SOCIEDAD ESPAÑOLA DE INFORMÁTICA DE LA SALUD

Director:
Salvador Arribas Valiente

Comité Editorial:
Javier Carnicero Giménez de Azcárate
Luciano Sáez Ayerra
Miguel Chavarría Díaz
Marcial García Rojo

Consejo de Redacción:
Alberto Gómez Lafón
Antonio Poncel Falcó
Begoña Oralora Ariño
Carlos García Codina
Carlos Jiménez Cantos
Cristina Cuevas Santos
Fernando Martín Sánchez
Isabel Aponte Rivarola
José Lagarto Fernández
José Luis Monteagudo Peña
Julio Moreno González
María Rovira Barberá
Rodrigo García Azurmendi
José Luis Carrasco de la Peña
Vicente Hernández
Rosa Valenzuela
Fernando Bezares
Emilio Aced

Colaborador Técnico:
Diego Sáez Tovar

INFORMACIÓN, PUBLICIDAD, SUSCRIPCIONES Y DISTRIBUCIÓN:

CEFIC. C/ Enrique Larreta, 5
Bajo Izda
28036 Madrid
Tlfno: 91 - 388 94 78
Fax: 91 - 388 94 79
e-mail: cefic@cefic.com

Producción Editorial:

Tel: 954 29 66 66 • Fax: 954 61 25 99
E-mail: lumengrafica@lumengrafica.com

LUMEN GráficA
diseño gráfico impresión maquetación

DL: M-12746-1992
ISSN: 1579-8070

Año 2009. Sumario nº 77

EDITORIAL 5

INTRODUCCIÓN 7
Rosa Valenzuela Juan

- Sistema de teleasistencia basado en un robot asistencial
  Universidad de Alcalá. Departamento de Electrónica
- La robótica al servicio de la salud: Caso de aplicación robótica para la atención sanitaria de la salud infantil 9
  C. Suárez Mejías, C. Parra Calderón, S. Fínez Martinez, C. Angulo Bahon, D. López De Ipiña, R. Del Coso López, M. Loichate Cid, D. del Río Rodríguez, S. Plana Farnós, P. Bustos Gacía, A. Yuste Marco, F. Massana Guitart, J. L. Lázaro Cornejo, J. L. Rey Serrano
- Silla de Ruedas Robótica con Interfaz de Comunicación por PDA Comandada por Señales Cerebrales . . . . .
  André Ferreira, Rafael Leal Silva, Teodiano Freire Bastos-Filho y Mário Sarcinelli-Filho
- Robótica y prótesis . . . . .
  Jesús Manuel Dorador González
- Neuro-Robótica . . . . .
  Zoe Falomir Llansola
- Sistema Quirúrgico daVinci® . . . . .
  Lluïsa Arbat
- Formación en cirugía experimental endoscópica asistida por robot: un nuevo paradigma de entrenamiento . . . . .
  Chaves Vinagre J., Villén Sánchez J.A., Sánchez Carrión J.M., Vázquez Granados J. y el equipo de trabajo de la Fundación Iavante

SOCIOS TECNOLÓGICOS

COLABORADORES TECNOLÓGICOS

Los artículos revisiones y cartas publicadas en I+S, representan la opinión de los autores y no reflejan la de la Sociedad Española de Informática de la Salud

Entidades Colaboradoras

- AGENCIA DE PROTECCIÓN DE DATOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID
- AGÈNCIA CATALANA DE PROTECCIÓ DE DADES
- AGFA
- ATOS ORIGIN
- CCS AGRESSO
- CITRIX
- COMITAS COMUNICACIONES, S.A.
- COMPLEJO HOSPITALARIO UNIVERSITARIO DE VIGO
- COMPLEXO HOSPITALARIO UNIVERSITARIO SANTIAGO
- CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES DE FARMACÉUTICOS
- CONSORCIO HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO DE VALENCIA
- EMC
- EMERGRAF, S.L. CREACIONES GRÁFICAS
- EMPRESA PUBLICA HOSPITAL ALTO GUADALQUIVIR
- EVERIS
- FUJITSU
- GOBIERNO VASCO
- HEWLETT PACKARD
- HOSPITAL CLINIC. SISTEMAS DE INFORMACIÓN
- HOSPITAL COMARCAL FRANCESC DE BORJA
- HOSPITAL LLUÍS ALCANYÍS DE XÁTIXA
- HOSPITAL PROVINCIAL DE CASTELLÓN
- HOSPITAL GENERAL DE LA PALMA
- HOSPITAL GENERAL GREGORIO MARAÑÓN
- HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARI D'ELX
- HOSPITAL SANT JOAN DE DEU
- I.C.S. SUBDIVISIÓN DE A.P. COSTA DE PONENT
- INTERNATIONAL BUSINESS MANAGEMENT
- INFORMÁTICA EL CORTE INGLÉS
- INTERSYSTEMS
- INSTITUTO DE SALUD CARLOS III
- ISOFT
- IZASA. S.A.
- MICROSOFT
- MUTUA UNIVERSAL
- MUTUAL CYCLOPS - CENTRE DOCUMENTACIÓ
- NUANCE
- ORACLE
- SANILINE
- SERVICIO ANDALUZ DE SALUD
- SERVICIO CANARIO DE SALUD
- SERVICIO NAVARRO DE SALUD - OSASUNBIDEA
- SERVICIO VASCO DE SALUD - OSAKIDETZA
- SIEMENS
- TECCON INGENIEROS, S.L.
- TELEFÓNICA DE ESPAÑA, S.A.
- TELVENT
- T-SYSTEMS
- XUNTA DE GALICIA. CONSEJERÍA DE SANIDAD

Editorial

El papel que juegan las tecnologías de la información en el reto de la mejora continua de la calidad en la sanidad es cada vez más importante. Una muestra de ello es la acción i2010 de la Unión Europea que pretende fomentar la inclusión social, la mejora de los servicios públicos y la calidad de vida a través de las TIC.

En este sentido, el Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud es la herramienta, dentro del Ministerio de Sanidad y Consumo como coordinador del Sistema Nacional de Salud, que pretende entre otros objetivos fomentar la excelencia clínica y utilizar las tecnologías de la información para mejorar la atención de los ciudadanos.

El fomento de la excelencia clínica pasa por contribuir a la mejora de la práctica clínica. De la mano de las tecnologías de la información, asumimos el compromiso de conseguir la excelencia en la atención, el cuidado y la seguridad de los pacientes.

LA ROBÓTICA, UN INSTRUMENTO MÁS EN BÚSQUEDA DE LA EXCELENCIA CLÍNICA

La **robótica** ha venido a revolucionar el campo de la **medicina** y actualmente posee diversas aplicaciones al servicio de la salud. Aunque muchas de estas aplicaciones están aún en fase de prueba e investigación, muchas otras ya se emplean alrededor del mundo con resultados muy satisfactorios.

Algunas **aplicaciones de la robótica en medicina** incluyen, la **Cirugía robótica,** que ha venido ha transformar las prácticas quirúrgicas convencionales, reduciendo los márgenes de error en las intervenciones. Hoy en día la **cirugía robótica** es una realidad, que permite al médico operar desde la habitación contigua o bien a muchos kilómetros del paciente. Así se habla de la tele-cirugía y del tele-diagnóstico. La **cirugía robótica** ofrece al paciente muchos beneficios, entre ellos: una internación más corta, menos dolor, cicatrices más pequeñas, menor pérdida de sangre, menos transfusiones, menor riesgo de infección, recuperación más rápida. La robótica permite a los cirujanos lograr una mayor precisión en las intervenciones y les permite explorar el campo quirúrgico con la ayuda de una magnificación similar a la que existe en la microcirugía; Los **robots asistenciales** están concebidos para aliviar la presión en los hospitales, permitiendo con ello al staff médico dedicar más tiempo a la atención de los pacientes. Estos enfermeros robóticos estarían equipados para realizar diversas tareas básicas como: tareas de limpieza, de información, repartir medicinas entre los pacientes, controlar la temperatura remota con termómetros láser, orientar a las visitas a través del hospital, entre otros; Las **prótesis inteligentes** se utilizan desde hace ya varios años, permitiendo la restitución de partes dañadas del aparato locomotor; Los Exoesqueletos y órtesis activas son dispositivos biónicos avanzados, que se adjuntan al cuerpo para mejorar y potenciar las capacidades de éste. Se les denomina también "ropa-robótica" y benefician a las personas discapacitadas, ayudándoles a mejorar su calidad de vida y desplazamiento; La **Robótica terapéutica s**e utiliza en el ámbito hospitalario, ambulatorio o domiciliario para proveer una rehabilitación acelerada a pacientes que han sufrido enfermedades o accidentes que les han mermado sus funciones motoras. El campo de la robótica de la rehabilitación incluye: miembros artificiales, robots de soporte a terapias de rehabilitación o robots que proveen asistencia personal en hospitales.

Como podemos ver, el campo de acción de la **robótica en el área de la medicina y la salud** es bastante amplio y apunta a seguir creciendo cada día más. A través del uso de la tecnología robótica, simuladores virtuales, maniquíes y modelos de experimentación animal, los profesionales de la medicina pueden desarrollar nuevas técnicas para los casos más críticos o menos conocidos mediante la utilización de simuladores a escala real. Con todo ello se persigue mejorar la formación y rendimiento de los médicos, pero con el **objetivo de mejorar la seguridad de los pacientes.**

La Robótica es un instrumento más en la búsqueda de la excelencia médica, tanto desde el perfil médico como quirúrgico. La palabra clave en este sentido -y que no debemos olvidar- es la confianza entre el enfermo y el médico y por tanto, la relación directa entre ellos.

Una vez mas las la TICs, a través de la robótica ayudan a prestar una mejor asistencia a los pacientes, al tiempo que ayuda al facultativo en su trabajo, teniendo en cuenta que éste es el principal creador.

¿Aplicaciones clínicas aisladas?

la solución para una integración completa la encontará aquí

Es reconocida la fiabilidad de IMPAX® para Radiología, con distribución de imagen vía WEB, informes radiológicos integrados, y un RIS optimizado para instalaciones de diferentes tamaños. Imagine ahora todas estas posibilidades abarcando áreas clínicas que hoy permanecen aisladas. IMPAX CLINICAL Applications amplia el PACS a los departamentos clínicos, a los que provee de potentes herramientas como el análisis en 3D o Medicina Nuclear dentro de su sistema de información e imagen IMPAX. Integración completa en una única aplicación y con un interface intuitivo que mejora su trabajo diario y le proporciona un acceso completo a toda la información relevante. Inteligente y eficiente. Práctico y de fácil manejo. Esta es la razón por la que llamamos a nuestras aplicaciones “soluciones avanzadas”.

www.agfa.com/healthcare

Agfa, el rombo Agfa e IMPAX son marcas registradas de Agfa HealthCare NV. Todos los derechos reservados.

AGFA HealthCare

LA ROBÓTICA
AL SERVICIO DE LA SALUD

Coordinadora: Rosa Valenzuela Juan
Sociedad Española de Informática de la Salud

La novela de ciencia ficción "1984"[1] escrita en 1950 por George Orwell, describe que en 1984 el mundo estaría controlado por computadoras; el escenario planteado equivale a una prisión abierta, el "Big Brother" controla en exceso todos los aspectos de la vida de los habitantes de "Oceanía". Leí este libro hace algún tiempo y esto no fue real, o al menos no teníamos conciencia de qué tan real era este control. En 1984, la informática mostraba avances extraordinarios, avances de una era dorada que crecía.

El año 1985, William Gibson[2], novelista de ciencia ficción, publicó la novela "Neu-romante", en la que narra cómo vive la gente en un mundo de información, un mundo que controla la ¨matrix¨, la suma interconectada de todas las redes de computadoras del mundo: El ciberespacio. Hoy, esto es una realidad que ya no impresiona a nadie, pues millones de personas ´´viven´´, literalmente, en y del ciberespacio y el número se incrementa cada día.

La cibernética incursionó en la salud desde hace algo más de 25 años, y la velocidad del desarrollo y del exceso de información, con frecuencia nos hace sentir fuera de contexto; por lo que en un intento de acotar el rol de la cibernética en nuestro campo, me parece importante bosquejar en grandes trazos, el estado del arte de la robótica al servicio de la salud.

La cibernética fue originalmente la ciencia de los mecanismos de control y las comunicaciones, tanto en los seres vivos como en las máquinas. Hoy es una hiperciencia que estudia el cerebro humano e interviene decisivamente en el diseño de los robots. Es la cibernética una rama de la informática que digitaliza el movimiento, con todas sus implicaciones y consecuencias.

Un objeto de estudio característico de la cibernética es el problema cerebro-mente, y como una ciencia híbrida surgida de las matemáticas y la neurofisiología es fundamental en la teoría del conocimiento, la inteligencia artificial, la computación, la bioelectrónica y la robótica entre otros.

La robótica aplicada a la medicina puede tener muchos usos por lo que en este monográfico hemos decidido hacer una clasificación de artículos en diferentes campos, presentados a continuación:

ROBÓTICA ASISTENCIAL

Enrique Varela Cruceiro, director del Departamento de Tecnología Accesible e I+D de la Fundación ONCE exponía en el congreso [drt4all][3] la cruda realidad que hasta nuestros días ha sido predominante en el desarrollo tecnológico: "Desde tiempos inmemoriales se ha utilizado la tecnología como extensión de las capacidades del hombre, sin embargo, cada vez que aparecen nuevos grupos de tecnologías, se excluyen a determinados colectivos que no pueden utilizarlas por razones diversas (TAM-TAM vs. sordos, Señales de humo vs. ciegos), es entonces cuando la tecnología convierte el

1 *Orwell G. 1984 Barcelona: Destinos; 1952.*
2 *Gibson W. Neuromante. Madrid: Minotauro; 1985.*
3 *Disponible en http://www.drt4all.org/drt/es/*

término discapacidad en minusvalía". Sin embargo, no tiene porque continuar siendo así, "podemos hablar de tecnología para el disfrute y la mejora de la vida".

Las nuevas tecnologías despiertan innumerables expectativas en todos nosotros, ya que son fuente de una continua revolución que está cambiando nuestra forma de vivir. La robótica no es una excepción, y para las personas con determinado tipo de discapacidad, es indudable que esas expectativas están sobradamente justificadas. En su caso no se trata de tecnologías superfluas, sino que son ayudas técnicas que mejoran sus condiciones de vida, calidad, independencia, y autonomía personal. Para estos colectivos, este tipo de tecnología no es un lujo, sino una necesidad, y esta es la perspectiva con la que debe contemplarse la tecnología aplicada a la discapacidad, ya que la robótica abre las puertas a la recuperación de gran parte de la autonomía personal. Es pues, en la asistencia a las personas mayores, discapacitadas o dependientes, donde la aplicación de sistemas robóticos y teleasistenciales se hace más que necesaria.

Sin embargo, nuevas tecnologías o sistemas robóticos son términos que todavía un segmento de la población no comprende. Existe un grupo poblacional con más de 50 años que se sienten discriminados ante la tecnología. La tecnología puede favorecer y permitir la comunicación, la movilidad, las relaciones, el cuidado y las actividades de la vida diaria, pero en general, existe un gran desconocimiento de las prestaciones, de sus posibles aplicaciones y de sus posibilidades para conseguir un aumento del bienestar.

Como hemos dicho, la robótica asistencial y accesible mejora el confort, ya que puede adaptarse a cualquier estilo de vida, reduciendo el trabajo doméstico y los desplazamientos, facilitando el manejo de los dispositivos, incrementando la seguridad, etc., pero a su vez plantea nuevos problemas ya que, depositar la confianza sobre un sistema tecnológico es difícil, sobre todo si se depende de él para la realización de las actividades cotidianas, o se necesita como nexo de unión con el exterior, o para la propia movilidad.

La integración de robots asistentes requiere de desarrollo de sistemas avanzados de interacción y cooperación con los humanos que precisan de sistemas mecánicos más ligeros que no supongan un peligro para las personas. Estos sistemas requieren la integración de nuevos materiales, control, electrónica y diseño. Además se deben mejorar los interfaces de usuario que permitan a las personas sin conocimientos de robótica controlar e interactuar con los robots y sistemas de forma natural. Para lograr estos objetivos es preciso dotar a los robots de capacidades cognitivas que conlleven un mayor esfuerzo para mejorar el aprendizaje y razonamiento.

En los últimos años el desarrollo de los robots humanoides han avanzado especialmente en términos de diseño electrónico, mecánico, movimiento y perceptivo. Japón es sin duda el país que más a apostado por el desarrollo de los robots humanoides. Además es destacar que la investigación en el campo de los robots humanoides ha sido liderada por grandes compañías. Así por ejemplo Honda ha desarrollado un robot humanoide en cuya versión actual se llama ASIMO durante los últimos 15 años. ASIMO de apariencia humana con brazos y piernas puede caminar, mover brazos y manos si bien tiene todavía capacidades limitadas de coordinación ojo-mano para la manipulación y aprensión de objetos.

Del mismo modo Sony ha desarrollado el robot SDR-3X con 24 articulaciones capaz de caminar, saludar, bailar, etc., además incorpora micrófonos para el reconocimiento vocal. Fujitsu ha desarrollado el robot humanoide HOAP-1, un robot de solo 48 cm de altura y 6 kg de peso con 20 grados de libertad, programable en RTlinux ejecutándose en un computador externo que se comunica con el robot a través de puerto Usb.

Recientemente se ha desarrollado Pino, un robot humanoide muy popular en Japón y que se vende con diversos extras. Además, Pino ha sido diseñado para ser manejado por por personal no muy especializado de forma que puede montarse y desmontarse fácilmente, y dispone de una arquitectura abierta para poder desarrollar aplicaciones de investigación de robótica humanoide, especialmente estudiantes y jóvenes investigadores.

En estados Unidos la investigación en robótica humanoide a diferencia de Japón se ha centrado más en aspectos cognitivos y comunicación con los robots que en locomoción. Entre los desarrollos cabe destacar el robot Kismet, realizado por el laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT. Kismet es una cabeza robótica con capacidad visual, auditiva, vocal y de movimiento capaz de expresar diferentes estados de ánimo en función de estímulos externos, así como realizar diferentes operaciones de seguimiento de caras y objetos.

En Europa se ha prestado más atención en el desarrollo de robots asistentes que en el desarrollo de robots humanoides con capacidades de movimiento mediante piernas. Algunos de los proyectos desarrollados en los últimos años son el proyecto europeo Syneragh y el IST-FET Paloma, ejemplos de implementación modelos de coordinación sensorial motora en sistemas robóticas con inspiración biológica. El robot baby-bot desarrollado en la universidad de Génova, es un robot para estudiar la evolución sensorial motora de los bebés. Otro ejemplo de robot asistente es el desarrollado por la Universidad de Karlsruhe, denominado ARMAR. El robot se desplaza mediante ruedas y está dotado de dos brazos antropomórficos para realizar labores de manipulación.

Los retos tecnológicos a conseguir en los próximos años en el campo de la robótica asistencial son:

- Desarrollo de sistemas con autonomía capaces de aprender del usuario y de la propia experiencia del robot.
- Desarrollo de sistemas de percepción del entorno y del usuario. Los sistemas de percepción han de ser más robustos y fiables para poder lograr mayores niveles cognitivos y de razonamiento.
- Desarrollo de interfaces que permitan la interacción e integración del usuario. Este campo incluye diseño de pieles artificiales para el guiado táctil del robot, seguimiento tridimensional de los humanos, reconocimiento de actividades para la planificación de acciones en el contexto adecuado.
- Desarrollo de sistemas cognitivos y de razonamiento que permitan operar en entornos no estructurados y dinámicos.
- Diseño de arquitecturas modulares para el desarrollo de sistemas robustos con capacidades avanzadas de asistencia.

LA BIORROBÓTICA

Un campo con gran futuro es la ´biorrobótica´ que también se ha convertido en una nueva utopía científica: la fusión de la biología con la robótica. Un equipo de científicos de la universidad de los Ángeles liderados por el profesor Carlos Montemagno presentó a finales de Febrero de 2004 en la revista especializada New Scientist[4], una máquina que denominó musculobot que es capaz de moverse sin necesidad de contar con baterías u otra fuente de energía eléctrica. Este microrrobot es capaz de mover sus piernas gracias a las pulsaciones de un músculo vivo del corazón de un animal, en concreto de una rata. Si este nuevo campo de investigación se consolida, los frutos esperados pueden ser de un impacto enorme, permitiendo, entre otras numerosas aplicaciones, que personas parapléjicas recuperen al menos parte de su movilidad gracias a sofisticadas prótesis robóticas y sillas de ruedas controladas por los impulsos neuronales del cerebro humano. El musculobot podría solucionar el problema de las personas paralíticas que precisan de un ventilador para respirar. Estos pacientes necesitan utilizar grandes ventiladores que deben llevar encima para poder seguir viviendo, si no desean estar postrados en la cama.

Algunos otros resultados espectaculares realizados en experimentos preliminares con animales y personas son: El brazo mecánico de una rata, en 1999, el investigador estadounidense Jean Chapin y su equipo lograron conseguir crear un brazo mecánico que podía accionarse con los impulsos cerebrales de ratas; Movimiento del cursor de un computador con la mente, en el 2004, el científico aleman Niels Birbaumer, de la Universidad de Tübingen, diseñó un sistema para que los paralíticos privados de habla pudieran comunicarse con otras personas. La técnica logró conectar el cerebro de estos minusválidos a un computador que les permitía seleccionar las letras del alfabeto con un cursor y escribir mensajes sobre una pantalla, mediante los impulsos neuronales que recogía un electroencefalógrafo; Una silla guíada por el cerebro, en este caso el investigador español, José Millan del Instituto Dalle Molle de Inteligencia Artificial, en Suiza, lograron diseñar el prototipo de una silla de ruedas (un pequeño robot que era una silla de ruedas en miniatura) controlada por el cerebro de una persona; Un brazo robótico impulsado por la mente de una persona, el equipo de Miguel Nicolelis, de la Universidad de Duke, entre los que se encuentra el científico español, José Carmena, ha presentado un estudio que prueba que la mente de una persona puede controlar una prótesis artificial.

Otro campo en el que la Biorrobótica tendrá una gran incidencia será en las máquinas que se han venido en llamar "máquinas de la creatividad o máquinas creativas"[5]. Estas máquinas no más que programas informáticos que emulan las características propias de los seres

4 Disponible en http://www.newscientist.com/article/mg18124363.500-first-robot-moved-by-muscle-power.html

5 Disponible en El Mundo (artículo de Angel Díaz en suplemento de Ciencia, 24 de Febrero de 2004, p. 29). Este proyecto cuya denominación es World Brain (Cerebro Mundial) y se realiza en la empresa presidida por Thaler, Imagnation Engines, en St. Louis (Missouri, USA)

humanos. Estas máquinas creativas se basan en un sistema de redes neuronales artificiales que simulan el funcionamiento de un cerebro animal: además de relacionar distintos datos o pautas, son capaces de utilizar su experiencia para inventar nuevos pensamientos o ideas. Es decir, estas máquinas se comportan igual que nosotros al emplear la "experiencia acumulada, y no sólo lo que nuestros sentidos nos dicen en cada momento". Estos ordenadores podrán detectar el estado físico y emocional de las personas y como ha contado "el padre" del proyecto, Stephen Thaler, aporta grandes ventajas comparados con los algoritmos genéticos, que se basan en la teoría de la evolución, ya que se basan en las redes neuronales biológicas y no en el sistema genético.

