética	0,65/2
Tamaño, alcance	-0,25/0
Facilidad de uso	0,83/1
Velocidad de operación	1,54/2
Seguridad	0,82/1
Robustez	1,85/2
Facilidad de puesta en marcha	1,20/1
Impresión general	1,5/1

## 4 Conclusiones

El sistema robótico denominado ASIBOT, supone un avance significativo en el campo de los robots de servicio, ya que incorpora todos los sis-

temas electrónicos de accionamiento, control y comunicaciones a bordo del robot, lo que supone el primer robot manipulador escalador portátil. Es decir, no solo puede ser portado de un entorno a otro con facilidad, sino que escalando entre distintos conectores se puede desplazar por sí mismo e incluso acompañar al usuario montado a su silla de ruedas. El sistema de control que se facilita al usuario está basado en una interfase multimodal que funciona en base a un PDA, y proporciona un sistema de teleoperación asistido.

Se puede deducir que las necesidades asistenciales tanto de personas mayores como discapacitados debidos a la pérdida de movilidad son susceptibles de mejora utilizando una asistencia robótica como la evaluada. Se descubre el elemento de evaluación como primordial fuente de realimentación para los equipos de diseño robótico, generalmente desconocedores de las necesidades básicas de los potenciales usuarios. Para los gestores de las administraciones públicas es fundamental para poder satisfacerla creciente demanda social conocer qué ventajas puede aportar el uso de las nuevas tecnologías para el cuidado personal. Por ello se han utilizado instrumentos que aportan información sobre la cantidad de trabajo que una persona va a generaren función de su dependencia, y así conocer bien las necesidades de personal en el ámbito institucional.

Se han estimado las siguientes necesidades de personal (López Mongil et al., 2000), que pueden servir como orientación para planificar la distribución diurna del personal: se precisa un cuidador para atender a 15 residentes cuando su situación funcional se ha definido como de autónomo o ligero. Se precisa un cuidador para atender las necesidades de 5 residentes cuya situación se ha definido como de moderado y severo. Se precisa 1 cuidador para atender a 3 residentes cuya situación sea de dependencia total. Si con ayuda de robot se puede reducir el nivel de dependencia de los pacientes al poder realizar actividades como asearse o alimentarse por sí mismos, se podrá aumentar el ratio de pacientes por cada cuidador, además de mejorar la calidad de la asistencia.

Mediante los ensayos clínicos desarrollados se ha constatado que la respuesta del conjunto de los usuarios es positiva si bien es necesario que cada usuario disponga del robot durante más tiempo para que se habitúe a su manejo y por otro lado, para que aprenda a hacer cosas apoyándose en él.



## 5 Referencias

Aarts, E., R. Harwig and M. Schuurmans (2002). *The Invisible Future: The Seamless Integration of Technology in Everyday Life*. Vol. Ambient Intelligence of . McGrawHill. New York, NY, USA.

Buss, M. and G. Schmidt (1999). Multi-modal telepresence. *Advances in control*. In: Highlights of the 5th European Control Conference ECC.

Demers, L. and B. Ska. (2000). Item analysis of the Quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology (quest). *Assistive Technology* 12, 12–96.

Demers, L., M. Sc, Erg., R. Weiss-Lambrou and M. Sc y B. Ska (1996). Development of Quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology (quest). *Assistive Technology, Applied Research* 8( ), 3–13.

Demers, L., M. Sc, Erg., R. Weiss-Lambrou and M. Sc y B. Ska (1999). An international content validation of the Quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology (quest). *Occupational Therapy International* 6(3), 159–175.

Giménez, A., A.Jardón, R.Correal, R.Cabas and C.Balaguer. (2005). A portable light-weight climbing robot for personal assistance applications. Sept. "The Best Paper Award 2005".

Guglielmelli E., Laschi C., Teti G. Fontanelli R. Dario P. (1997). A modular and distributed supervisory system for a semi-autonomous personal robot for household applications. In: *International Conference on Robotics and Automation*. ICRA.

Jardón A., Giménez A., Correal R., Cabás R., Martínez S. and Balaguer C. (2006). A portable light-weight climbing robot for personal assistance applications. *Industrial Robot: An International Journal* 33(4), 303–307.

Jardón, A. (2006). *Metodología de Diseño de Robots Asistenciales. Aplicación al robot ASIBOT*. . Universidad Carlos III de Madrid. Leganes.

Jutai, J.W., M.J. Fuhrer, L.Demers, MJ Scherer and F. DeRuyter (2005). Toward a taxonomy of assistive technology device outcomes. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* (84), 294–302.

Kwee, H., Stanger C. (1993). The manus robot arm. Rehabilitation Robotics Newsletter.

López, M.A., Poveda R., Andreu I., Barberá R. and Ramiro P. et all. Datus. (2001). Guia práctica para fabricantes de productos de la vida diaria y ayudas técnicas. . CEDAT. IBV. MUSA.

López Mongil, R., Ortega Sandoval JM., Martínez Pastor MB and Castrodeza Sanz JJ. (2000). Nuevas aplicaciones de la valoración funcional en residencias de ancianos. Revista electrónica de Geriatria.

Mahoney, R. (1993). The raptor wheelchair robot system. Rehabilitation Robotics Newsletter.

Poveda, Rakel (2003). Método para la selección de ayudas técnicas bajo criterios de usabilidad. Instituto de Biomecánica de Valencia. Musa/IBV.

Topping, Mike (2002). An overview of the development of handy 1, a rehabilitation robot to assist the severely disabled. Journal of Intelligent and Robotic System 34, 253–263.

Yoshikawa, Tsuneo (1985). Dynamic manipulability of robot manipulators. Journal of Robotic Systems 2(1), 113–124.