En Febrero de 2004, la revista Nature presentó el primer prototipo de robot científico. El equipo del profesor Stephen Oliver, de la Universidad de Manchester, ha creado un sistema informático que permite diseñar experimentos e interpretar resultados y que se ha creado a partir de las técnicas de inteligencia artificial, capaz de formular teorías sobre los mecanismos biológicos, realizar experimentos genéticos o de otra índole para validarlas e interpretar los resultados. El software del robot está formado, entre otros elementos, por una especie de enciclopedia del conocimiento acumulado sobre el problema biológico que se plantea, un motor de razonamiento lógico, un sistema de generación de hipótesis y, naturalmente, la metodología para seleccionar los experimentos necesarios para demostrar si la suposición de partida es acertada.

Muchos de estos proyectos tienen una incidencia directa en las Ciencias de la Salud. Al igual que ahora en su centro de Salud tiene su historia clínica, debemos pensar que en ese futuro que llegará, estará la historia de su vida y su biología, de modo que una simple extracción de una muestra de sangre, permitirá su análisis inmediato y con la ayuda de estos "robot científicos" que hemos reseñado anteriormente, se podrá tener de inmediato el análisis de la función de los genes, es decir la genómica funcional, y en consecuencia sus resultados e interpretación de los mismos, y en algunos casos la posibilidad de llevar incluida la terapia correspondiente.

LA ROBÓTICA QUIRÚRGICA

El término de Cirugía asistida por ordenador (CAS: Computer Aided Surgery) se asimila fácilmente partiendo del término Diseño Asistido por ordenador (CAD), es decir, CAS es la tecnología de simulación quirúrgica usando la reconstrucción tridimensional de modelos de órganos, a través de una computadora.

Las primeras personas que comenzaron la investigación por esta vía fueron los profesores japoneses Takeyoshi Dohi y Masakazu Tsuzuki, en la universidad de Tokio. De esta manera aparece toda una generación de métodos de cirugía usando técnicas tales como robótica y realidad virtual. El CAS cubre:

- Planificación de operaciones:
- Procesamiento y visualización de imágenes médicas: exploraciones internas, ultrasonidos, angiografías.
- Simulación quirúrgica: empleando información visual se puede optimizar el proceso de operación.
- Simulación visual de procesos internos (endoscopia, ultrasonidos, visualización estereoscópica de la operación,…).
- Ensayos de la operación a través de simuladores.
- Desarrollo de la operación:
- Guiado y posicionamiento de material quirúrgico durante la operación.
- Medida de la posición de una herramienta.
- Registro de imágenes antes y después de la operación.
- Control del paciente y desarrollo de tareas: robots anestésicos,…
- Interfaces adecuados para la tele operación a distancia.
- Empleo de herramientas: láser quirúrgico, robots de microcirugía,…
- Tratamiento y recuperación de enfermedades:
- Diseño de prótesis.

En muchas de estas técnicas tienen cabida, y en algunas vital importancia, el empleo de robots, facilitando enormemente el trabajo de las personas y la calidad de vida del paciente.

Desde 1990 las intervenciones asistidas por robots se han convertido en algo muy interesante en la cirugía. A diferencia de otras vías, la robótica se ha considerado como el medio para desarrollar la revolución de la medicina. Actualmente, aún se está comenzando a desarrollar este método.

Sin lugar a duda, hay numerosas razones para considerar de gran utilidad a los robots en un quirófano pudiendo satisfacer muchas cuestiones tales como:

- Los robots mantienen constante su "modo" de trabajo: no muestran cansancio, mal humor, desgana,…

- El comportamiento del robot en la operación es perfectamente conocido antes de realizarse la operación, pudiendo estudiar el método de operación y corregir defectos.
- Los robots carecen de vibraciones, tales como las propias del pulso humano.
- os robots poseen una precisión de movimientos espacial mucho más exacta que la de una persona.
- Los robots pueden reaccionar mucho más deprisa que un médico.
- Un robot se puede dirigir perfectamente desde un lugar remoto, siendo innecesaria la presencia material de un cirujano en el quirófano.
- Varios robots se pueden coordinar entre sí para realizar en milisegundos complejos movimientos.

Actualmente se pueden clasificar los robos existentes en cuatro categorías:

- Robots teleoperados para operaciones con mínima invasión: son robots con control a distancia en el quirófano, dirigidos por voz, un joystick y más dispositivos para una manipulación maestra. Los robots en ningún momento trabajan de forma autónoma: normalmente realizan la función de mover la cámara endoscópica y, en algunos casos, mueven instrumental.
- Robots autónomos: se emplean solamente en tareas de taladrado y corte en el fémur en las operaciones de sustitución de la cadera. Tras sujetar la pierna y mediante un sistema de visión se define su posición y orientación, entonces el robot taladra. Si en algún momento detecta cualquier anomalía en el desarrollo de la tarea, el robot se detiene.
- Robots de navegación interactiva: son herramientas de soporte que cargan, mueven y guían herramientas médicas. La manera de navegación se basa en el registro de escenarios, como en los robots autónomos. Este tipo de robots no necesitan ser programados y no funcionan automáticamente, pero pueden ser enseñados por el cirujano durante la operación. El robot se mueve exclusivamente por orden del cirujano con total libertad en un espacio restringido.
- Micro máquinas: son robots pequeños dedicados a tareas especiales como cosido automático, empalme de venas y biopsias automáticas. Pueden ser utilizadas por otros robots como instrumentos pero, en realidad, son mas máquinas que robots.

A continuación se describen algunos desarrollos de robots de asistencia en la cirugía:

DA VINCI[6]

El 24 de agosto de 1999 un equipo de médicos alemanes concretó con éxito la primera operación efectuada completamente con un brazo robótico, en el departamento de Cirugía Cardiovascular y Torácica del Hospital Johann Wolfgang von Goethe.

Con Da Vinci, el cirujano controla por medio de una consola el brazo robótico que sostiene los instrumentos quirúrgicos. Está sentado frente a un computador, el cual reproduce una imagen de alta resolución -en tres dimensiones- del campo operatorio, además de toda la información necesaria, como los signos vitales del paciente. Las manos del médico descansan bajo la consola, mientras manipula una recreación de los instrumentos que utiliza el brazo robótico para la cirugía, con la flexibilidad requerida.

Cada movimiento que efectúa el cirujano es transmitido en tiempo real hacia el robot, quien los reproduce con la flexibilidad y exactitud necesarias. Claro que, en un proceso que dura milésimas de segundo, Da Vinci se asegura de haber "entendido" la orden entregada por el médico.

ROBODOC[7]

El robot Robodoc es especialista en operaciones de cadera. Éste es un robot mucho más difundido que el Da Vinci, con más de 40 unidades en Europa, protagonista por el momento de 4.000 intervenciones. En las operaciones de reemplazo de cadera es fundamental que la prótesis encaje bien con el extremo del fémur, donde previamente se ha abierto un agujero. La precisión que consigue el robot es del 95%, muy superior al limado a mano del hueso.

Esta eficacia la testifica el doctor André Bauer, del centro Marbella High Care, el doctor pionero en España en trabajar con ROBODOC. No obstante, Bauer manifiesta que hoy por hoy todavía es fundamental la presencia física del cirujano.

6 Este robot se ha desarrollado en la empresa Intuitive Surgical, Inc., de Mountain View, California (EE.UU.) disponible en www.intuitivesurgical.com
7 Este robot está fabricado por Integrated Surgical Systems Inc. (EE.UU.) disponible en www.robodoc.com

ZEUS Y HERMES[8]

Zeus y Hermes son otros robots que actualmente se encuentran en ejercicio. A diferencia de Da Vinci, éstos son sólo asistentes en el pabellón y funcionan controlados por voz. Claro que bastan para eliminar del quirófano a arsenaleras, enfermeras e incluso al segundo cirujano, además de controlar la anestesia.

Hermes debutó años en California, donde se realizó la primera operación con un equipo computerizado comandado por la voz. Fue usado para unir los ligamentos en la rodilla de un paciente. El robot reconoce sólo 100 órdenes que le permiten, por ejemplo, activar la luz y la cámara que capturan las imágenes del organismo del paciente. Los comandos de voz deben ser modulados correctamente y con las palabras precisas; de lo contrario, la máquina los desconoce.

A la fecha, se han realizado 300 operaciones con Hermes en Estados Unidos y en Inglaterra ya empiezan a trabajar con él. La primera operación de bypass asistida por Zeus fue el 16 de septiembre de 1998, en Munich. El bypass de la arteria coronaria fue puesto a través de tres pequeñas incisiones. Los tres brazos que conforman a Zeus eran comandados por el cirujano que daba las distintas órdenes. El primer brazo manejaba el endoscopio y los dos restantes manipulaban los instrumentos quirúrgicos. Desde 1995 a la fecha, más de 1500 operaciones en todo el mundo han sido asistidas o practicadas por robots, con cambios dramáticos en la cirugía: atletas profesionales pueden volver a sus prácticas pocos días después de realizada la operación de implante ortopédico y pacientes cardiacos retornan a sus actividades normales en menos de 72 horas. No obstante, "Para cirujanos entrenados" en las técnicas abiertas convencionales, esta nueva metodología puede resultar frustrante. Muchos médicos están disconformes con la falta de control y seguridad cuando aplican las técnicas existentes. Están ansiosos por operar menos invasivamente pero, a menos que el robot sea diseñado para que ofrezca la misma seguridad y efectividad de operaciones tradicionales, los beneficios no valen el riesgo.

MINERVA[9]

Minerva es un robot para neurocirugía. Presenta diferencias de la neurocirugía que se ha estado llevando a cabo hasta hace muy poco, llamada método estereotáctico, y que consistía en sujetar firmemente la cabeza del paciente a un marco fijo, realizarle un escáner y a través de unos puntos fijos y determinados guiarse por su referencia para hacer un taladro y alcanzar el punto deseado, según la trayectoria calculada. Una vez alcanzado el punto no había certeza alguna que realmente se estuviera en dicho punto.

Los neurocirujanos no han tardado en darse cuenta que el robot es capaz de realizar movimientos mucho más precisos y sin vibraciones típicas del pulso humano. Además es más rápido y trabaja en menos espacio, pudiendo operar directamente en la maquina de realizar el escáner. Es posible el movimiento del paciente para realizar nuevos escáneres durante cualquier fase de la operación y así comprobar la adecuada penetración del instrumento, vigilar la absorción de una hemorragia, observar la biopsia de un tumor,... (el escáner se convierte en el "ojo" de Minerva).

Las tareas del doctor quedan limitadas a seleccionar el punto objetivo a alcanzar por el robot: Minerva se encarga de determinar el punto de entrada en el cráneo, eliminando posibles errores al emplear algoritmos muy complejos de calculo de la trayectoria.

Desde el punto de vista exterior al sistema, Minerva posee muchas medidas de seguridad no solo en cuanto al dispositivo y su electrónica, sino en el diseño de trayectorias,... (de la misma forma que los sistemas de guiado aeronáutico). Además, supervisa constantemente las ordenes dadas por el medico, para evitar posibles fallos humanos.

Se realizaron dos operaciones completamente satisfactorias el cuatro de septiembre de 1993. Después de numerosas pruebas clínicas, el robot no solo cumplió las expectativas en las intervenciones estereotácticas, sino que amplio gracias a sus características el campo hacia nuevas operaciones más complejas.

Hemos visto que se han diseñado diversos tipos de robots que pueden asistir al cirujano en una operación. Existen los que se aplican a la microcirugía, una disciplina que consigue intervenciones poco invasivas y en consecuencia con un postoperatorio menos traumático para los pacientes. Este es el caso de las operaciones

8 Estos robots los comercializa la compañía Computer Motion Inc. (EE.UU.). Disponible en www.computermotion.com

10 Este robot ha sido desarrollado por: Swiss Federal Institute of Technology, en Lausanne (Suiza). dmtwww.epfl.ch/imt/robchir, bajo la dirección de: Marc Epitaux – responsable de ingeniería (mepitaux@dmtsun.epfl.ch). Heinz Fankhauser – jefe del equipo médico (heinz.fankhauser@dmed.unil.ch).

laparoscópicas, donde se introducen por pequeños orificios tres apéndices: una cámara óptica, una luz y una especie de dedo robotizado que puede llevar desde micropinzas a bisturís. Existen también los que se aplican en aquellas situaciones en que se requiera una gran fuerza o precisión, como por ejemplo a la hora de cortar huesos o intervenciones en la cabeza. Incluso en éstas últimas el robot es capaz de cortar con precisión sin afectar a puntos vitales, recibiendo las instrucciones del cirujano y valiéndose de imágenes tridimensionales de la anatomía interna del paciente.

La Robótica Quirúrgica es una herramienta más, pero es inteligente, ya que trata de compensar las deficiencias y limitaciones que pueda tener el cirujano para realizar ciertas actuaciones. De este modo, se hace posible la implantación de algunas técnicas de cirugía mínimamente invasiva gracias a la utilización de ayudas de soportes robotizados, consiguiendo minimizar la herida, reducir el tiempo de intervención y el de posterior recuperación.

El robot puede ayudar a la percepción; además, memoriza una posición o hace la función de una regla o accede a un punto determinado con gran precisión. Ayudas de este estilo suponen la diferencia en que algunas intervenciones se realicen o no. Los equipos desarrollados pueden ser desde un brazo mecánico convencional hasta elementos de medida, como sensores que miden fuerza o visualizan la información de un modo más claro que como lo hace una cámara de televisión convencional.

Como podemos ver, el campo de acción de la **robótica en el área de la medicina y la salud** es bastante amplio y apunta a seguir creciendo cada día más. Quizá la única desventaja en la actualidad, es que es una tecnología bastante costosa a la que pocos tienen acceso.



Tenemos la solución de gestión más completa para la Salud

Hospitales, clínicas y entidades sociosanitarias y de salud mental

Llámanos al **902 227 000**

www.ccsagresso.com

CCSAGRESSO
A Unit 4 Agresso Company

ekon salus

SISTEMA DE TELEASISTENCIA BASADO EN UN ROBOT ASISTENCIAL

Universidad de Alcalá. Departamento de Electrónica

1. INTRODUCCIÓN

1. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo consiste en desarrollar un sistema de tele-asistencia para personas mayores y/o enfermas con posibilidad de ser incorporado a un robot móvil asistencial, estudiando las posibilidades de las tecnologías de la comunicación y de la incorporación de sensores de constantes vitales en este tipo de aplicaciones.

Dicho sistema se implantará tanto en los centros médicos como en los hogares de las personas mayores y/o enfermas, y proveerá de tres funciones primarias:

- Tele-presencia: capacidad de realizar una videoconferencia entre el doctor situado en un centro médico y el enfermo o persona mayor localizada en su casa. Este interfaz no sólo permite realizar tareas de diagnóstico y monitorización, sino que además permite realizar tareas de interacción social proporcionando una vía de comunicación para personas que viven solas.

- Tele-diagnóstico: a través del enlace de videoconferencia, el doctor podrá examinar al paciente permitiéndole realizar un diagnóstico, evitando de este modo desplazamientos al centro de salud.

- Tele-medicina remota (tele-monitorización): Mediante el diseño de determinados interfaces se podrá recoger y enviar datos del usuario (presión de la sangre, temperatura, ECG...) al centro médico para su análisis por parte del facultativo y de esta forma poder realizar un telediagnóstico on-line del paciente. La comunicación con las unidades de telemedicina se realizará a través de Internet, con la posibilidad de incorporar módulos de tecnología bluetooth o ethernet, de modo que la conexión del usuario con el sistema completo resulte lo más cómoda y sencilla posible.

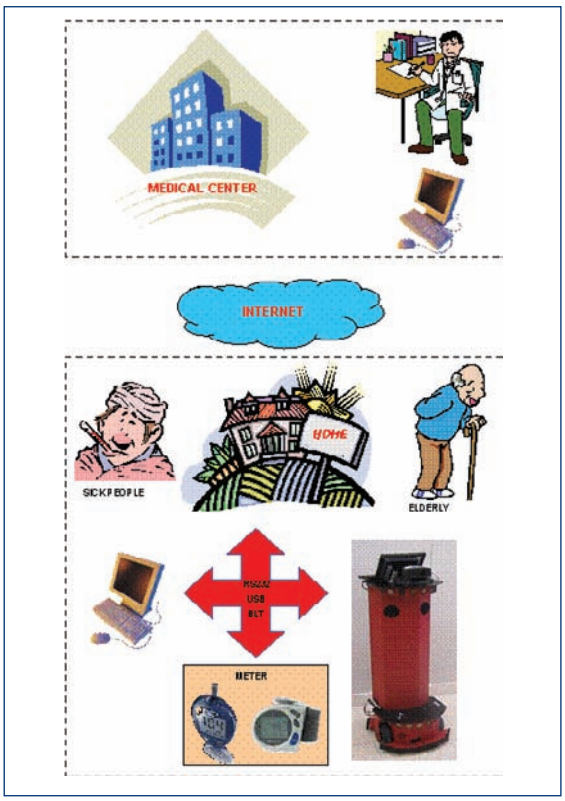


Figura 1.1. Arquitectura general del sistema propuesto

La figura 1.1. muestra un esquema general del sistema propuesto. Dicho sistema está compuesto por una unidad central situada en un hospital o centro médico y unidades personales situadas en la vivienda del enfermo.

2. La asistencia sanitaria domiciliaria

La asistencia sanitaria domiciliaria es un término utilizado para describir la prestación de servicios médicos especializados a domicilio en vez de en un hospital, y la infraestructura técnica que la sustenta. Este tipo de servicios ha aumentado considerablemente en los últimos años,

al mismo tiempo que se ha producido un gran desarrollo de los sistemas de comunicación entre las personas y las máquinas que les atienden.

En la Unión Europea existen alrededor de 80 millones de personas mayores o con algún tipo de discapacidad [Witte, 94]. En España, el informe estadístico más importante sobre población discapacitada proviene de la Encuesta sobre Discapacidades, Deficiencias y Minusvalías realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE), de donde se deduce que más de 5.7 millones de personas padecen algún tipo de discapacidad. El número de personas con algún tipo de discapacidad para desplazarse (andar) se sitúa entorno al millón, de las cuáles, un 80% precisan de ayuda técnica o asistencia de otra persona y un 20% de una silla de ruedas para desplazarse. Según los datos proporcionados por el Instituto de Migraciones y Servicios Sociales (IMSERSO), la población española mayor de 65 años en la actualidad supera los 6 millones de personas, lo que representa aproximadamente el 16% del total de la población. A nivel europeo y americano, el porcentaje de personas mayores puede considerarse similar al español.

A todo esto hay que añadir que numerosos estudios muestran una gran relación entre las discapacidades que sufren las personas y la edad. Dado que la esperanza de vida en los países desarrollados ha aumentado considerablemente, y debido también al"baby-boom" (gran número de nacimientos ocurridos entre los años 60 y 70) se estima que para el 2030 más del 30% de la población será mayor de 60 años, y una gran parte de esta población experimentará problemas funcionales y de otra índole. A estos datos habría que añadir las personas enfermas eventualmente, dato que aumentará considerablemente el número de personas susceptibles de recibir asistencia sanitaria domiciliaría.

El drástico incremento de la población de la tercera edad en los próximos años puede provocar un colapso de los centros hospitalarios. Como alternativa a la hospitalización tradicional se vislumbra la atención domiciliaria, que se lleva aplicando desde hace varios años en países como Gran Bretaña y EEUU. Las ventajas de este sistema son claras: por un lado el sistema sanitario evita hospitalizaciones tradicionales y fomenta las altas hospitalarias, logrando ahorrar casi un tercio de los costes. En cuanto a los enfermos, disminuyen las infecciones, mejora la calidad de vida, se reduce el estrés y logran conservan una parcela de independencia y toma de decisiones difícil de mantener en un hospital. Asimismo, los familiares ganan también en calidad de vida y pueden seguir desarrollándose profesionalmente, sin verse obligados a prestar cuidados constantes al enfermo.

A pesar de las ventajas de la atención domiciliaria no hay que olvidar que es necesaria la presencia diaria de personal sanitario encargado de supervisar los cuidados y el diagnóstico del paciente. Según un estudio elaborado en el Hospital Clínico San Carlos de Madrid se estima que un enfermo crónico atendido por el personal sanitario en su propio hogar tiene un coste diario de unos 75 euros, lo que supone un gasto anual de 27,375 euros [Enfermería, 98]. Aparte del coste económico que este hecho conlleva hay que tener presente que esta atención tiene como objetivo supervisar los cuidados y la evolución que sufre el paciente, siendo realizadas mediante visitas diarias al domicilio de duración limitada. En la sociedad actual la mayoría de nuestros mayores viven de forma independiente y en domicilios distintos al de los hijos. Además, una buena parte de ellos viven solos ya que el cónyuge ha fallecido. Dado que en la mayoría de las familias actuales trabajan todos los miembros, en gran cantidad de casos se necesitará una persona ajena que cuide de nuestros mayores enfermos durante gran parte del día. Estos cuidados se deberán sumar a los del personal sanitario e incrementarán el coste por paciente de forma considerable.

El inmenso gasto que esta práctica va a ocasionar obliga a la sociedad a encontrar formas alternativas de proporcionar atención sanitaria a las personas mayores, a la población de enfermos crónicos o enfermos eventuales según el caso.

Es en este punto donde las tecnologías de la información y comunicaciones, apoyadas también en avances de la tecnología robótica pueden aportar soluciones que permitan asistir a personas en sus hogares, abriendo la posibilidad a la realización de actividades de tele-consulta (tele-presencia), tele-diagnóstico y tele-medicina sin necesidad de que el personal sanitario se desplace al hogar del paciente a no ser que sea imprescindible.

Conscientes del vacío existente en aplicaciones destinadas a este sector de la población, en los últimos años los gobiernos y las instituciones públicas han promovido investigaciones en esta línea, siendo varios los grupos de investigación a nivel mundial que se han embarcado en el desarrollo de proyectos de asistencia sanitaria.

De hecho, uno de los objetivos estratégicos del V programa marco de la UE consistía en "materializar para

Europa las ventajas que ofrece la sociedad de la información acelerando su desarrollo y garantizando que se satisfacen las necesidades tanto de las personas como de las empresas". Como parte de este objetivo, se han creado varias líneas de trabajo destinadas a mejorar la calidad de vida de las personas. A este respecto, los servicios de asistencia domiciliaria representan una prioridad en la agenda europea.

Estos servicios están destinados a permitir que los pacientes puedan recibir sus tratamientos en casa, pero para que sea posible utilizar sistemas médicos en el hogar, es esencial contar con un sistema eficiente de transmisión, intercambio y seguimiento de la información. Para ello, se ha sugerido que el intercambio de información médica entre el paciente y el centro sanitario se realice con sistemas remotos de audio y vídeo. De este modo, el personal del centro de atención podría comprobar las constantes vitales, monitorizar y auscultar a los pacientes sin salir de sus oficinas.

La finalidad de las tecnologías de atención domiciliaria consiste en desarrollar aplicaciones sencillas y fáciles de usar que realicen un seguimiento constante de la salud del paciente. Los servicios de seguimiento sanitario pueden adaptarse a cualquier tipo de condición concreta que presente el usuario, y el nivel de cobertura puede incrementarse hasta llegar a las 24 horas del día.

Un valor añadido muy importante a la asistencia domiciliaria es que el sistema esté incorporado en un robot asistente basado en un sistema robótico inteligente. Este robot asistente no sólo realiza tareas de tele-asistencia sino que permite ayudar a personas mayores y/o discapacitadas en sus actividades de la vida diaria, y por lo tanto, resulta de gran interés social. De este modo la tele-asistencia se puede ver incrementada con las siguientes actividades:

- Asistencia al guiado: Los problemas de movilidad constituyen uno de los mayores problemas de las personas mayores y/o discapacitadas. Por esta razón, los robots asistenciales pueden utilizarse como "lazarillos" en interiores o incluso en exteriores.
- Seguridad: Las personas mayores y/o discapacitadas están sometidas a grandes riesgos en sus casas. La

FUJITSU, pioneros en soluciones de **Historia de Salud,**
liderando grandes implantaciones también en España

. Interoperabilidad de sistemas de información sanitarios
. Gestión de patologías y guías de práctica clínica
. Sistemas de apoyo a la toma de decisiones



FUJITSU

La diferencia es Fujitsu

Tel: 901 100 900, e-mail: info@mail.fujitsu.es, Web: es.fujitsu.com

falta de estabilidad o problemas al andar ocasionan que no puedan vivir una vida totalmente independiente. De este modo, a través del robot pueden estar monitorizados desde una central donde se reciban posibles señales de alarma cuando se detecten situaciones de riesgo para el usuario.

- Interacción social: La mayoría de las personas mayores y/o discapacitadas sufren problemas de interacción social que puede conllevar una pérdida de salud. De este modo se intenta que los robots asistenciales puedan comunicarse con las personas, permitiéndoles interactuar con ellos a través del desarrollo de diversos interfaces de comunicación robot asistencial - persona.

3. El auge de la robótica de servicios y asistencial

Los cambios en el campo de la robótica se han sucedido tan deprisa en los últimos años, que puede hablarse de la existencia de varias generaciones desde sus orígenes hasta la actualidad. La primera generación surgió a principios de los años 60, y la constituyeron principalmente robots manipuladores, que sólo podían realizar movimientos repetitivos, asistidos por sensores internos que les permitían ejecutar ciertos movimientos con precisión. La segunda generación de robots entra en escena a finales de los años 70, e incorpora nuevos tipos de sensores (de proximidad y visión por lo general) que proporcionan al robot información del mundo exterior. Estos robots pueden ya tomar decisiones limitadas y reaccionar ante el entorno de trabajo. La tercera generación, surgida en los últimos años, emplea la inteligencia artificial y potentes ordenadores para resolver problemas complejos e interpretar información procedente de avanzados sensores.

Todos estos progresos han permitido ampliar los campos de aplicación de la robótica respecto a los de su interés inicial, centrado principalmente en aplicaciones industriales. Recientemente han irrumpido nuevos roles para los robots, que sin duda constituirán la tendencia principal en investigación en robótica durante los próximos años. A diferencia de los tradicionales robots fijos de manipulación y fabricación, estos nuevos robots móviles pueden realizar tareas en un gran número de entornos distintos. A estos robots no industriales se les conoce como *robots de servicio*.

El robot de servicio tiene como objetivo desarrollar tareas útiles para la sociedad [Schraft94]. Se trata de sacar los robots a la luz del día desde su confinamiento industrial, y desarrollar robots autónomos que puedan realizar diferentes tipos de tareas en los lugares en que normalmente transcurre la vida diaria de las personas.

Las aplicaciones son innumerables, y actualmente existen prototipos experimentales para muchas de ellas. Por ejemplo, robots que recorren los pasillos de los hospitales y cárceles para servir alimentos [Borenstein85], otros que navegan en oficinas para repartir el correo a los empleados [Simmons97], robots vigilantes o guías de museos [Burgard98], robots aspiradora que limpian autónomamente [Ulrich97], robots camareros [Maxwell99], o coches robotizados que pueden circular en autopistas sin intervención del conductor o aparcar solos [Dickmanns94]. En el campo de la medicina destacan las aplicaciones para ayudar a la cirugía [DA VINCI] [ZEUS]. Por otro lado, los robots de servicios son especialmente adecuados para trabajos en áreas peligrosas o inaccesibles para el ser humano, como en la desactivación de bombas y en entornos contaminados radioactiva y químicamente [Nicoud96].

Un tipo particular, de especial interés dentro de los robots de servicio, son los *robots de asistencia personal o asistenciales*. El factor diferenciador de estos robots es que están destinados a aplicaciones en que se requiere un mayor nivel de interacción con el usuario final. Un campo de aplicación de gran importancia a nivel social es la asistencia a personas mayores o con algún tipo de discapacidad, en entornos específicos como hospitales, residencias e incluso hogares particulares [Kawamura94] [Gugilelmelli96]. Ejemplos de este tipo de aplicaciones son las sillas de ruedas semiautónomas que se guían mediante órdenes verbales, robots lazarillo o robots para alimentar a personas que carezcan de movilidad en los brazos.

Las primeras realizaciones prácticas en robótica asistencial se basaron en la utilización de robots industriales con adaptaciones para este tipo de aplicaciones. Sin embargo, las necesidades propias del campo asistencial han llevado a la realización de robots con estructuras específicamente diseñadas para las aplicaciones concretas para las que han sido concebidos. Así, por ejemplo, la seguridad del usuario es un factor esencial. Mientras en el contexto industrial el robot está normalmente aislado del entorno de operación humana, el robot asistencial debe en general operar cerca del usuario, e incluso en contacto con él. Para ello es preciso disponer de dispositivos de seguridad, que aseguren la fiabilidad y robustez del sistema ante las reacciones del usuario, pero que a su vez no requieran de su intervención para la resolución de los problemas que puedan surgir durante su funcionamiento, asegurando la máxima autonomía del sistema.

El crecimiento revolucionario en el empleo de robots como dispositivos de ayuda personal y a la discapacidad

es un indicador de que los robots desempeñarán un importante papel en el futuro. Probablemente, los robots se encuentran en ese momento crítico antes de su explosión de mercado, como lo estuvieron los PCs en 1975. El campo de la robótica se desbordará cuando los robots sean de dominio público, y esta revolución exigirá que la gente de la era de la información aprenda a "convivir" y "relacionarse" con los robots, como instrumentos habituales en su vida cotidiana.

4. Marco de desarrollo del trabajo

Una de las aplicaciones de los robots asistenciales con mayor impacto social es la asistencia a personas mayores y/o enfermas. La mejora de la sanidad, los avances de la tecnología médica y mejores condiciones de vida, han provocado un fuerte incremento de la esperanza de vida. En las últimas dos décadas, la población española de 65 o más años ha aumentado en un 66.9%, desde los 4.4 millones de personas en 1978 hasta los 7.3 millones de 2001, sobrepasando los cambios registrados por cualquier otra magnitud demográfica como, por ejemplo, la población total, que sólo creció un 9.0%. Después del avance de este segmento de población, su peso relativo sobre el total ha pasado del 12.2% al 18.7% entre 1978 y 2001 *[Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE, 2002]*. Este fenómeno de envejecimiento de la población se extiende igualmente a la mayor parte de los países desarrollados.

Severidad	Personas con discapacidades
TOTAL	1.423.962
Discapacidad moderada	425.019
Discapacidad severa	479.870
Discapacidad total	407.043
No consta	31.199

NOTA: Se considera que una persona tiene **discapacidad total** cuando no puede realizar la actividad. Si la persona tiene una gran dificultad para realizarla, la **discapacidad** es **severa**, y si la realiza sin dificultad pero recibiendo ayudas, o con poca dificultad, la **discapacidad** es **moderada**.

Tabla 1.1. Personas con 65 y más años con discapacidades para las actividades de la vida diaria según el grado de severidad.

Sin embargo, el menor tamaño familiar en las generaciones jóvenes, así como el estilo de vida impuesto por la sociedad actual, hacen que cada vez sea mayor el numero de personas mayores dependientes que se ven obligadas a vivir solas en sus casas, o a desenvolverse en lugares públicos sin la asistencia necesaria para garantizar su seguridad y calidad de vida. Según un estudio reciente realizado por el Instituto Nacional de Estadística[1], un 32.21 % de la población española de más de 65 años presenta algún tipo de discapacidad, entendiendo como tal cualquier limitación que afecte a la capacidad de realizar actividades de la vida diaria. Las actividades cotidianas consideradas en dicho estudio son: realizar cambios de las posiciones del cuerpo; levantarse y acostarse; desplazarse dentro del hogar; deambular sin medio de transporte; asearse; controlar las necesidades; vestirse; comer y beber; encargarse de las compras, de las comidas, de la limpieza y planchado de la ropa, del mantenimiento de la casa, etc. La tabla 1.1 muestra el número de personas de más de 65 años con dificultades para la realización de estas actividades, en función del grado de severidad.

Como consecuencia de los factores citados, la sociedad actual demanda soluciones alternativas para proporcionar a este sector de la población los cuidados y asistencia que necesita. Aunque los robots asistenciales están muy lejos de poder sustituir al hombre, no sólo en sus funciones, sino principalmente en su aspecto emocional, no cabe duda de que pueden servir de apoyo en la realización de ciertas tareas.

Según el estudio anteriormente citado, y como se desprende de la gráfica de la figura 1.2 en que se muestra la distribución de las discapacidades por grupos, las mayores tasas de dificultad se relacionan con la movilidad (movilidad reducida y problemas para pasear o desplazarse incluso dentro del propio hogar) y con el control de las tareas domésticas (encargarse de las comidas, compras, etc.). Este tipo de dificultades pueden ser reducidas por un robot "acompañante" que se desplace de forma autónoma por la casa, transportando objetos, gestionando las actividades diarias del usuario, e incluso permitiendo un control médico remoto desde un centro

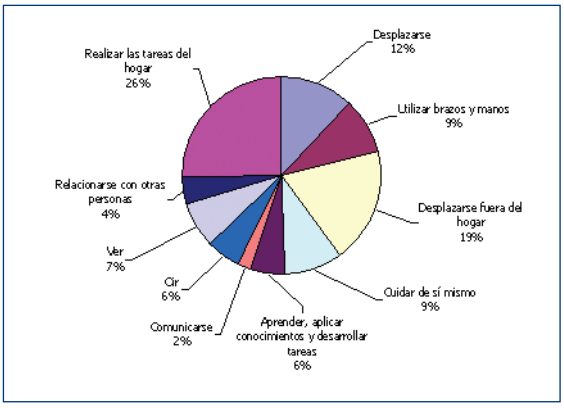


Figura 1.2. Distribución de las discapacidades en grupos. Personas de 65 y más años.

1 *Este estudio se ha publicado en el documento "Las personas mayores en España. Informe 2002" elaborado por la Subdirección General de Planificación, Ordenación y Evaluación. Parte de los datos mostrados en este informe corresponden a la "Encuesta sobre Discapacidades, Deficiencias y Estado de Salud 1999" realizada por el Instituto Nacional de Estadística en 1999, y publicada en julio del 2003.*

hospitalario. La utilidad de este tipo de robots puede ser todavía mayor en los propios hospitales o residencias para mayores, donde pueden operar como equipos móviles de asistencia y monitorización, permitiendo a los pacientes y médicos comunicarse a distancia entre sí, llevando sus medicinas a los enfermos, e incluso tomándoles la temperatura o el pulso. Este tipo de tecnologías permitiría a los profesionales de los servicios de la salud asistir a personas que residen en lugares remotos (o que no pueden desplazarse) en mucho menos tiempo, reduciendo las demoras en la atención médica en los centros asistenciales y el coste de los desplazamientos hospitalarios y de la atención médica domiciliaria.



Figura 1.3. Robots asistenciales del proyecto "NurseBot" de la Carnegie Mellon University: a) "Flo", b) y c) Robot "Pearl" interactuando con personas

Actualmente existen varios proyectos importantes a nivel mundial dedicados al diseño de este tipo de robots asistenciales, entre los que cabe destacar el proyecto "Nursebot" [NURSEBOT] con los robots "Flo" [Roy00] y "Pearl" [Montemerlo02] mostrados en la figura 1.3, o los proyectos "I.L.S.A" [Haigh02] y "Morpha" [MORPHA]. Todos estos proyectos se referenciarán en el capítulo 2 de esta memoria como parte del estado del arte.

También el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá lleva trabajado durante más de 12 años en el área de la asistencia a la discapacidad. Uno de los proyectos más importantes desarrollados en esta línea es el proyecto SIAMO ("*Sistema Integral de Ayuda a la MOvilidad*") [Mazo01], en el que se desarrollaron varios prototipos de sillas de ruedas motorizadas con diferentes alternativas para el guiado autónomo y semiautónomo. Con la experiencia adquirida en este trabajo, se decidió abordar varios proyectos en esta área:

- Proyecto SIRAPEM ("*SIstema Robótico autónomo para Asistencia a PErsonas Mayores*"), financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCyT), cuyo objetivo es el desarrollo de un robot asistencial que realice funciones básicas de tele-presencia, tele-medicina, agenda inteligente, interacción personal, vigilancia y asistencia a la movilidad en hogares, hospitales o residencias.
- Proyecto TELEASISNET ("*Sistema de Teleasistencia a través de Internet*") financiado por la Comunicad de Madrid y cuyo objetivo era profundizar en el desarrollo de las tareas de telemedicina, telepresencia y telediagnóstico.

Por lo tanto, este trabajo pretende mostrar los resultados obtenidos relacionados con aplicaciones de telemediciana en los proyectos SIRAPEM y TELEASISNET, así como diversos trabajos relacionados con estos proyectos:

- Tesis Doctoral. "Sistema de Navegación Global basado en Procesos de Decisión de Markov Parcialmente Observables. Aplicación a un Robot de Asistencia Personal". María Elena López Guillen. Universidad de Alcalá. Año 2004. Calificación: Sobresaliente Cum Laudem.
- Master thesis (Trabajo Fin de Carrera alumno Erasmus). "Telemedicine System For Elderly Assistance". Yves Willemaers. 2004.

2. NAVEGACIÓN DE UN ROBOT ASISTENCIAL EN APLICACIONES DE TELEASISTENCIA

2.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es presentar los requisitos que debe cumplir un robot asistencial en aplicaciones de teleasistencia.

Para llevar a cabo todas las funciones asistenciales, el robot debe ser capaz de navegar de forma autónoma y durante largos periodos de tiempo en entornos interiores estructurados o semiestructurados como son los hospitales, residencias o casas particulares. Otra posibilidad es que el robot sea telecomandado desde un centro de control. En este capítulo se comentan los resultados obtenidos en guiado autónomo en un entorno estructurado como puede ser un hospital o una casa.

Los principales requisitos del sistema de navegación global en función de la aplicación son los siguientes:

- *Autonomía*. Capacidad para alcanzar destinos dentro del entorno sin necesidad de la intervención de los usuarios.
- *Robustez*. El sistema debe ser capaz de recuperarse automáticamente ante posibles pérdidas (debidas a fallos sensoriales o condiciones imprevistas) para poder navegar de forma autónoma durante largos periodos de tiempo.
- *Facilidad de instalación*. La configuración del sistema en nuevos entornos debe ser rápida y sencilla de rea-

lizar. Son características importantes la incorporación de un sistema de aprendizaje automático del entorno y el uso de marcas naturales típicas de los entornos estructurados para evitar la necesidad de preparación del espacio de movimiento.

- *Representación del entorno sencilla e intuitiva para el usuario.* Es deseable que exista un punto de vista común entre la percepción que el robot y el usuario tienen del entorno. Para ello, el tipo de representación o mapa utilizado por el robot debe ser intuitivo para el usuario, de modo que éste pueda generar sencillas órdenes de alto nivel sobre el destino a alcanzar.
- *Capacidad de interacción con el usuario.* El usuario debe poder modificar el comportamiento del robot, indicándole nuevas ordenes o destinos en cualquier instante de tiempo. En tal caso, el sistema de navegación replanificará de forma automática sus acciones. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que la interacción con usuarios no expertos genera situaciones de incertidumbre ante las cuales el robot debe responder de forma robusta.

2.2. Arquitectura global del sistema de navegación

Para cumplir los objetivos anteriores, en este trabajo se propone una arquitectura de navegación basada en el uso de un Proceso de Decisión de Markov Parcialmente Observable como modelo de razonamiento. La formalización de la arquitectura de navegación como un POMDP se explica detalladamente en los siguientes apartados. Sin embargo, en este punto es posible dar una visión global de los módulos principales que componen el sistema y la relación entre los mismos.

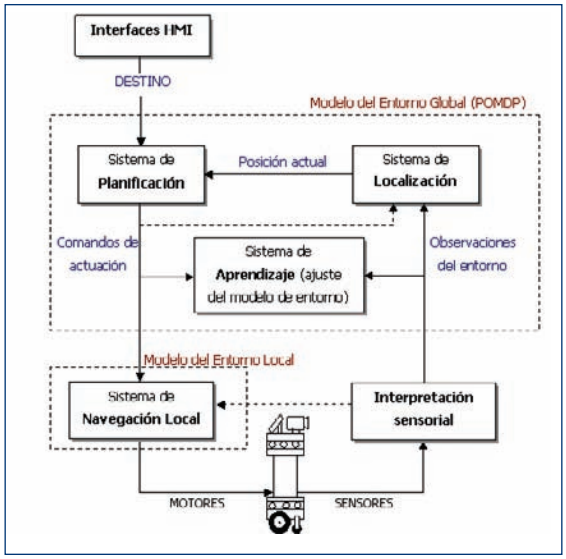


Figura 2.1. Arquitectura global del sistema de navegación.

Tal y como se observa en la figura 2.1, los tres módulos principales que componen el sistema propuesto son: el sistema de navegación global, el sistema de navegación local y el módulo de interpretación sensorial. El objetivo principal de este capítulo es abordar el estudio del sistema de navegación global (basado en POMDPs) y el desarrollo de los tres subsistemas que lo componen: el sistema de localización, que obtiene la posición del robot dentro del mapa global del entorno utilizando la información sensorial junto con la historia de los comandos de actuación ejecutados; el sistema de planificación, que selecciona los comandos de actuación a ejecutar para alcanzar el destino preprogramado o indicado por el usuario a través de los interfaces HMI; y el sistema de aprendizaje, que obtiene y ajusta de forma automática el mapa del entorno.

2.3. Navegación mediante POMDPs

La resolución de problemas de razonamiento, planificación y aprendizaje bajo condiciones de incertidumbre ha recibido una considerable atención en la comunidad científica durante los últimos años. Los Procesos de Decisión de Markov Parcialmente Observable (POMDP – Partially Observable Markov Decision Process) constituyen un entorno matemático apropiado para resolver una aplicación de navegación real bajo condiciones de incertidumbre. En este apartado se introducen los conceptos teóricos básicos sobre los Procesos de Decisión de Markov Parcialmente Observables.

2.3.1. Conceptos básicos sobre POMDPs

Un Proceso de Decisión de Markov Parcialmente Observable (POMDP- Markov Decision Process) queda definido formalmente por los elementos {S,A,T,O,J}, donde S es un conjunto finito de estados, A un conjunto finito de acciones, y T es la función de transición, que consiste en un conjunto de matrices que contienen las probabilidades de transición p(s'|s,a) para cada s,s'ÎS y aÎA (probabilidad de que el nuevo estado sea s' si se ejecuta la acción a en el estado s). En un POMDP el estado real del sistema no se conoce con certeza. En su lugar, es posible realizar varias observaciones y utilizarlas para calcular una distribución de probabilidad sobre todos los posibles estados. Estas observaciones producen un solapamiento perceptual, puesto que en varios estados el agente puede realizar la misma observación. Por tanto, un POMDP incorpora un conjunto finito de observaciones O, y un modelo de observación J, definiendo este último las probabilidades de observación p(o|s) para cada sÎS y oÎO (probabilidad de realizar la observación o cuando el sistema se encuentra en el estado s).

La distribución de probabilidad que caracteriza, para cada estado, su probabilidad de ser el estado real del sistema (distribución de creencia Bel(S)) debe ser actualizada cada vez que se ejecuta una nueva acción o se recibe una nueva observación. Cada vez que se ejecuta una acción a, la nueva distribución se calcula del siguiente modo:

$$\mathrm{Bel}_{\text{posterior}}(S = s') = K \cdot \sum_{\text{ref}} p(s' \mid s, a) \cdot \mathrm{Bel}_{\text{prior}}(s)$$

donde K es un factor de normalización que asegura que la distribución total suma 1. Por otro lado, cada vez que se obtiene una nueva observación o, las nuevas probabilidades se calculan mediante la aplicación de la regla de Bayes:

$$\mathrm{Bel}_{\text{posterior}}(S = s) = K \cdot p(o \mid s) \cdot \mathrm{Bel}_{\text{prior}}(s)$$

2.3.2. Aplicación de los POMDPs a la navegación en robótica móvil

En el contexto de la navegación para robots móviles, los estados del Modelo de Markov son sus posibles ubicaciones (nodos) dentro de una representación topológica del entorno. Las acciones son comportamientos de navegación local que el robot puede ejecutar para pasar de un estado a otro, y las observaciones son cualquier tipo de información que el robot pueda obtener del entorno a través de sus sistemas sensoriales.

El estimador de estados genera una distribución de probabilidad sobre todas las posibles ubicaciones (nodos) en que puede encontrarse el robot, y por consiguiente, constituye realmente un módulo de localización que, a diferencia de los sistemas clásicos, no genera como salida una única ubicación que deba tomarse como cierta, sino que contempla todas las posibles hipótesis, lo cual hace al sistema mucho más robusto ante posibles fallos. Además, el módulo de localización no requiere conocer la posición inicial del robot, puesto que modelando la creencia inicial como una distribución uniforme, y tras varios pasos de ejecución, el robot llega a localizarse globalmente al contemplar todas las posibles hipótesis sobre su situación inicial.

Por otro lado, puede recurrirse a diferentes políticas de selección de acciones, cuya equivalencia es la de un sistema de planificación que determina la acción a realizar en función de la creencia actual sobre la posición del robot. Al contrario que los sistemas de planificación clásicos, el uso de POMDPs contempla, al elegir la acción, todos los posibles estados en que puede encontrarse el robot. Las acciones se generan "sobre la marcha", en función de la evolución real del sistema, sin necesidad de un plan concebido "a priori".

Los modelos de transición y observación del POMDP pueden obtenerse usando datos experimentales mediante aprendizaje, correspondiendo esta etapa a la de generación automática del mapa de entorno de un sistema de navegación.

La figura 2.2 muestra el modelo de interacción robot-entorno descrito mediante un modelo POMDP.

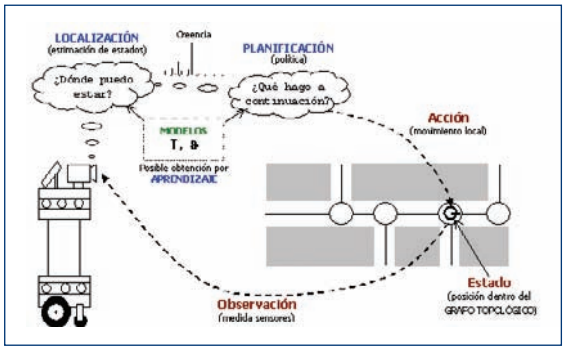


Figura 2.2. Modelo de interacción robot-entorno en un POMDP para navegación.

2.4. Representación del entorno para la navegación por hogares u hospitales. Modelo de Markov

El punto de partida para la construcción del modelo de Markov es una representación topológica del entorno. Teniendo en cuenta que el objetivo final del sistema de navegación es dirigir el robot hacia los diferentes puntos de interés del lugar de trabajo (hogar, centro geriátrico u hospital), el entorno se discretiza en regiones (nodos) de tamaño variable adaptados a la topología del mismo. Para el entorno de de este tipo de instalaciones es útil recurrir a una representación topológica jerárquica, en la que el nivel superior de discretización divide el entorno en diferentes "habitaciones" (o distribuidores) conectadas por "pasillos", y el nivel inferior discretiza a su vez cada uno de dichos nodos en una rejilla con nodos de tamaño fijo. La figura 2.3 muestra un grafo topológico de un entorno ficticio.

2.4.1. Definición del Modelo de Markov

A continuación se describe brevemente el modelo de Markov utilizado, basado en la representación topológica anterior.

Los estados (S) del modelo de Markov están directamente relacionados con los nodos de la jerarquía inferior del grafo topológico. A cada nodo de dicha jerarquía se le asignan cuatro estados, uno para cada una de las cuatro orientaciones que el robot podrá adoptar durante su movimiento por el entorno.

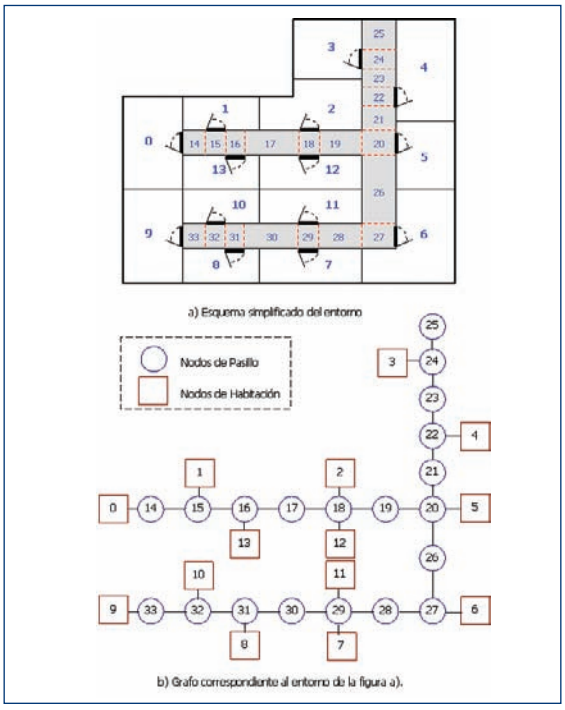


Figura 2.3. Obtención del grafo topológico de un entorno ficticio: a) mapa del entorno; b) grafo correspondiente.

Las acciones (A) para producir transiciones de unos estados a otros corresponden a comportamientos de navegación local del robot. El efecto de las mismas es estocástico (debido a errores de actuación, presencia de personas en el entorno del robot, etc), y esta incertidumbre será contemplada en el modelo de transición T. Las acciones seleccionadas son: (1) "Girar a la derecha", para girar 90º hacia la derecha, (2) "Girar a la izquierda", para girar 90º a la izquierda, y (3) "Avanzar hacia adelante", para pasar al siguiente nodo de la rejilla.

Finalmente, las observaciones del modelo proceden de todos los sistemas sensoriales de los que está dotado el robot: ultrasonidos, láser y visión. Éstas se describen brevemente a continuación:

1. Observación de ultrasonidos: detecta la presencia de objetos en el entorno cercano del robot, clasificándolos en tres regiones: "izquierda", "derecha" y "delante".
2. Observación de láser: detecta marcas características del entorno, como esquinas, puertas, etc.
3. Observación visual: obtiene información de una imagen del entorno. La figura 2.5 muestra tres imágenes de un pasillo, junto con el número de puertas detectas en los lados del pasillo.

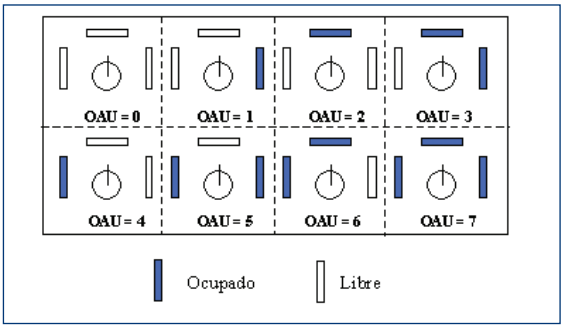


Figura 2.4. Observación Abstracta de Ultrasonidos (OAU)



Figura 2.5. Observación Visual de Puertas

2.4.2. Fusión multisensorial en el modelo de observación

Un POMDP proporciona un mecanismo directo para realizar fusión multisensorial en su modelo de observación J (probabilidades p(ols)). En este caso, la observación o es un vector formado por las cuatro observaciones del modelo presentadas en la sección anterior. Puesto que estas observaciones son independientes entre sí, el modelo puede simplificarse del siguiente modo:

$$p(o \mid s) = p(o_{ultra}, o_{láser}, o_{visión}, o_{wifi} \mid s) =$$
$$= p(o_{ultra} \mid s)p(o_{láser} \mid s)p(o_{visión} \mid s)p(o_{wifi} \mid s)$$

Esta distribución multisensorial aumenta la observabilidad de los estados respecto al uso individual de cada una de las cuatro observaciones, y por lo tanto permite mejorar en gran medida la localización del robot.

2.5. SISTEMA DE NAVEGACIÓN GLOBAL

Una vez presentado el modelo de, se describen a continuación los módulos de localización, planificación y aprendizaje que completan el sistema de navegación global.

Una de las ventajas del uso de POMDPs es que permiten resolver todas las tareas de navegación dentro del mismo marco de razonamiento probabilístico. Así, el módulo de localización corresponde con la etapa de estimación de estados, el de planificación con la política de selección de acciones, y el de aprendizaje con la obtención o ajuste de las probabilidades de las matrices de transición y observación del modelo.

2.5.1. Estructura completa del sistema de navegación

La figura 2.6 muestra un esquema general del sistema de navegación global implementado y la relación entre los módulos de localización, planificación y aprendizaje. Esta estructura está basada en el modelo de interacción agente-entorno de un POMDP que se mostró en la figura 2.2.

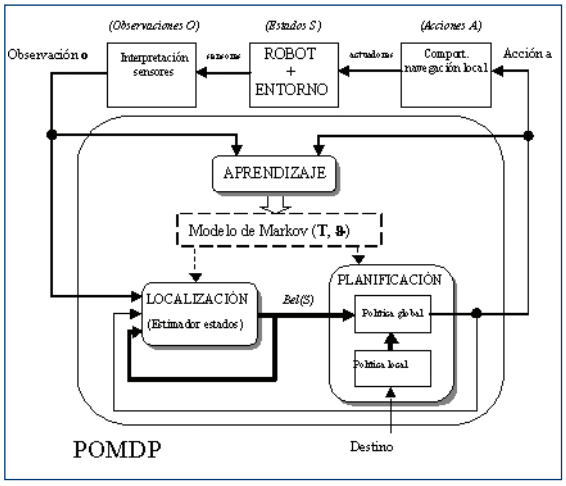


Figura 2.6. Estructura completa del POMDP para navegación.

El módulo de localización corresponde al estimador de estados del POMDP. Este estimador mantiene una distribución de probabilidad (creencia Bel(S)) sobre todos los posibles estados del robot dentro del grafo topológico, actualizándola cada vez que finaliza una acción y se obtiene una nueva observación. La actualización de esta distribución se realiza utilizando los modelos de transición T y de observación J del POMDP. Por lo tanto, el módulo de localización no obtiene como salida una única posición del robot, sino una distribución sobre todas las posibles posiciones. En ocasiones, y especialmente durante la planificación, es necesario evaluar el grado de incertidumbre sobre la posición del robot estudiando las características de esta distribución.

El módulo de planificación genera como salida la siguiente acción a ejecutar. Está formado por dos subsistemas, que realizan las siguientes funciones:

1. Política local. Asigna una acción a cada estado individual del modelo, en función del contexto en que se encuentra el sistema. Los posibles contextos corresponden a diferentes objetivos del planificador y son: (1) "Exploración", cuando el objetivo es explorar el entorno durante la etapa inicial de aprendizaje automático del modelo; (2) "Localización", cuando el objetivo es reducir la incertidumbre sobre la posición del robot; y (3) "Guiado", cuando el objetivo es dirigir el robot hacia una habitación de destino indicada por el usuario.
2. Política global. Este módulo utiliza la distribución de creencia actual junto con la política local para seleccionar la siguiente acción a ejecutar. Para la selección de acciones se han estudiado e implementado diferentes estrategias heurísticas [ETFA, 03].

2.5.2. Sistema de localización

La función del módulo de localización es actualizar la distribución de creencia del POMDP cada vez que el robot finaliza la ejecución de una acción, mediante el proceso de estimación de estados.

La figura 2.7 muestra las transiciones ideales y la secuencia de acciones para desplazarse desde el estado 14 al 55.

La figura 2.8 muestra la evolución de la distribución de creencia en cada paso de ejecución para los casos de tener sólo información de ultrasonidos y el de utilizar

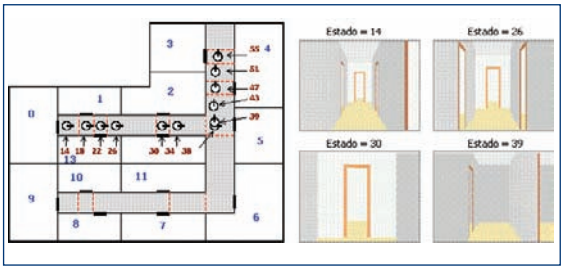


Figura 2.7. Transiciones ideales.



Figura 2.8. Mejoras introducidas por las observaciones visuales en la localización del robot.

información de ultrasonidos y visión. La flecha indica el estado real en que se encuentra el robot.

En cualquiera de los dos casos, la distribución no converge hacia un único máximo hasta alcanzar el estado 38 (final del pasillo), que permite distinguir los dos pasillos horizontales puesto que arroja distintas "observaciones de ultrasonidos". Sin embargo, el uso de observaciones visuales acelera considerablemente la localización interna dentro del pasillo. Puede observarse cómo tras el primer paso de ejecución (estado real 18), el primer máximo dentro del pasillo corresponde ya al estado real, y con un paso de ejecución más (estado real 22), dicho máximo destaca claramente dentro del pasillo (el otro máximo corresponde al estado equivalente del pasillo paralelo). Sin embargo, utilizando sólo la OAU, la localización dentro del pasillo no se produce hasta llegar prácticamente al final del mismo (estado 34). Una vez finalizada la etapa de localización global, la etapa de seguimiento es similar en ambos casos.

2.5.3. Sistema de planificación

La siguiente figura muestra la estructura general del sistema de planificación.

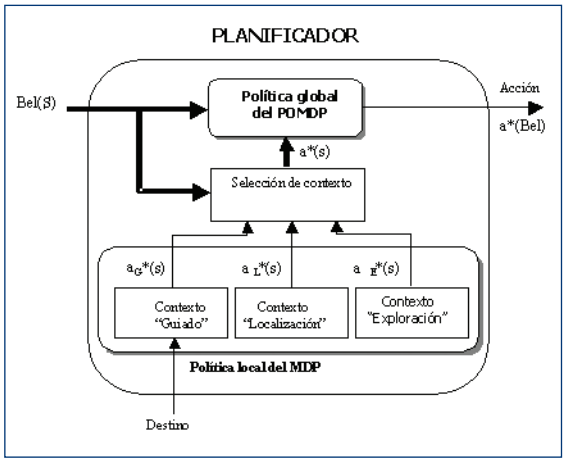


Figura 2.9. Sistema de planificación

2.5.4. Sistema de aprendizaje

Por último, el módulo de aprendizaje recibe como entradas las acciones ejecutadas y las observaciones obtenidas, y utiliza estos datos para ajustar el modelo de Markov (probabilidades de los modelos de transición y observación). Este módulo tiene un papel fundamental en la puesta en marcha del sistema de navegación en un nuevo entorno, durante la cual el planificador funciona en el contexto de "Exploración" hasta obtener información suficiente sobre el modelo. A partir de este momento, el planificador puede conmutar a cualquiera de los otros dos contextos, aunque el módulo de aprendizaje continúa funcionando en paralelo con todo el sistema, realizando una constante adaptación del modelo a posibles nuevas circunstancias o elementos del entorno.

La figura 2.10 muestra las etapas de generación y aprendizaje del modelo de Markov de un nuevo entorno. El grafo introducido por el diseñador, junto con un modelo inicial de incertidumbres predefinido e independiente del entorno, se utilizan para compilar un POMDP inicial. Este POMDP inicial contiene información suficiente para navegar durante la etapa de exploración del entorno, durante la cual se recorren los diferentes pasillos del grafo con el objetivo de recoger la información necesaria para completar y ajustar el POMDP. Esta etapa de exploración se conoce como aprendizaje activo, puesto que el robot escoge específicamente sus acciones con el objetivo de facilitar el registro de datos para el sistema de aprendizaje, recorriendo para ello varias veces cada uno de los pasillos del entorno. Una vez completada esta etapa de exploración, los datos obtenidos se utilizan para ajustar los parámetros finales del POMDP. Sin embargo, existen elementos de las matrices de transición, y sobre todo de las de observación, que pueden verse sometidos a cambios dinámicos durante el funcionamiento del sistema. Por este motivo, el sistema de aprendizaje continúa actuando en paralelo durante el funcionamiento normal del mismo (aprendizaje pasivo), adaptando todos estos parámetros en función de las observaciones realizadas durante el guiado a los estados de destino, y por lo tanto sin alterar el funcionamiento de los sistemas de localización y planificación presentados en secciones anteriores.

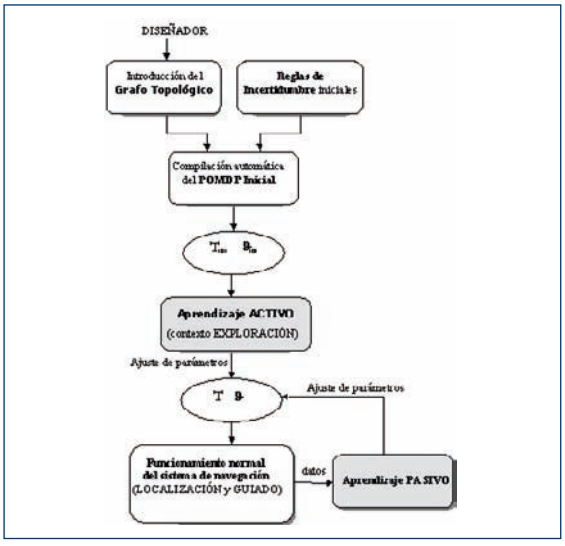


Figura 2.10. Etapas de introducción y aprendizaje del modelo de Markov para un nuevo entorno de movimiento.

2.6. Implementación del sistema de navegación

La figura 2.11 muestra el interfaz gráfico del sistema de navegación utilizando el prototipo real basado en la plataforma del PeopleBot . Las diferentes ventanas que aparecen en pantalla son las siguientes:

- Ventana de visualización de la imagen obtenida de la cámara y procesada por la aplicación de visión. En el ejemplo, se ha detectado un marco en la ventana lateral derecha de la imagen.
- Ventana principal de Saphira, en la que se visualiza el entorno local del robot (Local Perceptual Space – LPS), y los "objetos" obtenidos por sus rutinas de interpretación (en este caso, el pasillo).
- Ventana de interacción Colbert de Saphira, que en el simulador se utiliza para introducir los comandos de alto nivel (por ejemplo, el destino) y para tareas de depuración de los algoritmos.
- Ventana de visualización de datos del POMDP. En esta ventana, desarrollada con la utilidad Gnuplot de RedHat Linux, se representan la distribución de creencia Bel(S) (gráfica superior), y la distribución de votos de las acciones VG(A) (gráfica inferior).

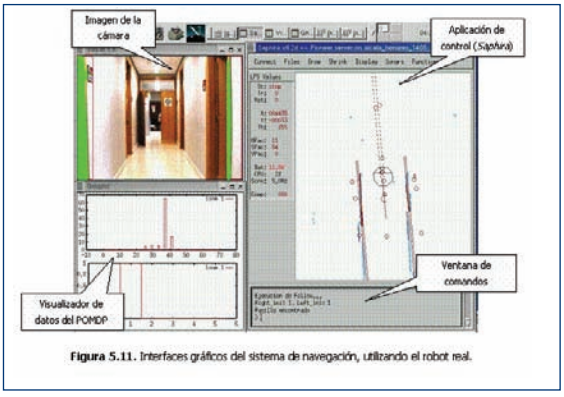


Figura 2.11. INterfaces gráficos del sistema de navegación, utilizando el robot real.



Figura 2.12. Prototipo del proyecto SIRAPEM utilizado para las pruebas.

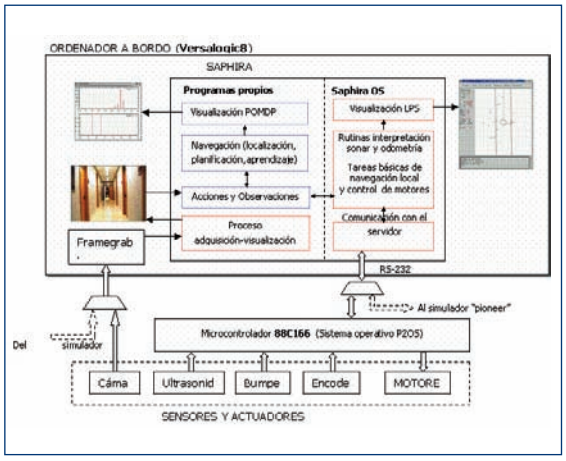


Figura 2.13. Implementación final del sistema de navegación

2.7. Observación del entorno

En este apartado se abordan los métodos de extracción de información del entorno a partir de los sensores del robot para obtener las observaciones del modelo de Markov. Uno de los principales atractivos del uso de POMDPs en navegación es que se basan en observaciones simples, abstractas y poco informativas por sí mismas, pero que en el contexto del proceso de Markov permiten conocer en un número reducido de pasos de ejecución la posición del robot en el entorno.

2.7.1. Observaciones de Ultrasonidos (OUA)

Los sensores de ultrasonidos han sido ampliamente utilizados para construir mapas precisos del entorno próximo del robot, utilizando diferentes técnicas entre las que cabe destacar el método de rejillas de ocupación [Moravec85][Moravec88][Konolige97]. La principal utilidad de esta observación es distinguir puertas abiertas en los pasillos e intersecciones de pasillos. Para ello, se clasifica cada una de las tres direcciones nominales entorno al robot (izquierda, delante y derecha) como "libre" u "ocupada", y se construye una combinación de las tres percepciones para dar lugar a un único valor que caracteriza a la observación. En el robot utilizado para las pruebas, la distribución de los sensores (tanto superiores como inferiores) es la mostrada en la figura 2.14. Los sensores laterales se utilizan para obtener las variables de ocupación a la izquierda y derecha del robot, mientras que los dos frontales se utilizan para la parte delantera.

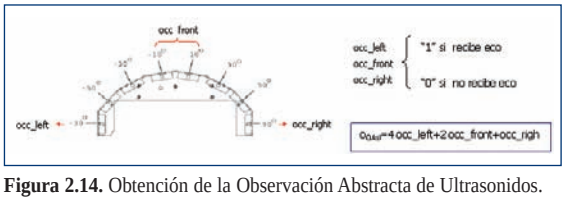


Figura 2.14. Obtención de la Observación Abstracta de Ultrasonidos.

2.7.2. Observaciones visuales

La utilidad de las observaciones visuales es reducir el solapamiento perceptual inherente a la OAU (especialmente cuando las puertas están cerradas). De forma intuitiva,

las imágenes de un pasillo deben permitir distinguir entre estados que se encuentran al inicio y al final del mismo.

2.7.2.1. Observación visual de profundidad (OVP)

Se utiliza para conocer el estado del robot dentro de un pasillo. La observación visual de profundidad utiliza un detector de rectas de fuga. La información útil de estas rectas está contenida en la longitud del segmento que se proyecta sobre el plano imagen, y que disminuye a medida que el robot avanza a lo largo del pasillo. Tras obtener la imagen de bordes de la ROI superior y aplicar la transformada de Hough se realiza un análisis de conectividad desde la parte superior de las rectas hacia el centro de la imagen, hasta detectar los bordes de los segmentos, como se muestra en los ejemplos de la figura 2.15. Una vez detectados dichos bordes, se clasifican en varios niveles en función de su posición vertical dentro de la ROI.

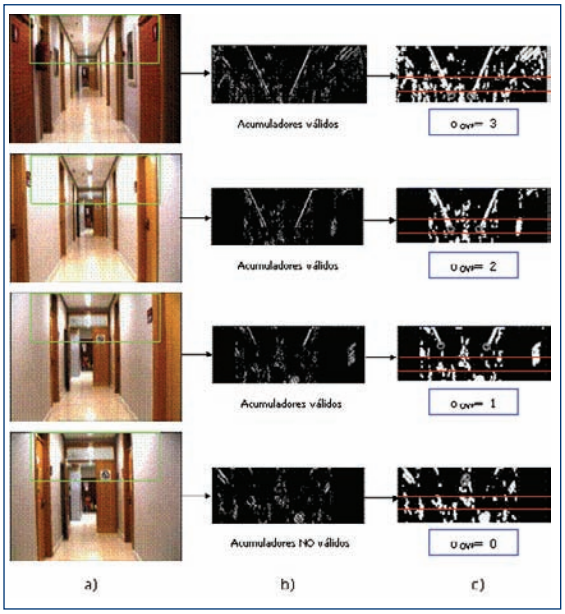


Figura 2.15. Ejemplos de obtención de la Observación Visual de Profundidad: a) imagen original y ROI de análisis, b) filtrado de bordes, c) dilatación de la imagen de bordes, análisis de conectividad y clasificación.

2.7.2.2. Observación Visual de Marcas (OVM)

Esta segunda observación visual consiste en el número de puertas que aparecen en la imagen tras realizar la segmentación de color.

En la figura 2.16 se observan dos ejemplos de obtención de la OVM a partir de la imagen segmentada. Las marcas verdes delimitan la zona de cuenta a las paredes laterales del pasillo, y las ventanas azules marcan las zonas laterales en las que sólo puede proyectarse una puerta.

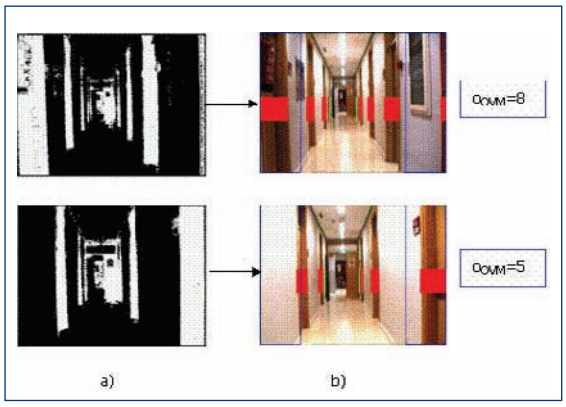


Figura 2.16. Ejemplos de obtención de la Observación Visual de Marcas: a) Imagen tras la segmentación de color, b) Cuenta del número de puertas sobre la imagen segmentada.

2.8. Tareas de navegación local

En esta sección se describen las tareas de navegación local que constituyen las acciones del modelo de Markov. Las acciones contempladas son cinco: "Girar 90° a la derecha" (a_R), "Girar 90° a la izquierda" (a_L), "Seguir pasillo" (a_F), "Entrar en habitación" (a_E) y "Salir de habitación" (a_O).

Acción	Odometría	Visión	Ultrasonidos	Control a bajo nivel basado en comportamientos
Girar a la izquierda (a_L)	✓			
Girar a la derecha (a_R)	✓			
Seguir pasillo (a_F)	✓	✓	✓	✓
Entrar en habitación (a_E)	✓	✓	✓	✓
Salir de habitación (a_O)	✓	✓	✓	✓

Tabla 2.1. Recursos utilizados en la ejecución de las acciones

Cuadro de texto: Acción Odometría Visión Ultrasonidos Control a bajo nivel basado en comportamientos Girar a la izquierda (aL) ü Girar a la derecha (aR) ü Seguir pasillo (aF) ü ü ü ü Entrar en habitación (aE) ü ü ü ü Salir de habitación (aO) ü ü ü ü Tabla 2.1. Recursos utilizados en la ejecución de las acciones.

2.8.1. Seguimiento de pasillos

La acción "Seguir pasillo" (aF) está definida únicamente en estados de pasillo orientados según la dirección del mismo. El resultado de una acción aF individual es avanzar a lo largo del pasillo hasta detectar la transición a un nuevo estado.

Para conseguir y mantener la alineación del robot con el pasillo se han considerado dos métodos:

- Orientación utilizando un modelo local del pasillo obtenido mediante ultrasonidos. Durante el desplazamiento por el pasillo, los sensores laterales de ultraso-

nidos permiten obtener un modelo local del mismo, tal y como se muestra en la figura 2.17.a.

- Orientación mediante puntos de fuga. Consiste en obtener el punto de fuga de las rectas de fuga del pasillo y corregir la orientación del robot en función de su posición dentro de la imagen (véase la figura 2.17.b).

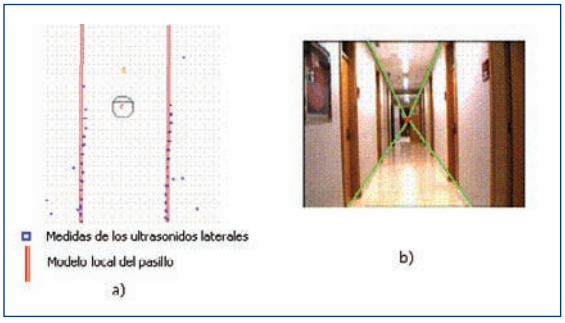


Figura 2.17. Métodos de alineación con la dirección del pasillo: a) Mediante la obtención de un modelo local del pasillo usando ultrasonidos, b) mediante puntos de fuga obtenidos de la imagen.

2.8.2. Salir de habitación

La figura 2.18 muestra de forma esquemática las etapas de ejecución de la acción "Salir de habitación". Inicialmente se realiza la búsqueda de la puerta mediante información visual (figura 2.19). Una vez localizada la puerta, se produce la aproximación hacia la misma hasta estar a una distancia adecuada para obtener un modelo de ésta, combinando información visual (figura 2.20) y de ultrasonidos (figura 2.21). En lugar de utilizar un comportamiento completamente reactivo para atravesar la puerta, se ha optado por utilizar un modelo, ya que permite que el cruce se produzca de forma perpendicular a la misma, facilitando así la incorporación al pasillo con la orientación adecuada para enlazar con el resto de acciones del modelo (figura 2.22).

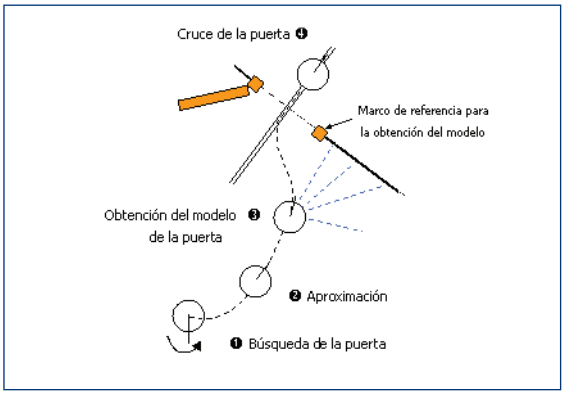


Figura 2.18. Etapas para la ejecución de la acción "Salir de habitación"



Figura 2.19. Ejemplos de imágenes de puertas captadas desde el interior de habitaciones.

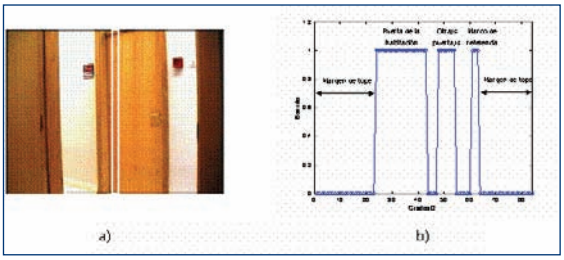


Figura 2.20. Método de barrido para la detección de los bordes de la puerta y la identificación del marco de apoyo: a) Ventana central de análisis del barrido, b) Vector de barrido obtenido.

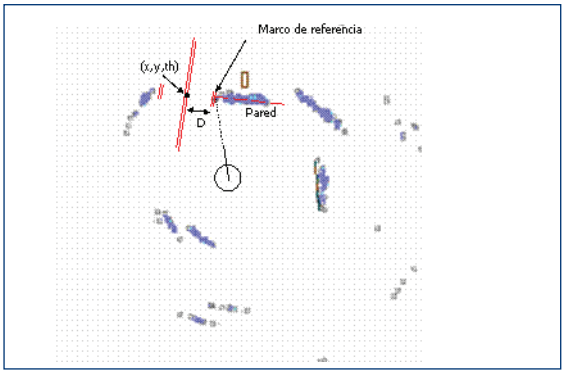


Figura 2.21. Obtención del modelo de la puerta



Figura 2.22. Ejemplo del comportamiento "Cruzar puerta".

2.9. Ejemplos de navegación

A continuación se muestran los resultados del sistema de navegación completo, obtenidos con el robot real navegando en uno de los pasillos del Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá.

2.9.1. Descripción del entorno de pruebas

La figura 2.23.a muestra el pasillo en que se han realizado las pruebas. La figura 2.23.b muestra el grafo correspondiente, que consta de 26 nodos, 11 de ellos de tipo habitación, y por lo tanto de 71 estados.

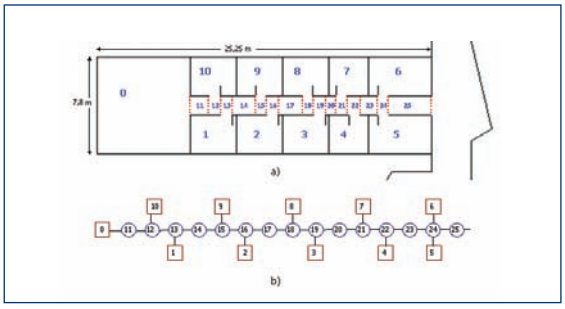


Figura 2.23. Pasillo del Departamento de Electrónica: a) Mapa del entorno, b) grafo correspondiente.

2.9.2. Ejemplo de guiado nº1; habitación de origen 3, habitación de destino 5

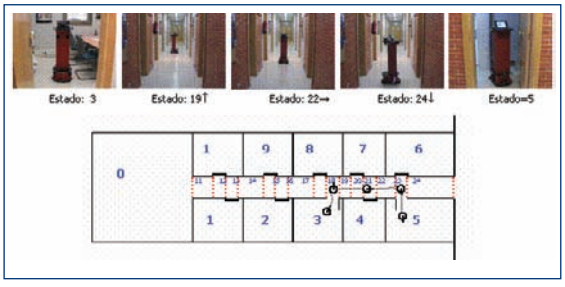


Figura 2.24. Trayectoria ideal para el ejemplo de guiado nº1.

2.9.3. Ejemplo de guiado nº2: habitación de origen 4, habitación de destino 9

La figura 2.25 muestra sobre el mapa del pasillo la trayectoria a ejecutar.

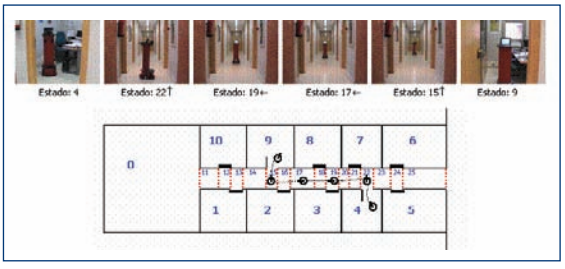


Figura 2.25. Trayectoria para el ejemplo de guiado nº2.

La tabla 2.2 muestra los resultados obtenidos utilizando la política global Voting con ponderación de los contextos "Guiado" y "Localización" en función

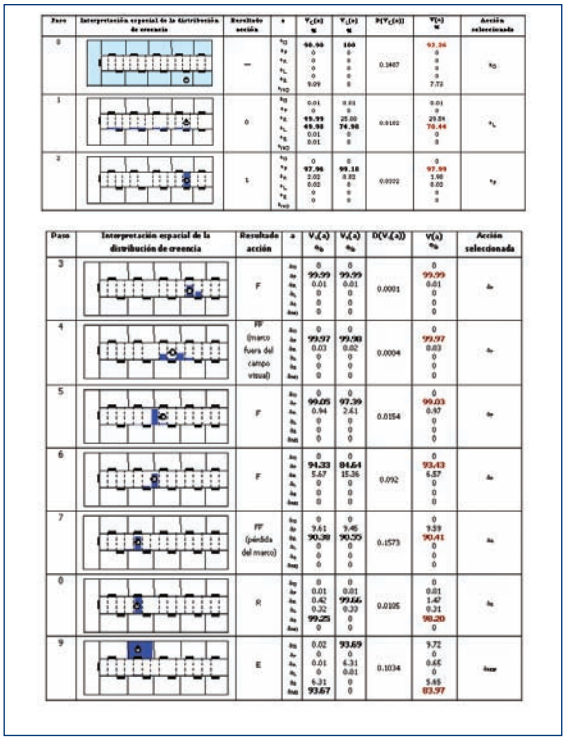


Tabla 5.2. Guiado desde la habtación 4 hasta la 9 utilizando Voting Ponderado en función de $D(V_G(a))$

de la divergencia de los votos de las acciones. En este caso, y para cada paso de ejecución, se muestran los votos de cada acción en cada uno de los dos contextos, la divergencia de los votos en el contexto guiado (factor de ponderación), los votos finales obtenidos por ponderación y la acción final seleccionada (la más votada).

Puede observarse que tras salir de la habitación, la distribución adquiere ocho máximos de igual valor (existen otros valores no nulos frente al resto de las puertas que no pueden apreciarse por el tamaño de las figuras). La política local impone un giro hacia la izquierda. Tras dicho giro, el robot se localiza globalmente y la selección de acciones comienza a ser correcta. Durante el seguimiento del pasillo se producen algunas transiciones incorrectas que, al estar todas las puertas cerradas, desplazan el máximo un estado respecto a la posición real, sin que esta situación pueda ser detectada por el planificador. Sin embargo, al tratarse de estado colindantes con la misma dirección, la acción seleccionada sigue siendo correcta. Al llegar al estado lateral a la puerta de destino, el máximo correcto se recupera (gracias a la observación de ultrasonidos) y el robot finaliza correctamente su misión.

Trabaje con InterSystems.
No con “separate systems”



Trabajar con sistemas conectados puede ahorrar vidas, tiempo y dinero.

Una de las innovaciones más prometedoras para mejorar la prestación sanitaria a menor coste es la Historia Clínica Electrónica. Para conseguirlo se requiere conectar los sistemas dispersos que participan en la continuidad de los cuidados.

Si desea disponer de la solución más rápida para generar una HCE única, utilice el software InterSystems **HealthShare**™.

Esta es la primera plataforma completa que permite compartir de forma segura la información de pacientes a lo largo y ancho de múltiples sistemas. Con HealthShare, puede conectar las aplicaciones dispersas que hoy utilizan los profesionales de la salud, permitiendo así crear una HCE única en el ámbito de un área sanitaria, una región, o incluso un país completo. Los Estados de New York y Rhode Island en los Estados Unidos, han seleccionado HealthShare como la plataforma con la que crear los sistemas regionales de HCE única (“Regional Health Information Organizations”).

HealthShare se ha diseñado sobre nuestro software líder de la industria, la base de datos de objetos de alto rendimiento InterSystems **Caché**® y la plataforma de integración rápida InterSystems **Ensemble**®, tecnologías fiables que han sido probadas durante 30 años en los mejores hospitales del mundo.

INTERSYSTEMS

Vea demostraciones de productos en **InterSystems.es**

© 2009 InterSystems Corporation. Todos los derechos reservados. InterSystems Ensemble e InterSystems Caché son Marcas Registradas de InterSystems Corporation. InterSystems HealthShare es una Marca de InterSystems Corporation. AD765E

Caso de aplicación robótica para la atención sanitaria de la salud infantil

C. Suárez Mejías[1], C. Parra Calderón[1], S. Fínez Martínez[2], C. Angulo Bahon[3], D. López de Ipiña[4], R. del Coso López[5], M. Loichate Cidó, D. del Río Rodríguez[7], S. Plana Farnós[8], P. Bustos Gacía[9], A. Yuste Marco[10], F. Massana Guitart[11], J.L. Lázaro Cornejo[12], J.L. Rey Serrano[13]
Grupo de Innovación Tecnológica, Hospitales Universitarios "Virgen del Rocío", Sevilla
Treelogic, Asturias
Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña
Universidad de Deusto, País Vasco
European Centre for Soft Computing, Asturias
Fatronik-Tecnalia, País Vasco
Bizintek Innova, País Vasco
M-BOT Solutions, Cataluña
Universidad de Extremadura, Extremadura
Fundació Hospital Comarcal Sant Antoni ABAT, Cataluña
Verbio, Cataluña
OMICRON ELECTRONICS, Madrid
Alimerka, Asturias

RESUMEN

A lo largo de los años la robótica ha conseguido convertirse en una herramienta tecnológica de servicio en aplicaciones de diferente ámbito. En el presente artículo se presenta una aplicación directa de la robótica en la atención sanitaria de pacientes infantiles.

En el marco del proyecto ACROSS, un equipo formado por más de 100 investigadores pertenecientes a 13 entidades españolas, modificarán la perspectiva actual de la robótica de servicios, proporcionando sistemas inteligentes capaces de adaptarse a los requerimientos del usuario, modificando su comportamiento de forma autónoma. Con el objetivo de proporcionar un marco abierto de colaboración entre empresas, universidades, centros de investigación y la Administración, el proyecto ACROSS se apoyará en la filosofía de generación de servicios de código libre.

PALABRAS CLAVE

Robótica, salud infantil, servicio psico-afectivo, autonomic computing

2. INTRODUCCIÓN

En el siguiente artículo presentamos el proyecto ACROSS (Auto-Configurable Robots for Social Service) cuyo objetivo es el de incorporar robots de servicios en escenarios sociales y de la salud que se anticipen a las necesidades de los usuarios, mejorando la comunicación y empatía entre personas y robots.

ACROSS se encuentra alineado con las Agendas Estratégicas de Investigación de las Plataformas Tecnológicas HispaRob, eVIA y es.INTERNET. Se trata de un "Proyecto Científico-Tecnológico Singular de Carácter Estratégico" cofinanciado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en el marco del Plan Avanza2, con un plazo de ejecución de 27 meses (Octubre 2009 – Diciembre 2011) y un presupuesto superior a 6 millones de euros. Las características económicas y temporales de ACROSS lo convierten en el proyecto más ambicioso basado en Robótica Social y de Servicios que se desarrolla a nivel nacional.

La robótica se encuentra en auge tanto en el número de investigaciones como en el de demandas de uso, y el crecimiento de la robótica se ha consolidado en los últimos años gracias a su aplicación en diversos sectores industriales. Sin embargo, existe una gran área de la robótica que no se encuentra tan desarrollada como la industrial: la denominada "Robótica Social".

Un robot social es aquel que interactúa y se comunica con las personas (de forma sencilla y natural) siguiendo comportamientos, patrones y normas sociales. Para ello, es necesario que el robot disponga de habilidades cognitivas que se ubican dentro de la llamada "inteligencia social". Se consideran tres niveles de interacción según su grado de complejidad: robots monitorizados directamente por el usuario, robots utilizados como herramienta tecnológica y robots dotados de una interacción avanzada adaptada completamente al comportamiento del usuario.

El proyecto será desarrollado por un equilibrado equipo multidisciplinar liderado por Treelogic y formado por otras 12 entidades: Cinco empresas (Alimerka, Bizintek Innova, m-BOT Solutions, OMICRON Electronics, Verbio); Tres universidades (Universidad de Deusto, Universitat Politécnica de Catalunya, Universidad de Extremadura); Dos centros tecnológicos (European Centre for Soft Computing, Fundación Fatronik) y dos hospitales (Fundació Hospital Comarcal Sant Antoni Abat, Fundación Pública Andaluza para la Gestión de la Investigación en Salud de Sevilla - Hospitales Universitarios "Virgen del Rocío").

El proyecto ACROSS tendrá aplicación directa en tres escenarios sociales correspondientes a:

- *Vida Independiente*: robots utilizados como ayuda tecnológica en tareas cotidianas para colectivos con diversidad funcional.
- *Psicoafectividad*: cuyo objetivo es mitigar el deterioro de habilidades cognitivas en niños con problemas psicoafectivos.
- *Marketing*: interacción amigable entre robots y personas con un fin lúdico y/o publicitario.

En nuestro caso nos centraremos en el escenario de la psicoafectividad infantil de pacientes en entornos hospitalarios.

El presente artículo se compone de los siguientes apartados: *3. Estado del arte*, en donde se tratarán de manera resumida algunos estudios y experiencias realizadas en el ámbito del uso de robot en niños con problemas psicoafectivos en entornos hospitalarios; *4. Metodología*, detallará la metodología a llevar a cabo en el proyecto; *5. Plataformas robótica*, describirá las plataformas robóticas disponibles por los socios del proyectos, las cuales van a ser analizadas y valoradas con el fin de poder optar por aquellas que mejor se adecuen a las necesidades del usuario y de los profesionales del sector; 6. *Conclusiones* y 7. *Agradecimientos*.

3. ESTADO DEL ARTE: NIÑOS CON PROBLEMAS PSICOAFECTIVOS EN ENTORNOS HOSPITALARIOS

La psicología afectiva nos enseña que a través del afecto y de la información emocional de la conciencia, el hombre puede sanar todos sus traumas y comportamientos anormales, adquiriendo una verdadera salud mental, superior a la de una persona ordinaria, explorando nuevos campos de actividad sincronizada, rítmica, armónica y de más alta frecuencia del cerebro, para utilizar el cien por ciento de su capacidad, desarrollar una conciencia más elevada para estar en conexión directa y profunda con los demás, la creación, su creador y con él mismo.

En el proyecto ACROSS se pretende evaluar y validar el beneficio en el uso de plataformas robóticas, las cuales además de entretener y educar van a contribuir en la mitigación de los problemas psico-afectivos de los niños en entornos hospitalarios. En ese sentido, analizaremos los estudios y experiencias realizadas por otros autores disponibles en la literatura.

En el Hospital Infantil de Tokyo junto a la Escuela de Ingenieros de Shitayuri (Kimura, 2005, p. 2336-2341) (Kimura, 2004, p. 2615-2620), nuestra el experimento de la interacción de robots mascota con niños en entornos hospitalarios. Para ello, el escenario a pilotar fue niños con edad escolar en las salas de espera de los hospitales y centros hospitalarios. En el estudio se analizó los cambios de humor durante los tiempos de espera de la consultas. Como resultado se demostró que la mayoría de los niños y padres mejoraron su estado de ánimo al introducir el robot mascota en las salas de espera.

En la Universidad Vrije de Bruselas (Goris, 2009, p. 253-254) se realizó una prueba piloto mediante el uso de la plataforma robótica Probo en el escenario de niños hospitalizados. En este estudio se demuestra la mejora de la condición de vida de los niños en entornos hospitalarios. Estos niños requieren distracción y disponer de información accesible. Tras el estudio se demostró que

Probo podría ser utilizado en los hospitales para el entretenimiento, la comunicación y la asistencia médica. Como características técnicas, indicar que el software que dispone Probo es fácilmente actualizable, de forma que es aplicable a diferentes disciplinas permitiendo mediante la implementación de versiones de software más específicas el pilotaje en caso de uso específicos definidos.

Para fomentar la comunicación de los niños hospitalizados los investigadores Anastasia et al. de la Universidad de Toronto (Cheetham, 2000, p. 380-38) presentan el sistema de comunicación denominado PEBBLES, aplicación robótica destinada a comunicar y enlazar a los niños hospitalizados con sus clases regulares. La mayoría de los diseños y factores humanos (por ejemplo planificación del estudio diario, coordinación entre profesores localizados en distintos lugares geográficos, formación individual y especializada) se realizaron a través de comunicaciones por video. Aunque en algunas ocasiones se disponen de limitaciones técnicas en relación al ancho de banda y fidelidad de audio pendientes de resolver, se demuestra el éxito del sistema de telepresencia en niños hospitalizados.

En (Cook, 2005, p. 452-460) los investigadores evalúan el uso de robot en niños con discapacidades motoras graves y dificultades cognitivas y de lenguaje. El estudio se realizó en una escuela hospitalaria en 15 sesiones durante cuatro semanas. Las entrevistas con los profesores relevaron los avances de participación de los niños en clase, en el lenguaje expresivo (vocalizaciones, comunicación simbólica, etc.), así como un aumento de interés en las actividades realizadas con el robot. Tras la experiencia realizada, los profesores trasladaron las principales características que debían disponer los robots para conseguir llamar la atención de los niños. Estas características se basan principalmente en el color, el contraste, el carácter, así como la generación de sonidos y música.

En esa misma línea, en el Instituto de Sistemas Inteligentes AIST, MITI de Tsukuba, Japón (Shibata, 2001a, p. 4) (Shibata, 2001b, p. 1053-1058) se desarrolla una plataforma robótica mental diseñada para estimular psicológicamente y fisiológicamente la interacción física de los niños de los hospitales. Para ello, se introduce dos plataformas robóticas en formas de mascotas, un gato y una foca. Los resultados mostraron que la interacción física de los niños con las mascotas influía positivamente en los análisis psicológicos realizados. 785 sujetos evaluaron el robot foca mediante análisis multivariado. Mediante una evaluación de la cara de los pacientes y de los cuidadores, se demostró que el uso de los robots mascota facilita la socialización entre otros niños hospitalizados y disminuyen la ansiedad que sufren cuando no se encuentran con sus padres y seres queridos. Así mismo se demuestra que se fomenta la comunicación de los niños con el personal sanitario. Como caso particular, un niño autista que había estado hospitalizado durante 6 meses recuperó su apetito y el habla durante tres semanas de tratamiento. Otro caso muestra la interacción entre el robot foca y un niño hospitalizado a largo plazo. El niño sentía intenso dolor en el cuerpo, brazo y piernas que le impedía el movimiento. Cuando el robot foca mantiene contacto con el niño, éste sonríe y acaricia la mascota. El personal sanitario en este caso concluyo que además de interactuar en el terreno afectivo mental, presenta función de rehabilitación.

En el Hospital de Rehabilitación Glenrose de Edmonton, Canadá junto con la facultad de Rehabilitación de Medicina de la Universidad de Alberta, Edmontony y los departamentos de ingeniería de la misma universidad (Cook, 2002, p. 178-187) presentan el estudio realizado de una plataforma robótica de manipulación para facilitar el aprendizaje de niños con dificultad severa en el lenguaje y en la captura de objetos. Dicho sistema esta diseñado para que modifique su configuración dependiendo de las necesidades específicas del usuario. Los interfaces que les permiten controlar y realizar acciones a los niños son de fácil accesibilidad: botones grandes, teclados, punteros láser. El software desarrollado permite que el niño realice una serie de tareas de múltiples pasos mediante la activación de interruptores.

En el estudio se demuestra que la animación, el habla y los movimientos realistas de las plataformas robóticas presentan un efecto positivo sobre el aprendizaje de los niños con dificultades motrices graves.

Para el caso de uso de la rehabilitación motora de niños con parálisis cerebral los investigadores Alexander Koening at el (Koenig, 2008, p. 121-126) analizan el uso de entornos virtuales en las plataformas robóticas. Parten de la hipótesis que la participación en el entrenamiento dependiente de los estímulos aumenta la actividad del paciente, expresada mediante el ejercicio durante la formación asistida por el robot. En el estudio realizado con niños de 12 años se demuestra que la participación activa aumenta en presencia de estímulos visuales. Además se realiza un estudio de viabilidad con el fin de evaluar la acepta-



Figura 1. Plataforma robótica de manipulación pilotada en Edmonton, Canadá

ción de cuatro diferentes escenarios de entorno virtual: escenario de futbol, una situación de tráfico, un obstáculo en un camino y cruzar caminado por las nieves. Tras este estudio se demostró que el escenario de futbol permitía una mayor interacción de los niños en la terapia de rehabilitación. Se demuestra con este estudio que el uso de robot en estos entornos hace que los pacientes asistan más motivados a su rehabilitación y por tanto sea más eficaz.

En el Hospital infantil de duPont en Wilmington, Estados Unidos (Kazi, 1996, p. 114-125) (Schuyler, 2000, p. 394-404) se realiza un estudio de terapias ocupacionales para medir la efectividad de la manipulación de niños con discapacidades mediante una ayuda robótica. Para ello, tres pruebas de evaluación diferentes se realizan a niños con discapacidad física en la manipulación de objetos. En todas las pruebas se demuestra que los niños que de lo contrario no podían realizar físicamente las tareas sin el robot, fueron capaces de realizar tareas de manipulación con un factor de 20-700 veces mayor que sin el uso de robots.

Focalizándose en el escenario de niños con trastornos del espectro autista, los autores Pioggia G. et al. (Pioggia, 2007, p. 605-612) estudian las interacciones de robots con estos niños. Para ello, presentan el robot androide FACE que dispone de la capacidad de interactuar con el ambiente externo, interpretando y transmitiendo a través de comunicación no verbal. El objetivo de FACE es el definir y probar un protocolo terapéutico para el autismo con el fin de mejorar las habilidades sociales y emocionales en las personas con autismo. El estudio clínico tiene como objetivo el comprobar la capacidad de FACE en la mejora de las habilidades de imitación y atención conjunta en los niños con autismo. Para ello se realizará un seguimiento de la atención basado en las características faciales del niño y además se analiza si el androide con el uso sigue prestando un interés para el niño ó como objeto que comparte con el terapeuta. El pilotaje se realiza con cuatro niños de autismo diagnosticados mediante ADI-R y ADOS-G (instrumentos específicos de diagnóstico). El experimento se realiza durante veinte sesiones en las salas de rehabilitación equipadas de dos cámaras orientables a distancia, bajo la supervisión del terapeuta. En el estudio se demuestra que los participantes mostraron una capacidad espontánea de la imitación de la cabeza y los movimientos faciales del androide. Además se demuestra que los niños con autismo centran su atención hacia los movimientos oculares de FACE guiados del terapeuta

En (Kozima, 2007, p. 385-400) los autores evalúan el uso y la iteración del robot keepon en niños con edades comprendidas entre 2 y 4 años, niños con una edad menor que en el caso anterior. Keepon es un robot con la capacidad de expresar su atención mediante la dirección de su mirada y las emociones. Controlado a distancia, keepon interactúa con los niños con una simple apariencia y acciones. En el experimento se demuestra que los niños se acercan espontáneamente al robot participando en actividades. Un análisis cualitativo y cuantitativo de estas interacciones demuestra la motivación de los niños autistas para compartir con los demás los estados emocionales de keepon y compartir sus sentimientos con los demás, lo cual era una deficiencia en los niños con estas patologías. En el estudio se concluye que la inclusión de robots simples como keepon facilitará la interacción social y su desarrollo en los niños autistas.

Del mismo modo en el laboratorio de Ingeniería Software de Aizau en Wakamatsu, Japón y en la Universidad de Tecnología de la Información en Sri Lanka (De Silva, 2006, p. 1236-1239) se estudia la

interacción de los robots, juegos interactivos en el desarrollo emocional de los niños con problemas de salud mental, como son los niños autista. En el trabajo presentado se propone un robot multiagente basado en el sistema interactivo que permite cuantificar el rendimiento del niño. De este modo este sistema permite medir la intensidad de emoción de los niños en tiempo real para poder demostrar cuantitativamente los beneficios de las plataformas robóticas en estos escenarios.

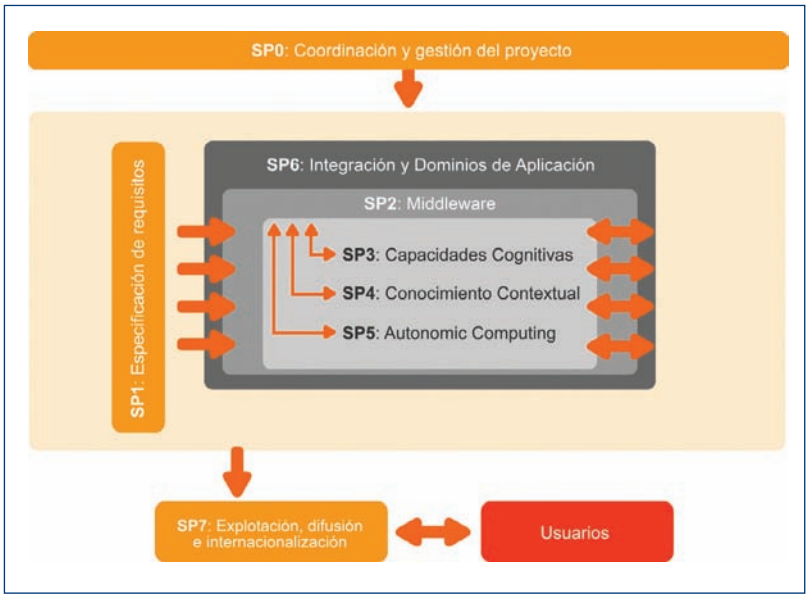


Figura 2. Metodología del proyectoCanadá

En Hospital Infantil Bambino Gesú de Roma, Italia junto con el departamento de ingeniería de Massachusetts en los Estados Unidos, el departamento de Neurología y Neurociencia de White Plains y de Baltimore de Estados Unidos (Frascarelli, 2009, p. 135-141) presentan una evaluación sobre el uso de la terapia del robot pero en el caso de niños con malformaciones congénitas ó adquiridas en el movimiento de las extremidades superiores. En el estudio participaron 12 niños de entre 5 y 15 años con lesiones traumáticas de cerebro y con parálisis cerebral durante 1 hora tres veces por semana, con una totalidad de 18 sesiones de terapia robótica. Para la medición de la minusvalía se hace uso de la Escala de Melbourne (MS) y la subdivisión de Fugl- Meyer. El resultado de las medidas secundarias fue realizado a través de la escala de Ashworth modificadas. En el estudio los investigadores miden la suavidad, la fuerza y la velocidad promedio de los movimientos de alcance limitado. Los resultados obtenidos demostraron una mejora en todas las métricas establecidas. Resultando una mejora en las extremidades superiores posturales y por tanto beneficioso en la rehabilitación en niños con hemiparesia congénita y adquirida.

Como conclusión de este apartado podemos trasladar los beneficios demostrados en el uso de plataformas robóticas en escenarios de niños en entornos hospitalarios con problemas psicoafectivos. Partiendo de estos estudios se definirá un escenario de aplicación dentro de la asistencia de la salud en el que abarque la interacción con niños con problemas psico-afectivos. De tal modo, que dichas plataformas permitan entretener, educar y mitigar el deterioro de habilidades cognitivas.

4. METODOLOGÍA

Debido a la magnitud del proyecto, se identifican dentro del mismo una serie de subproyectos, cada uno de ellos subdividido internamente en diferentes paquetes de trabajo, que se componen a su vez de tareas. La Fig. 2 muestra los subproyectos de los que se compone ACROSS, así como la relación entre ellos, que serán descritos a continuación:

1) Subproyecto SP1: Especificación de requisitos.

El objetivo fundamental será definir la especificación de requisitos para cada uno de los distintos niveles: funcionales, (demandados por dominios de aplicación), técnicos (consideraciones técnicas previas a la implementación) y de seguridad (a nivel técnico en el tratamiento de información confidencial y a nivel funcional en la interacción con las personas).

De forma complementaria se contempla un estudio acerca de las necesidades de las PYMES en el ámbito de la robótica y futuras líneas tecnológicas que se consideren estratégicas.

2) Subproyecto SP2: Middleware

Este subproyecto constará de tres paquetes de tareas claramente diferenciados. El primero dedicado al estudio de la tecnología existente, el segundo en el que se seleccionará, diseñará e implantará un middleware robótico de soporte. Para finalizar la última tarea consistirá en la implementación de un conjunto de



La Virtualización para servidores de Microsoft® cuesta aproximadamente 1/3 menos que otras soluciones similares como VMware. Con Virtualización de Microsoft reducirás significativamente los gastos consolidando servidores, disminuyendo el consumo de energía y acelerando el despliegue de aplicaciones. Ahora podrás virtualizar tus servidores sin necesidad de romper la hucha. Teclea microsoft.es/virtualizacion en tu móvil o tu PC.

Microsoft® | Virtualization

Basado en una comparación entre una empresa con Windows Server® 2008 con Hyper-V™ y Microsoft® System Center Server Management Suite Enterprise y una empresa con infraestructura VMware de VMware con VMware vCenter Server. Incluye 2 años de mantenimiento en ambos casos. Basado en precios de distribución estimados de Microsoft y precios publicados de VMware disponibles en https://www.vmware.com/vmwarestore con fecha 02/04/2009. Los precios actuales pueden variar.

componentes que proporcionen funcionalidades comunes a los desarrollos software de ACROSS.

Las características generales del sistema a desarrollar serán la Arquitectura basada en componentes, con elementos como: Uso de la regla "Componente = Objeto + Proceso + Coms", código abierto, encapsulación, multiplataforma y multilenguaje, funciones a través de API público, distribuida y el middleware de comunicaciones (comunicación robusta con TPC/UDP, calidad industrial, código abierto, eficiencia…)

Dicho sistema cubrirá capacidades correspondientes a una capa de abstracción de hardware (encapsulamiento, acceso normalizado, escalabilidad), reconfiguración dinámica (arranque/parada selectivos, cambios "en caliente") y herramientas de desarrollo: (generación de código, grafos de componentes, acceso a variables, publicación de versiones, documentación…).

El alcance de este subproyecto tiene como fundamento por un lado la estandarización del acceso al hardware y por otro la creación de un middleware de fuentes abiertas y con funcionalidades comunes a cualquier robot auto-configurable (con base para aplicar en servicios sociales). La importancia de este subproyecto es que será usado como software de integración para todas las demás etapas, proporcionando mecanismos de visibilidad y comunicación eficientes.

3) Subproyecto SP3: Capacidades cognitivas

El esqueleto de este subproyecto está formado principalmente por el estudio del comportamiento psicoafectivo en 3 escenarios generales de trabajo, siendo la interacción multimodal a través de voz e imagen y el análisis de los dispositivos de interacción quienes conforman el esqueleto de este subproyecto.

Se evaluará el uso de capacidades cognitivas en un robot móvil sobre 3 escenarios en función del grado de interacción requerido: simple (monitorización personal, electrodomésticos), media (ayuda tecnológica, apoyo personal) o avanzada (entretenimiento, mascota).

Se evaluará, más allá de los dispositivos de interacción, la secuencia social entre persona y sistema robótico en diversos contextos de uso, y se analizarán las tecnologías emergentes entorno a dispositivos de interacción.

4) Subproyecto SP4: Conocimiento contextual

Este subproyecto girará en torno a elementos relacionados con el contexto y el entorno. Algunos ejemplo son la captura del contexto a través de diferentes mecanismos de sensorización y comunicación, el modelado del contexto mediante ontologías semánticas, razonamiento sobre el contexto capturado mediante motores de reglas y técnicas de aprendizaje, interpretación y agregación del contexto para la inferencia de situaciones que identifiquen planos de acción o la personalización de la reactividad empotrada en el entorno teniendo en cuanta la forma de actuar del usuario.

El alcance será enfocado en dos puntos muy concretos: el modelado semántico del contexto, definiendo una ontología que recoja los conceptos y asociaciones que permiten modelar el contexto y usando inferencia semántica para dar lugar a la interpretación, agregación y generación de conocimiento implícito desde el explícito, y el punto de vista de end-user programming, determinando los objetivos o intenciones actuales del usuario, mediante la aplicación de técnicas de conocimiento cognitivo y contextual.

5) Subproyecto SP5: Automatic Computing

El objetivo fundamental es lograr plataformas robóticas cada vez más autónomas. Para ellos se dotarán a dichas plataformas de capacidades de "Autonomic Computing", arquitectura de servicios software inteligentes (ámbito IA y Soft-Computing) para tareas como: auto-mantenimiento (monitorización, auto-diagnóstico, auto-"reparación", gestión de la autonomía energética), auto-configuración (composición dinámica de servicios, actualización de middleware/software, modo "defensa personal"), auto-aprendizaje (machine-learning, patrones de comportamiento) o swarm robotics ("robótica colaborativa", computación distribuida para alcanzar un fin común).

El alcance será la obtención de un sistema básico y genérico de Autonomic Computing para plataformas robóticas (extensible a otros sistemas, consumible vía servicios, pug&play&forget, inteligencia artificial y soft-computing) y también explorar el campo de la computación distribuida llevándola a sistemas robóticos físicos.

6) Subproyectos SP6: integración y dominios de aplicación

Entre los objetivos específicos para este subproyecto contamos con la integración de los módulos software en el dominio de aplicación Asistencia Social para Problemas Psicoafectivos (mitigar el deterioro de habilidades cognitivas) o el Dominio de aplicación

Asistencia Social para Vida Independiente (ayuda tecnológica a colectivos con diversidad funcional).

Durante el transcurso de este subproyecto se alcanzarán metas como el análisis de las necesidades de usuario en cada dominio de aplicación, definir, diseño e implementación diferentes casos de uso y servicios en cada dominio de aplicación, realización de un documento de integración y validación de tecnologías, análisis de necesidades no contempladas inicialmente y extensión a nuevos escenarios.

7) Subproyecto SP7: Explotación, difusión e internacionalización

El objetivo de este subproyecto será promover la difusión, transparencia, explotación e internacionalización de los resultados del proyecto. Para ello se establecerán varios instrumentos de difusión (portal Web: http://www.acrosspse.com, comunidad Open-Source, publicaciones científicas, workshops, etc.). Se tiene como principal objetivo continuar los resultados del proyecto en programas internacionales buscando sinergias con otros proyectos en desarrollo.



Figura 3. Portal Web de ACROSS

5. PLATAFORMAS ROBÓTICAS

A continuación se describen las especificaciones técnicas de las plataformas robóticas que pueden ser consideradas como integradoras y validadoras de los desarrollos del proyecto ACROSS. Estas plataformas robóticas cubren los requisitos especificados por los dominios de aplicación del proyecto.

5.1. TICO

TICO es una plataforma robótica perteneciente a la empresa Treelogic. Las dimensiones que posee la plataforma son de 1620 x 837 x 617 mmm, con un peso total de 70 Kg. Se desplaza utilizando 2 motores trifásicos capaces de transportar 45 Kg, con una velocidad máxima de traslación de 5 Km/h y una velocidad máxima de rotación de 200º/s. Presenta un punto de gravedad muy bajo, gracias al cual la plataforma puede aguantar una inclinación máxima de 45º

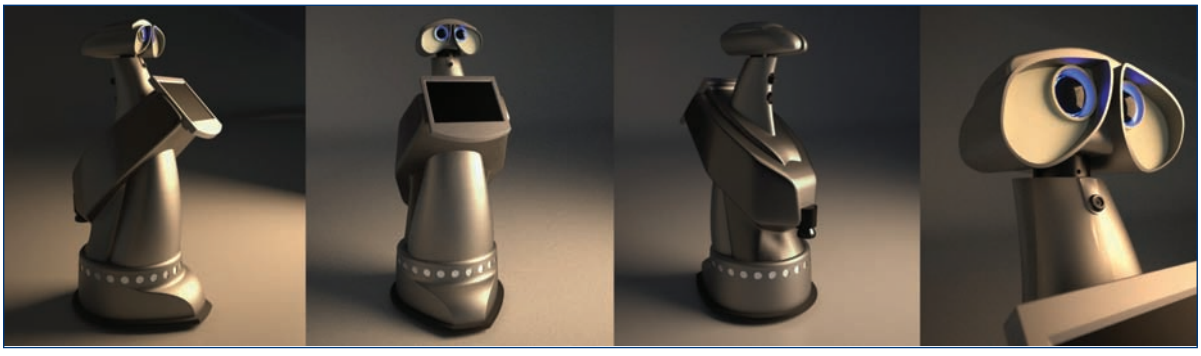


Figura 4. Plataforma Robótica TICO

sobre la vertical. Este hecho evita el vuelco ante fuertes empujones.

Actualmente el sistema operativo utilizado es Fedora. Debido a las características del PC Embebido y de los dispositivos hardware instalados, la plataforma es compatible prácticamente con la totalidad de las arquitecturas software robóticas existentes en la actualidad.

TICO tiene una autonomía cercana a las 12 horas con un funcionamiento básico. La autonomía se puede reducir entre 2 y 4 horas en función de la utilización del movimiento, de la utilización simultánea de sensores y pantalla táctil. La recarga completa de las baterías se efectúa en 12 horas.

La plataforma cuenta con un anillo de ultrasonidos compuesto por 24 sensores, dispuestos cada 15º con un alcance máximo de 300 cm. y un sensor láser que permite tener un campo de visión de 270º hasta 35 m de distancia. Por último, la base está rodeada por un anillo de goma con sensores de presión. Este anillo actúa sobre el movimiento del robot y sirve como medida de protección ante choque.



Figura 5: Plataforma robótica Roinbot

TICO dispone de un sistema estéreo de visión compuesto por dos focos, preparada para la adquisición y procesamiento estéreo de imagen que permite el cálculo de distancias. Dispone de un interfaz HDMI con una pantalla de 15 pulgadas TFT táctil, con resolución de 1024 x 786 pixel, un equipo de dos altavoces estéreo con una potencia máxima de 10W y dos micrófonos omnidireccionales con una sensibilidad de -35+-4dB. Encima de la pantalla cuenta con una cámara web.

La plataforma robótica tiene una cabeza robótica con la apariencia que se muestra a continuación (Fig .4) Esta cabeza puede girar 360º sobre la vertical y 28º sobre la horizontal. Los ojos dan sensación de parpadeo, proporcionando una interacción con el usuario más completa y amigable.

Debido a sus múltiples sensores, esta plataforma es capaz de evitar obstáculos tanto móviles con fijos, y se puede desplazar por interiores de forma autónoma gracias a sus datos de odometría. Gracias a su sensor láser, el robot puede detectar obstáculos a una distancia de hasta 35 metros con una gran precisión, siendo además posible realizar un mapa en tiempo real procesando los datos de este láser. Con la ayuda del mapa creado, el robot puede trasladarse de forma global en espacios interiores, pudiendo planificar rutas óptimas de tal forma que se pueda desplazar de forma similar a como lo haría una persona.

Mediante sus sistemas de visión la plataforma es capaz de calcular distancias y reconocer objetos con la cámara estereoscópica. Gracias a la cámara web instalada encima de la pantalla táctil, el robot es capaz de reconocer a personas. Además, gracias a los movimientos de su cabeza, éste es capaz de dirigir su mirada hacia la persona y seguirla mientras se está moviendo. En la pantalla táctil que el robot posee se puede mostrar todo tipo de información, ya sean presentaciones, páginas web, aplicaciones, videos, imágenes, etc.

Otra de las funcionalidades del robot es la capacidad tanto de transformar el texto a voz (dándole la capacidad de hablar a través de sus altavoces) como la de entender a las personas mediante el reconocimiento del habla gracias a los micrófonos que posee.

5.2. ROINBOT

ROINBOT es una plataforma robótica íntegramente desarrollada por m-BOT Solutions para la interacción con personas en eventos. Las dimensiones del ROINBOT son 1100 x 550 x 550 mm, y tiene un peso de 80 Kg. Dispone de 2 motores DC de 198W que le permiten desplazarse a una velocidad máxima de 4 Km/h.

La autonomía del Roinbot es de 5 horas en funcionamiento. La autonomía se puede ampliar a 8 horas si el funcionamiento de los motores es limitado. La plataforma cuenta con 3 sensores de ultrasonidos en la parte posterior, y un sensor de ultrasonidos y un radar en la parte delantera con un campo de visión de 270º y 4m de distancia.

La funcionalidad principal del robot es buscar la persona más cercana y situarse frente a ella, de manera que pueda interactuar con la pantalla táctil. Si no se interacciona durante cierto tiempo, se gira para buscar una nueva persona.

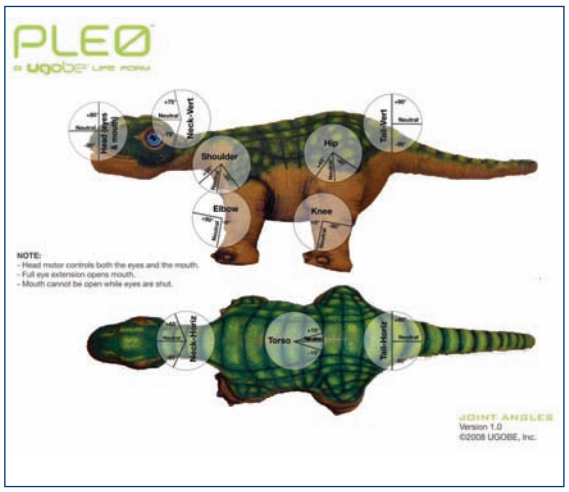


Figura 6. Plataforma robótica PLEO

5.3. PLEO

PLEO es un robot comercial creado originalmente por UGOBE y comercializado actualmente por la empresa Innvo Labs, diseñado para entretenimiento, siendo su principal target consumidor los niños y los amantes de la robótica que quieran una plataforma sencilla y relativamente capaz sobre la que trabajar. Se trata de una cría de dinosaurio de 38 cms de largo, 10 cms de ancho y 20 cms de alto que pesa 4 kg.

La plataforma robótica presenta 14 motores de bajo nivel de ruido con sensores de retroalimentación de fuerza: 2 por pata, 1 para el torso, 2 para la cola (horizontal y vertical), 2 para el cuello (horizontal y vertical) y 1 para los ojos y la boca, 8 sensores de tacto en pata, torso, espalda, barbilla y cabeza, 4 detectores de superficie (1 por pata).

Para la comunicación con el exterior PLEO presenta: un transceptor IR para comunicarse con otras plataformas robóticas compatibles o recibir señales de mandos a distancia IR compatibles, un interruptor IR en la boca para detectar objetos en la boca, un sensor de orientación/rotación de seis estados y sensor de agitación (shake sensor).



Otras características técnicas que presenta el robot son 2 micrófonos que detestan cambios de volumen y dirección de sonidos, 1 cámara que detecta niveles de luz e identifica objetos, 1 puerto USB para control y programación, 1 slot de de tarjetas SD para actualización, programación y añadidos. Dispone de una batería que reporta carga actual y temperatura con una duración entre 2 y 4 horas y requiere un tiempo de carga de 3 horas.

La capa software de PLEO está dividida en tres niveles: bajo nivel, medio nivel y alto nivel. Los niveles bajo y medio reciben el nombre de LifeOS en clara referencia a que las tareas que realizan se asemejan a las de un sistema operativo, sirviendo de base a las aplicaciones de usuario, programadas en el lenguaje de script Pawn, que forman el nivel alto.

Pleo encaja en el caso de uso de problemas psico-afectivos dado que su forma y capacidades se ajustan muy bien a dicho caso: comportamiento adaptativo, movilidad, y sobre todo, su perfil de mascota que reacciona ante el trato que se le da, en general afectivamente. Esto es importante ya que el usuario de esta plataforma probablemente requerirá la respuesta afectiva del robot, pero no es positivo que reciba dicha respuesta afectiva independientemente de lo que haga, lo que lleva un poco a un nivel básico de relación social.

Este robot posee una serie de estados de ánimo ofreciendo una interacción avanza con el usuario emulando el comportamiento de una mascota real. PLEO además posee una SDK mediante la cual se pueden programar comportamientos personalizados. Podría destinarse al caso de uso de problemas psico-afectivos dado que su forma y capacidades se ajustan muy bien a dicho caso: comportamiento adaptativo, movilidad, y sobre todo, su perfil de mascota que reacciona ante el trato que se le da, en general afectivamente. Esto es importante ya que el usuario de esta plataforma probablemente requerirá la respuesta afectiva del robot, pero no es positivo que reciba dicha respuesta afectiva independientemente de lo que haga, lo que lleva un poco a un nivel básico de relación social.

5.4. NAO

NAO es un robot bípedo de tipo humanoide diseñado para propósitos de investigación y educacionales por la compañía francesa Aldebaran Robotics. Su programación y control es independeinte de la plataforma utilizada, Linux, Windows XP o Mac OS X. Admite diferentes lenguajes de programación (URBI Script, C, C++, Python), a través de diferentes entornos de programación.

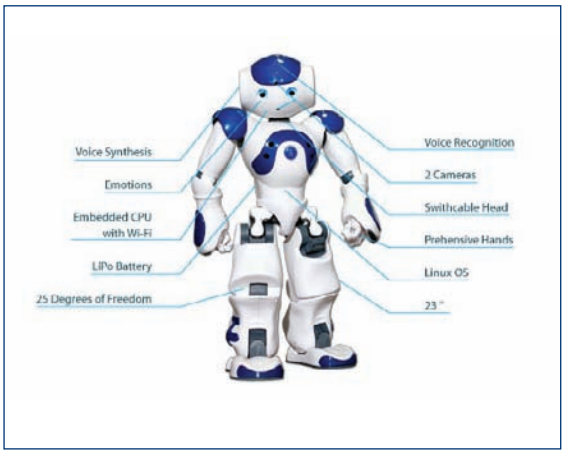


Figura 7. Plataforma robótica NAO

Para realizar sus movimientos, Nao está dotado de 25 grados de actuación que le permiten gran movilidad y precisión de movimientos. Los sensores inerciales están dispuestos para mantener la estabilidad del robot, así como posicionarlo en el espacio. Los sensores sonar se instalaron para la detección y evasión de obstáculos.

Su capacidad de interacción se basa en unos módulos software que permiten características como text-to-speech, reproducción de música, localización de sonidos, detección de patrones visuales, caras y figuras coloreadas, detección de obstáculos, así como efectos visuales y de comunicación a través de leds. Todo ello gracias a los componentes multimedia integrados: sistema de altavoces hi-fi, micrófonos, 2 cámaras digitales

La programación de Nao se efectúa a través de un entorno abierto que permite la interacción de módulos distribuidos de software. En función de la experiencia de programación del usuario, Nao se puede controlar vía Coreographe, programando módulos C++, o interactuando con APIs de lenguajes script. Además, los usuarios más avanzados pueden acceder en bajo nivel a los sensores y actuadores con objeto de cambiar el código original por elementos de control propios. Por último, las secuencias de movimiento pueden ser validadas a través de MS Robotics Studio o Cyberbotics Webots.

Nao presenta unas dimensiones de 58cm de altura y 4.3kg de peso. Dispone de 25 grados de libertad (2 en la cabeza, 5 en cada brazo, 1 en cada mano, 1 en la pelvis y 5 en cada pierna). Gracias a los 25 grados de libertad que posee es capaz de realizar multitud de movimientos siendo posible reproducir gran cantidad emociones corporales así como movimientos similares a los de las personas.

A nivel de multimedia incorpora: 2 altavoces de 36mm de diámetro situados en las orejas, 4 micrófonos y 2 cámaras CMOS digitales VGA 640x480, 30 fps. Los altavoces y micrófono permiten la emisión y reconocimiento de voz, así como usa dos cámaras para el reconocimiento de objetos y personas.

Respecto a los sensores, dispone de 4 sensores de ultrasonidos dispuestos en el pecho en 2 canales, 4 sensores de fuerza en cada pie, 1 sensor bumper en el frontal de cada pie, 2 sensores de infrarrojos en los ojos, 2 sensores inerciales (1 acelerómetro de 3 ejes y 1 giróscopo de 2 ejes) y sensores de posición efecto Hall sobre cada articulación con resolución de 0.1°

Los actuadores son motores Coreless MAXON DC. Los hay de dos tipos diferentes y con dos tipos de reducciones diferentes para cada tipo de motor, según las necesidades de cada articulación. El control de los motores se realiza mediante microcontroladores dsPIC incorporando un algoritmo tipo PID, con parámetros configurables. Las consignas son de posición y se miden mediante los sensores de efecto Hall.

La interacción lumínica se realiza mediante 2 grupos de 8 leds RGB en los ojos, 2 grupos de 10 leds azules en las orejas, 1 led RGB en el torso y 1 led RGB en cada pie La conexión a PC puede realizarse por Wi-Fi IEE 802.11g o Ethernet.

CONCLUSIONES

El principal reto que asume el proyecto ACROSS es el de modificar la concepción actual de la robótica social y de la salud, estancada en proveer servicios preestablecidos y difícilmente reconfigurables, dando el paso a crear sistemas inteligentes, capaces de autoreconfigurarse y modificar su comportamiento de forma autónoma mediante capacidad de comprensión, aprendizaje y acceso a software remoto.

Con el objetivo de proporcionar un marco abierto de colaboración entre empresas, universidades, centros de investigación y la Administración, el proyecto ACROSS se apoyará en la filosofía de generación de software Open Source. Este hecho garantiza la continua evolución del sistema ACROSS a partir de la integración de nuevos agentes tecnológicos.

La nueva concepción de robots diseñados e implementados en ACROSS proveerá sistemas capaces de modificar su comportamiento de forma autónoma accediendo a software remoto. En el proyecto, además se profundizará en todas aquellas herramientas que permitan componer distintos perfiles de personas de tal forma que el comportamiento del robot se adecue a sus preferencias y contexto actual, consiguiendo una mejora sustancial en los aspectos emocionales y contextuales que afectan a la interacción entre las personas y las máquinas. Se analizará y estudiará las características de sensorización de las plataformas robóticas. Estas capacidades deben actuar como intermediario entre el usuario y el agente físico, de tal forma que la información se transfiera de forma bidireccional adaptada a las características físicas de cada persona.

Para tal fin, se investigará el estado del arte de métodos y tecnologías de interacción multimodal usuario-máquina. Actualmente existen importantes tecnologías que no se encuentran directamente ligadas con la robótica social y que, sin embargo, pueden aportar un gran valor añadido en las vías de comunicación y realimentación dentro de la interacción humano-máquina. Se estudiarán también las tecnologías de personalización, encargadas de la adaptación de los diferentes recursos y servicios de la plataforma al perfil concreto del usuario en entornos dinámicos. Así como se diseñarán e implementarán los protocolos de descubrimiento, composición y ejecución de servicios lo más autónomamente posible.

El último paso corresponderá a validar los resultados obtenidos en los dominios de aplicación. Es necesario considerar la gran complejidad de estos escenarios debido a los requisitos especiales que presentan.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto ACROSS (TSI-020301-2009-27) ha sido aprobado por el subprograma Avanza I+D dentro de la convocatoria de ayudas de Acción Estratégica de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información 2009, habiendo sido financiado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cheetham A., Young C. and Fels D. Interface development for a child's video conferencing robot (2000). Proceedings of the XIVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association and 44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Association, 'Ergonomics for the New Millennium', p. 380-383.

Cook A., Meng M., Gu J. and Howery K (2002). "Development of a robotic device for facilitating learning by children who have severe disabilities", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 10 (3), p. 178-187, ISSN: 15344320.

Cook A., Bentz B., Harbottle N., Lynch C. and Miller B (2005). "School-based use of a robotic arm system by children with disabilities", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 13 (4), p. 452-460.

De Silva P., Madurapperuma A. P. , Marasinghe A. and Osano M (2006). A multi-agent based interactive system towards child's emotion performances quantified through affective body gesture. Proceedings- International Conference on Pattern Recognition, vol1 p. 1236-1239.

Frascarelli F., Masia L., Di Rosa G., Cappa P., Petrarca M., Castelli E. and Krebs H.I. (2009). "The impact of robotic rehabilitation in children with acquired or congenital movement disorders", *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 45, p. 135-141.

Goris K., Saldien J. and Lefeber D (2009). Probo, a testbed for human robot interaction. Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, HRI'09, p. 253-254.

Kazi Z., Chen S., Beitler M., Chester D. and Foulds R (1996). Multimodally controlled intelligent telerobot for people with disabilities. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, , Telemanipulator and Telepresence Technologies III, v 2901, p. 114-125.

Kimura R., Abe N., Matsumura N., Horiguchi A., Sasaki T., Negishi T., Ohkubo E. and Naganuma M (2004). Trial of robot assisted activity using robotic pets in children hospital. Proceeding of the SICE Annual Conference, p. 2615-2620.

Kimura R., Sugiyama Y., Ohkubo E., Naganuma M., Hiruma K., Horiguchi A., Abe N., Hatano E., Suzuki K., Sekine K., Hiranuma A. and Yamanouchi (2005). Child and pet-robot interaction in children's' hospital (1) theoretical issues and procedure. Proceedings of the SICE Annual Conference, p. 2336-2341.

Koenig A., Brütsch K., Zimmerli L., Guidali M., Duschau-Wicke A., Wellner, M., Meyer-Heim A., Lünenburger L., Koeneke S., Jäncke L. and Riener R (2008). Virtual environments increase participation of children with cerebral palsy in robot-aided treadmill training. Virtual Rehabilitation, IWVR, p. 121-126.

Kozima H., Nakagawa C. and Yasuda Y (2007). "Children-robot interation: a pilot study in autism therapy", *Progress in Brain Research*, 164, p. 385-400.

Pioggia G., Sica M., Ferro M., Igliozzi R., Muratori F., Ahluwalia A. and De Rossi D. (2007). Human robot interaction in autism; FACE, an android based social therapy. Proceding IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, p. 605-612.

Schuyler J.L. and Mahoney R.M (2000). "Assessing human-robotic performance for vocational placement", *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8 (3), p. 394-404, ISSN: 10636528.

Shibata T., Mitsui T., Wada K., Kumasaka T., Tagami K. and Tanie K (2001a). Therapy of children assisted by mental commit robot. IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM, v 1, p. 4.

Shibata T., Mitsui T., Wada K., Touda A., Kumasaka T., Tagami K. and Tanie K (2001b). Mental commit robot and its application to therapy of children. IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM, v 2, p. 1053-1058.

Silla de Ruedas Robótica con Interfaz de Comunicación por PDA Comandada por Señales Cerebrales

André Ferreira, Rafael Leal Silva, Teodiano Freire Bastos-Filho y Mário Sarcinelli-Filho
Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil
{andrefer, rafael, teodiano, mario.sarcinelli}@ele.ufes.br

RESUMEN

En este trabajo se presenta un sistema que permite a una persona con grave discapacidad neuromotora elegir símbolos en una PDA a bordo de una silla de ruedas, utilizando solamente señales electroencefalográficas (EEG). A través de dicha elección, el usuario puede expresar sus necesidades o estados, tales como sueño, sed, hambre, etc; redactar textos en un teclado alfanumérico y además comandar una silla de ruedas robótica. Los patrones de EEG utilizados son la sincronización y desincronización relacionadas a eventos (ERS y ERD, respectivamente) presentes en la banda alfa de la región occipital del cerebro. Se detalla el sistema de adquisición y se presentan resultados experimentales del trabajo realizado.

PALABRAS CLAVE

Interfaces, Cerebro Computador (ICC), Silla de Ruedas Autónoma, Electroencefalografía (EEG), Asistente Digital, Personal (PDA).

I. INTRODUCCIÓN

Personas con discapacidad motora enfrentan diversos problemas en lo que se refiere a la movilidad en las instalaciones públicas y domiciliares. Cuando el usuario posee la capacidad de manipulación intacta, puede utilizar un joystick para controlar una silla de ruedas eléctrica. Sin embargo, cuando dicho individuo posee movilidad muy reducida o nula, debido a cuadriplegía o tumores en la médula espinal, dicho individuo puede pasar el resto de su vida en completo estado de dependencia social (Cassemiro and Arce, 2004).

Cuando la discapacidad se debe a Neuropatías Motoras – en especial Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) – los problemas van mucho más allá de la falta de movilidad y dependencia social: el individuo atrofia gradativa y crónicamente su capacidad de comunicación y de expresar cualquier deseo, sentimientos o necesidades. Aunque la medicina actual sea capaz de alargar la vida de dichas personas, utilizando drogas avanzadas, el paciente permanece prisionero de su propio cuerpo, puesto que no posee cualquier calidad de vida. Frustración, ansiedad y depresión son sentimientos normalmente incorporados al día a día de dichos pacientes (Borges, 2003).

La tecnología de asistencia puede contribuir a través de la creación de dispositivos que utilicen señales biológicas para maximizar las capacidades comunicativas de dicho individuo, una vez que la deformación y degeneración de las células musculares, características de la ELA, no afectan aspectos cognitivos (Hori et al., 2004). Si el paciente posee un buen control de los músculos de la cara, la señal de comando se puede generar a través de parpadeos.

Sin embargo, el avance de la enfermedad lo imposibilita de controlar confiablemente sus parpadeos. Así, una fuente de señales biológicas útil en grados

avanzados de la enfermedad es el cerebro. A través de señales eléctricas obtenidas en la superficie de la corteza, proceso denominado electroencefalografía (EEG), es posible encontrar patrones y asociarlos a determinadas acciones (Wolpaw et al., 2002; Millán et al., 2003).

Utilizando el EEG como señal de entrada del sistema en cuestión, en este trabajo se ha desarrollado una Interfaz Cerebro-Computador (ICC) capaz de interpretarla e interactuar con una PDA (del inglés, Personal Digital Assistant) y con una silla de ruedas eléctrica. Dicha interfaz posibilita un canal de comunicación entre el cerebro del operador y el mundo, además de permitir el control de la silla. La interfaz desarrollada es basada en (Ferreira et al., 2006; Frizera-Neto et al., 2006).

La estructura de la ICC desarrollada y la interacción con el ambiente alrededor se presentan en la Fig. 1.

Tras la adquisición de la señal de EEG, existe una etapa de acondicionamiento y luego la conversión analógico digital. En el computador, se filtra la señal para la banda de interés (8 a 13 Hz) en la fase de preprocesamiento. La varianza de la señal es la característica de interés,

la cual se transmite al clasificador. Basado en un umbral ajustable, el clasificador identifica la voluntad, o no, del operador de seleccionar el símbolo presentado por la PDA. En caso afirmativo, una interfaz de comunicación

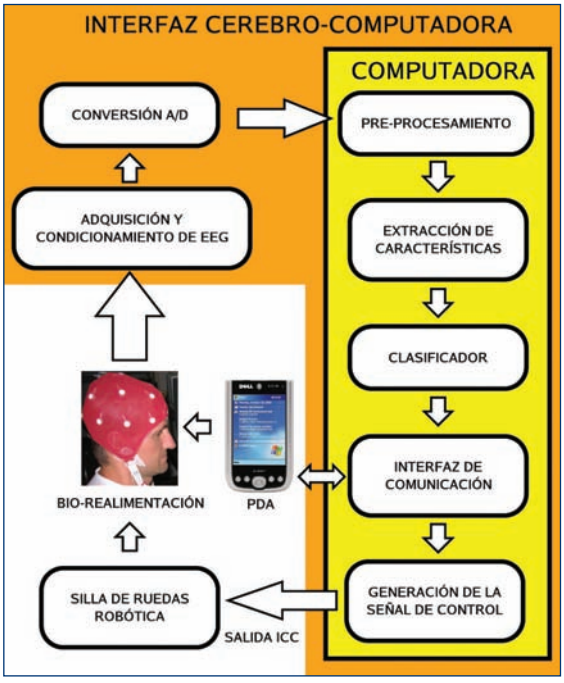


Figura 1. Estructura de la ICC.

consulta la PDA y envía dichas informaciones para el módulo siguiente, que es el responsable por generar las señales de control necesarias para que la silla ejecute la tarea deseada. El lazo de realimentación se cierra a través del operador (bio-realimentación).

La PDA a bordo de la silla de ruedas actúa como interfaz gráfica y contiene las posibles opciones de elección por el usuario, tales como el movimiento deseado para la silla, expresar sentimientos y necesidades o realizar comunicación en forma de texto. Las alternativas que la PDA ofrece son seleccionadas a través de un sistema de barrido automático de líneas y columnas. Dicha interfaz informa cada opción elegida a través de un altavoz, facilitando la comunicación con personas a su alrededor.

La estructura general del sistema desarrollado se presenta en la Sección II. El sistema de adquisición y las técnicas utilizadas en el procesamiento de la señal de EEG se muestran en la Sección III, seguidos por una descripción de la plataforma de la PDA (Seção IV). Finalmente, se presentan resultados experimentales (Sección V), así como el análisis de los resultados y la conclusión del trabajo (Sección VI).

II. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DESARROLLADO

Además de la silla eléctrica propiamente dicha, el sistema desarrollado cuenta con una tarjeta para accionamiento de los motores y recepción de datos procedentes de los sensores (encoders, sonares, RFID, infrarrojo, magnético y ZigBee); un mini-PC a bordo de la silla para el procesamiento de señales EEG y comunicación con la PDA; y una tarjeta microcontroladora (basada en el MSP430 de Texas Instruments, Inc.) para servir como interfaz entre los sensores y el mini-PC, y para el control de velocidad de los motores. La Fig. 2 muestra como se interconectan los componentes.

El sensor magnético detecta la proximidad de una puerta a través de una tarja metálica fijada en el suelo.

En este instante, el sistema de control se desactiva para que un sistema de control auto-guiado entre en operación, haciendo con que la silla de ruedas siga, con seguridad, el camino formado por la tarja metálica a través de las puertas.

RFID (del inglés, Radio-Frequency IDentification) es un método de identificación automática en el que un lector RFID (módulo activo) accede a la información contenida en una tarjeta RFID (módulo pasivo) a través

de ondas de radio. Los módulos pasivos de RFID se ubican en los umbrales de las puertas, lo que permite que, al pasar por una puerta, el sistema de control de la silla realice la lectura de la tarjeta identificadora, calibrando la odometría y eliminando los errores acumulados hasta aquel instante, errores estos que son debidos a holgaduras y deslizamientos de las ruedas de la silla, principalmente durante la realización de curvas.

Los transceptores ZigBee se utilizan a bordo de la silla de ruedas para comunicación con los sensores instalados en el entorno, con el fin de obtener la información de su localización en cada momento, aportando, además, redundancia con el sistema odométrico, para corrección de errores de localización de la silla.

El mini-PC (mini-ITX) utilizado es un computador de dimensiones y consumo de energía inferiores a los de PCs convencionales, y se destina a aplicaciones embarcadas.

Posee un procesador de 1 GHz y 1 GB de RAM que se utilizan para el procesamiento y análisis de señales con mayor demanda computacional. La comunicación entre la PDA y el mini-ITX se realiza a través de una puerta serial, mientras la interfaz con el sistema de adquisición de señales biológicas se realiza a través de la puerta paralela (aunque los datos se transmitan de forma serial). Tras la recepción de los datos, el mini-ITX se responsabiliza por el preprocesamiento, extracción de características, clasificación y generación de la señal de control.

III. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO

El sistema de adquisición de señales EEG se compone de una tarjeta de condicionamiento de señales y una basada en el CI AD7716 de la Analog Devices, para digitalización y filtrado de la señal.

La tarjeta de condicionamiento de señales posee dos canales de adquisición que se pueden conectar de forma bipolar, formando un único par, o de forma unipolar, donde cada canal se muestrea de forma independiente en relación a la referencia. Un tercer electrodo se utiliza como referencia para la salida del amplificador y se conecta al lóbulo de la oreja derecha del operador.

Un filtro pasa-altas, ajustado para 0,1 Hz, evita la saturación de los amplificadores, debido a la señal continua del acoplamiento existente entre el electrodo y la piel.

Un filtro Butterworth pasa-bajas de cuarta orden, actuando en 32 Hz, limita la banda de frecuencia para el rango de EEG de interés y disminuye la influencia de

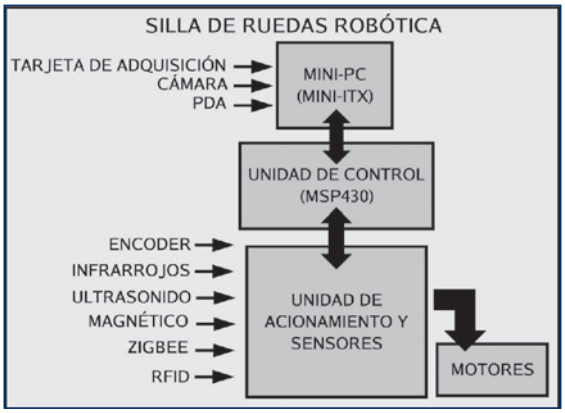


Figura 2. Estructura del sistema desarrollado

artefactos de la red. Artefactos son ruidos y disturbios que contaminan la señal bajo estudio, y se originan de diferentes formas, tales como artefactos musculares, cardíacos, de orden técnica (ruido de la red eléctrica, mal contacto de los electrodos), entre otros. Se suele utilizar un circuito de Body Driver con el intuito de reducir la influencia de los artefactos de red (Webster, 1998). Exigencias de alta impedancia de entrada, altas tasas de rechazo en modo común (CMRR) y bajo nivel de ruido son algunas de las características del circuito de condicionamiento desarrollado, de modo que se aproxime al máximo de las características deseadas para un electroencefalógrafo (Cooper and Helfrick, 1991). La ganancia del circuito es ajustable en dos diferentes etapas.

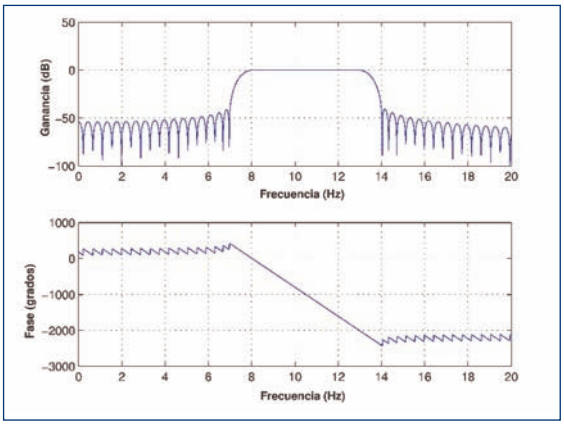


Figura 3. Respuesta del filtro (8 la 13 Hz)

La segunda parte del sistema de adquisición utiliza el AD7716, que es un módulo de procesamiento de señales para sistemas de adquisición de datos. Posee resolución de 22 bits y cuatro canales de conversión A/D. Además, contiene un filtro pasa-bajas digital integrado, con frecuencias de corte seleccionables en 36,5 Hz, 73 Hz, 146 Hz, 292 Hz y 584 Hz. La frecuencia de muestreo utilizada es 140 Hz y el filtro pasa-bajas se ha

ajustado para 36,5 Hz. Tras su digitalización y filtrado (Kaiser window, vide Fig. 3), la señal se envía al PC por la puerta paralela.

Los patrones de interés de la señal de EEG es muy importante para la elección de los métodos de análisis y procesamiento (Lehtonen, 2003). En este trabajo se utilizan patrones de sincronización y desincronización relacionados a eventos (ERS y ERD, respectivamente). Dichos patrones se caracterizan por alteraciones en el nivel de energía de la señal de EEG en una banda específica de frecuencia, donde el aumento de energía caracteriza un ERS y una disminución caracteriza un ERD (Pfurtscheller and da~Silva, 1999). La banda de frecuencia utilizada para detección de dichos patrones es la banda alfa (8 la 13 Hz) y las señales se colectan en la región occipital de la corteza, a través de electrodos posicionados en O1 y O2, de acuerdo con el Sistema Internacional 10-20 (vide Fig. 4).

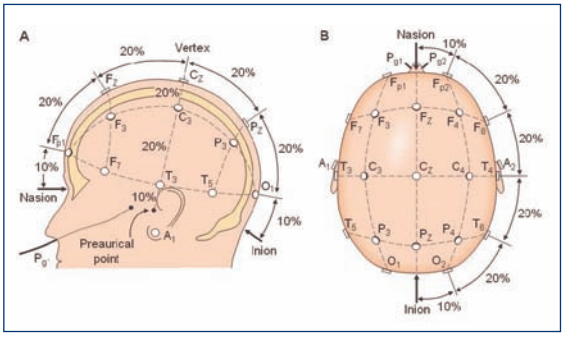


Figura 4. Sistema Internacional 10-20, donde se pueden ver las ubicaciones O1 y O2, en las cuales se posicionan los electrodos para adquisición de las señales cerebrales.

Un operador con los ojos abiertos (existencia de excitación visual y concentración) mantiene el ritmo alfa en estado de baja energía. Cuando los ojos se cierran (ausencia de excitación visual y relajamiento), hay un incremento acentuado de dicha energía, caracterizando un ERS. La observación de la varianza de la señal filtrada permite la detección de los cambios de estado en la señal de EEG, como mostrado en la Fig. 5.

El segundo gráfico en la Fig. 5 se genera a través de una ventana móvil (avances de 1 muestra) con N = 280 muestras (N es el número de muestras del conjunto y se determina empíricamente) de la señal de EEG filtrada (xk), para la cual la varianza se calcula por $\mu = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} x_k$ y el promedio μ se obtiene por $\sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}(x_k - \mu)^2$

La varianza se utiliza como entrada del clasificador basado en umbral. Así, es posible identificar el deseo de selección de un determinado símbolo por parte del operador. Se envía, entonces, una requisición a la PDA, vía conexión serial, la cual devuelve la información sobre la acción deseada por el operador. El mini-PC de bordo calcula entonces las señales de control necesarias para la realización de la tarea elegida y las envía para el módulo de control de bajo nivel de la silla.

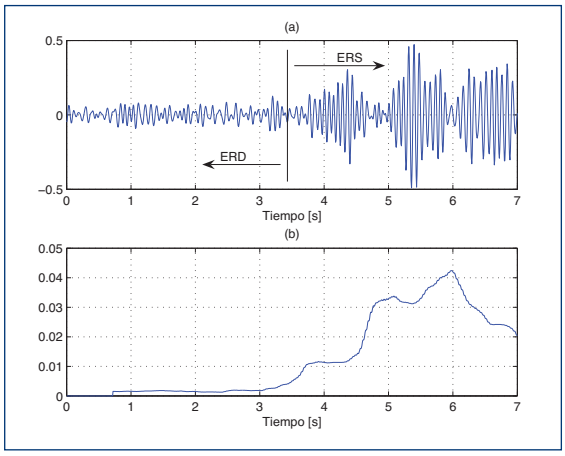


Figura 5. (a) Señal de EEG filtrada e indicaciones de ERD y ERS. (b) Aumento de la varianza en presencia de un ERS.

IV. PDA

La PDA utilizada en la silla es un modelo de la DELL – el Axim X50, con Windows Mobile 2003. Presenta como características una pantalla de 3,5 pulgadas, procesador de 520 MHz y memoria de 64 MB. La comunicación entre la PDA y el mini-PC se realiza de forma serial, y el circuito integrado MAX232 actúa como conversor entre los niveles de tensión TTL del PDA y RS-232 del computador.

El programa existente en la PDA se denomina CSRR, sigla referente a Control de Silla de Ruedas Robótica y ha sido desarrollado en eMbedded Visual C++ 3.0. El software posee una interfaz sencilla, de forma que cualquier usuario sea capaz de manejarlo, en lo que se refiere a la selección de las opciones. Aunque la simplicidad dificulte la presencia de estructuras flexibles, garantiza al usuario el control sobre el software y mayor confiabilidad, minimizando la frustración generada por la necesidad de auxilio externo.

El programa se inicia en la pantalla PRINCIPAL, desde donde es posible navegar para todas las alternativas que el programa ofrece. Es posible al usuario comunicarse a través de voz artificial, expresar sentimiento o



Figura 6. Pantalla PRINCIPAL del programa CSRR.

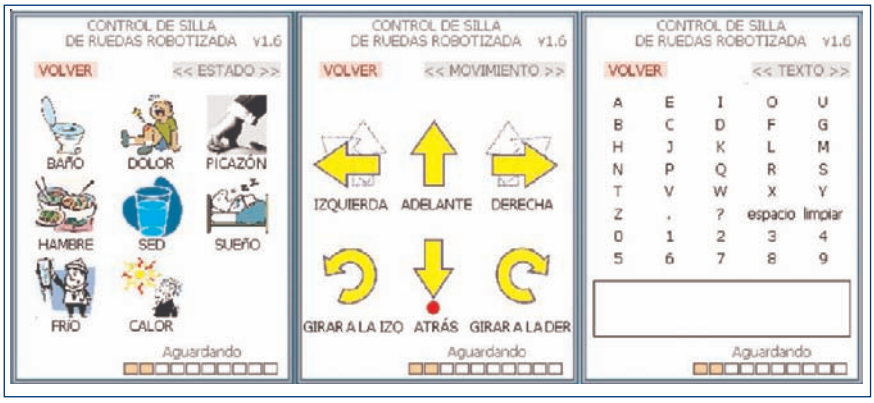


Figura 7. Pantallas ESTADO, MOVIMIENTO y TEXTO del programa CSRR.

estado de salud y guiar la silla en el ambiente. Todas esas opciones poseen salida de voz a través de altavoces existentes en la silla de ruedas. La Fig. 6 presenta la pantalla principal del programa.

El usuario selecciona los símbolos de la PDA, dispuestos en forma matricial, auxiliado por un sistema de barrido automático. Cada línea permanece preseleccionada por un tiempo, hasta que el usuario confirme al sistema su intención de selección. Tras la elección de la línea, el proceso se repite para las columnas. Una desventaja del sistema de barrido es la baja tasa de transmisión de datos, por ejemplo, en una pantalla de redactar texto.

La pantalla ESTADO, posee función de comunicación interpersonal. Se ofrece al usuario opciones que indican situaciones específicas a las personas alrededor, siendo que en algunas de ellas, como SERVICIO, DOLOR, PICAZÓN, etc., el tiempo de aviso es factor crucial. Aunque todos los símbolos de dicha pantalla puedan ser escritos en la pantalla TEXTO, dicho modo de selección es mucho más rápido de que escribir el estado letra por letra, además de que dicho método supone la necesidad de que las personas alrededor sean avisada inmediatamente. Todas las situaciones se muestran en la Fig. 7.

La pantalla TEXTO, mostrada en la Fig. 7, posibilita al usuario una forma de comunicación directa, a través de un altavoz, con personas al su alrededor, utilizando la selección de letras y números. Es posible demostrar, más específicamente, sentimientos y deseos, compartir experiencias o agradecer. Aunque sea un proceso de comunicación lento, aún así posibilita un canal de comunicación a través de voz artificial, capacidad esa atrofiada con el pasar del tempo en pacientes portadores de ELA.

La pantalla MOVIMIENTO permite al usuario moverse en cualquier tipo de ambiente, estructurado o no. Las opciones se muestran en la Fig. 7 y funcionan con comandos enviados directamente a los motores de la silla, posibilitando un desplazamiento independiente. La opción FRENTE permite al usuario mover la silla hacia adelante durante el tiempo que sea necesario, y es el más utilizado entre todas las opciones. En ambientes externos, es muy común el uso de GIRAR IZQ y GIRAR DER, que permiten al usuario girar a la izquierda y a la derecha, respectivamente, por un ángulo arbitrado por él. En ambientes internos, tales como hospitales, edificios y residencias, IZQUIERDA, DERECHA y TRAS posibilitan curvas de 90? para la izquierda, 90? para la derecha y un pequeño desplazamiento predeterminado para tras, respectivamente. La presencia de este último caso se explica en las situaciones en las cuales la silla se encuentra en un ambiente estrecho. El retorno sería imposible a través de un giro inicial de 180?, en función del pequeño espacio lateral y de la dimensión y forma de la silla. Se permite únicamente un pequeño desplazamiento fijo de la silla por razones de seguridad, evitando que el usuario intente navegar para tras, con visibilidad nula.

V. EXPERIMENTOS

La Fig. 8 presenta un usuario realizando pruebas con la silla robótica. El procedimiento de preparación del usuario consiste en una rápida limpieza del local donde se ubican los electrodos, que son las posiciones O1 y O2, y el lóbulo de la oreja derecha del usuario, donde se conecta el electrodo de referencia. Se aplica un gel o pasta entre el electrodo y la piel, con vista a disminuir la impedancia de acoplamiento.

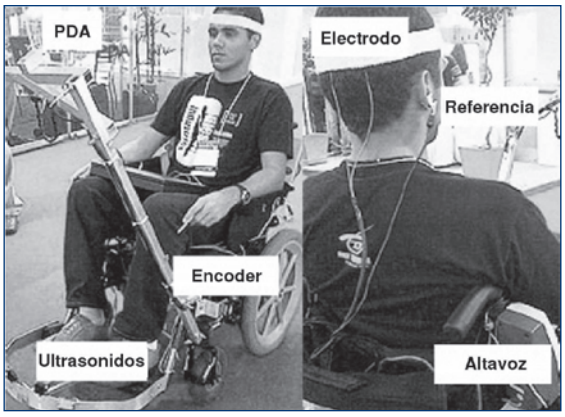


Figura 8. Experimentos con la silla robótica.

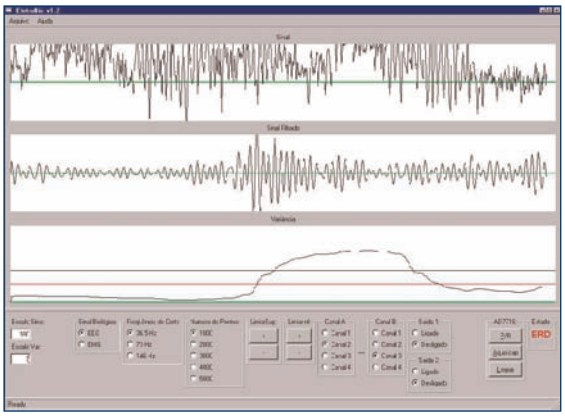


Figura 9. Software desarrollado para representación de señales.

La Fig. 9 muestra la pantalla principal del software desarrollado, con las señales adquiridas y procesadas. La señal que llega al PC se muestra en la pantalla superior. La pantalla intermedia contiene la señal filtrada y, en la pantalla inferior, se muestra la evolución temporal de la varianza de la señal filtrada. Se permite al usuario alterar las escalas de las señales, ajustar la zona muerta de la varianza, entre otras posibilidades. Además, se presenta al usuario el estado en que el sistema se encuentra, sea un ERD o ERS.

El análisis de la banda alfa, a través de la señal filtrada entre 8 y 13 Hz y de la varianza de dicha señal filtrada, muestra claramente los instantes en que el usuario está con los ojos cerrados (varianza alta) y desea seleccionar el comando presentado por la PDA. Dichos instantes son los estados de alta energía de la señal. Las transiciones de estado se detectan a través del clasificador basado en umbral (Seção III). Existe una zona muerta ajustable, añadida al clasificador, que impide que pequeños cambios en los valores de la varianza generen selecciones indeseadas.

Artefactos relacionados a los parpadeos naturales de los ojos, que ocurren generalmente por vuelta de 5 Hz, se eliminan en el filtrado, lo que ha sido comprobado en los experimentos realizados.

Aunque el usuario cierre los ojos para generar la señal de selección, las señales utilizadas son únicamente de EEG y no electromiográficas (EMG). Si los ojos del usuario se cubren con un objeto, bloqueando la llegada de estímulos luminosos, aún así se genera el patrón ERS, lo que muestra que independe de la actividad muscular generada por el cierre de los ojos.

VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El sistema desarrollado se ha probado en ambientes internos y externos, y en todos los casos ha funcionado de forma satisfactoria, de acuerdo con las opiniones de los usuarios que han utilizado la silla. Dichas informaciones están disponibles en la página del grupo de investigación de la UFES[1].

El sistema desarrollado se ha mostrado eficiente en la selección de comandos para la silla de ruedas a través de señales de EEG. Se requiere un mínimo de familiarización y entrenamiento para operación de la silla, aunque el sistema todavía no tenga sido probado en usuarios con discapacidad neuromotora severa.

La practicidad y rapidez en la fijación de los electrodos, simplicidad de operación de la interfaz gráfica y facilidad de adaptación del sistema a otras sillas eléctricas son atractivos importantes cuando considerados los usuarios finales de esta tecnología de asistencia.

Es importante resaltar que varios otros trabajos se encuentran en desarrollo, utilizando la silla de ruedas, que son:

- incorporación al sistema actual de un controlador capaz de guiar la silla, en seguridad, desde la localización corriente hasta otra predefinida, de forma que el usuario no necesitará elegir movimientos individuales, pero únicamente el símbolo que representa el destino deseado (sala, cocina, servicios, etc.);
- conexión de todos los sensores a la tarjeta microcontroladora y realización de la comunicación de la silla de ruedas con sensores ubicados en el ambiente, configurando, así, un espacio inteligente para la navegación de la silla de ruedas;

10 *http://www.ele.ufes.br/-tfbastos*

- incorporación del sistema de captura de movimiento del globo ocular, a través de una cámara de video (videooculografía, VOG);
- pruebas con transformada wavelet y redes neuronales aplicadas a señales cerebrales capturadas en la región motora (ubicaciones C3, C4 y Cz), con vista a reconocer estados mentales que caractericen una forma más intuitiva de comandar la silla de ruedas, sin la necesidad de cerrar los ojos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CAPES, FAPES y FACITEC, de Brasil, por el aporte financiero para esta investigación.

REFERENCIAS

Borges, Cláudia Fernandes (2003). Dependência e morte da "mãe de família": a solidariedade familiar e comunitária nos cuidados com a paciente de esclerose lateral amiotrófica. Psicologia em Estudo 8, 21–29.

Cassemiro, Cesar Rizzo and Carlos G. Arce (2004). Comunicação visual por computador na esclerose lateral amiotrófica. Arquivos Brasileiros de Oftalmología 67(2), 295–300.

Cooper, W. D. and A. D. Helfrick (1991). Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición. Prentice Hall.

Ferreira, Andre, Teodiano Freire Bastos-Filho, Mario Sarcinelli-Filho, Fernando Auat Cheein, Jose F. Postigo and Ricardo Carelli (2006). Teleoperation of an industrial manipulator through a TCP/IP channel using EEG signals. In: Proceedings of the International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2006). Montreal, Canada. pp. 3066–3071.

Frizera-Neto, Anselmo, Wanderley Cardoso Celeste, Vinicius Ruiz Martins, Teodiano Freire Bastos-Filho and Mario Sarcinelli-Filho (2006). Human-machine interface based on electro-biological signals for mobile vehicles. In: Proceedings of the Internacional Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2006). Montreal, Canada. pp. 2954–2959.

Hori, J., K. Sakano and Y. Saitoh (2004). Development of communication supporting device controlled by eye movements and voluntary eye blink. In: Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS. San Francisco.

Lehtonen, J. (2003). EEG-based brain computer interfaces. Master's thesis. Helsinki University of Technology. Helsinki, Finlandia.

ORACLE®

LÍDER EN SOLUCIONES DE SALUD

#1

#1 en TECNOLOGÍA

- Seguridad y Manejabilidad de la Información
- Integración SOA
- Business Intelligence y Gestión de Rendimiento
- Gestión de Procesos BPM

#1 en APLICACIONES

- Health 2.0
- Centros de servicios multicanal (CRM)
- Gestión Financiera y logística
- Gestión del Talento y de Competencias, eLearning

ROBÓTICA Y PRÓTESIS INTELIGENTES

Jesús Manuel Dorador González
Jefe del Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Facultad de Ingeniería UNAM
dorador@servidor.unam.mx

Patricia Ríos Murillo, Itzel Flores Luna, Ana Juárez Mendoza
Pasantes en la carrera Ingeniería Mecánica, realizan su tesis en el Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería en el proyecto "Diseño de Prótesis Inteligentes".

RESUMEN

La sustitución por pérdida de miembros humanos por artefactos distintos a los naturales es una realidad desde hace más de dos mil años. Con el tiempo los inventos en los campos de la robótica, en particular de la biónica, han proporcionado al ser humano extremidades complementarias que cada día se perfeccionan. En este artículo, los autores, presentan los diversos experimentos electromecánicos que han realizado para avanzar en las etapas de su proyecto "Diseño de prótesis Inteligentes" y perfeccionar la construcción de una prótesis inteligente de miembro superior.

PALABRAS CLAVE

Robots, Prótesis, Actuadores, Mioeléctrico, Materiales inteligentes.

ROBÓTICA: ASISTENTES PARA EL SER HUMANO

Desde épocas muy remotas el hombre ha deseado construir máquinas que tengan forma de seres humanos y le ayuden a realizar las operaciones que no le gustan, las que le resultan aburridas o peligrosas. A diferencia de un empleado humano, una máquina nunca se cansaría ni se enfermaría y siempre estaría dispuesta a trabajar. Los elementos que pueden funcionar automáticamente se utilizan desde épocas tan remotas como la antigua Grecia, sin embargo, es hasta mediados del siglo veinte cuando se lograron materializar los primeros robots industriales.

Estos robots industriales distaban mucho de los sueños de poder contar con una máquina con forma de ser humano. Casi cincuenta años después de la aparición de los primeros robots se sigue trabajando en el diseño y fabricación de estas máquinas similares al ser humano. Algunos ejemplos de estos desarrollos se pueden consultar en las siguientes páginas:

- QRIO (http://www.sony.net/SonyInfo/QRIO/top_nf.html/)
- ASIMO (http://world.honda.com/ASIMO/)
- Waseda University Humanoid (http://www.humanoid.waseda.ac.jp/)

LA ROBÓTICA APLICADA AL SER HUMANO: BIÓNICA

En la década de los años 1970 se popularizaron las series de televisión "*El hombre nuclear*" y "*La mujer biónica*", en las que los protagonistas habían perdido algunos de sus miembros y éstos fueron sustituidos por elementos artificiales que les permitían tener poderes sobrehumanos, tales como una gran fuerza y velocidad, visión y oído con mucho mayor alcance que el de cualquier ser humano. Sin embargo, las prótesis reales para las personas que han sufrido la pérdida de una

Revista Digital Universitaria. 18 de enero 2004 • Volumen 6 Número 1 • ISSN: 1067-6079
http://www.revista.unam.mx/vol.6/num1/arto1/into1.htm

extremidad aún no han alcanzado los sueños manifestados en dichas **series televisivas**.

La biónica es, de acuerdo a una definición dada en 1960 por Jack Steele, de la U.S. Air Force, el análisis del funcionamiento real de los sistemas vivos y, una vez descubiertos sus secretos, materializarlos en los aparatos. Esta definición nos podría indicar que el primer ingeniero biónico fue Leonardo Da Vinci, quien estudió los principios de funcionamiento de los seres vivos para aplicarlos en el diseño de máquinas. Dado que las prótesis se utilizan para sustituir la extremidad perdida de una persona, los principios de funcionamiento que se deben estudiar para reproducirlos son precisamente los que tiene dicha extremidad, por lo que el diseño de prótesis es inherentemente una actividad de la ingeniería biónica.

Existen varias configuraciones de robots, de acuerdo al tipo de movimientos que pueden realizar. Los robots pueden ser "cartesianos", es decir que se mueven en línea recta y su volumen de trabajo es un prisma rectangular, los robots "cilíndricos" que se utilizan principalmente para ensamble y su volumen de trabajo es un cilindro. Los robots "esféricos" tienen un volumen de trabajo en forma de una sección una esfera. Los robots industriales más atractivos y que más se conocen son los que simulan los movimientos de un brazo humano, por lo que se les conoce como "brazos articulados", y sus aplicaciones son muy amplias debido a la facilidad que tienen para realizar movimientos complicados.

Las diversas configuraciones de los robots se pueden ver en la página de la **International Federation of Robotics.**

El brazo mecánico constituye la parte física que vemos del robot, es decir, el conjunto de mecanismos y motores que forman el brazo. El brazo está controlado por medio de una computadora que mueve cada una de las articulaciones para llevar la mano del robot a los lugares deseados. El robot cuenta con sensores que le indican a la computadora el estado del brazo mecánico, de manera que estas señales le indican la posición de las articulaciones. La unidad de potencia externa suministra de energía a los actuadores del robot. El órgano terminal es la herramienta que se fija al brazo para desarrollar una tarea específica

El trasladar un manipulador industrial al uso directo por una persona para sustituir un miembro que le ha sido amputado no es sencillo. Aunque los principios de funcionamiento sean muy parecidos, hay que considerar aspectos adicionales, tales como el peso, el suministro de energía y la apariencia.

RESEÑA HISTÓRICA DE LAS PRÓTESIS

El avance en el diseño las de prótesis ha estado ligado directamente con el avance en el manejo de los materiales empleados por el hombre, así como el desarrollo tecnológico y el entendimiento de la biomecánica del cuerpo humano.

Una prótesis es un elemento desarrollado con el fin de mejorar o reemplazar una función, una parte o un miembro completo del cuerpo humano afectado, por lo tanto, una prótesis para el paciente y en particular para el amputado, también colabora con el desarrollo psicológico del mismo, creando una percepción de totalidad al recobrar movilidad y aspecto.

La primera prótesis de miembro superior registrada data del año 2000 a.C., fue encontrada en una momia egipcia; la prótesis estaba sujeta al antebrazo por medio de un cartucho adaptado al mismo.



Figura 1. Mano de alt-Ruppin construida con hierro en el año 1400

Con el manejo del hierro, el hombre pudo construir manos mas resistentes y que pudieran ser empleadas para portar objetos pesados, tal es el caso del general romano *Marcus Sergius*, que durante la Segunda Guerra Púnica (218-202 a. C.) fabricó una mano de hierro para él, con la cual portaba su espada, ésta es la primera mano de hierro registrada.

En la búsqueda de mejoras en el año de 1400 se fabricó la mano de *alt-Ruppin* construida también en hierro, constaba de un pulgar rígido en oposición y dedos flexibles, los cuales eran flexionados pasivamente, éstos se podían fijar mediante un mecanismo de trinquete y además tenía una muñeca movible. El empleo del hierro para la fabricación de manos era tan recurrente, que hasta *Goethe* da nombre a una de sus obras inspirado en el caballero germano *Götz von Berlichingen*, por su mano de hierro.

No es sino hasta el siglo XVI, que el diseño del mecanismo de las prótesis de miembro superior se ve mejorado



Figura 2. Primer brazo artificial móvil

considerablemente, gracias al medico militar francés *Ambroise Paré*, quien desarrolló el primer brazo artificial móvil al nivel de codo, llamado "*Le petit Loraine*" el mecanismo era relativamente sencillo tomando en cuenta la época, los dedos podían abrirse o cerrarse presionando o traccionando, además de que constaba de una palanca, por medio de la cual, el brazo podía realizar la flexión o extensión a nivel de codo. Esta prótesis fue realizada para un desarticulado de codo. Paré también lanzó la primera mano estética de cuero, con lo que da un nuevo giro a la utilización de materiales para el diseño de prótesis de miembro superior.

En el siglo XIX se emplean el cuero, los polímeros naturales y la madera en la fabricación de prótesis; los resortes contribuyen también al desarrollo de nuevos mecanismos para la fabricación de elementos de transmisión de la fuerza, para la sujeción, entre las innovaciones más importantes al diseño de las prótesis de miembro superior, se encuentra la del alemán *Peter Beil*. El diseño de la mano cumple con el cierre y la apertura de los dedos pero, es controlada por los movimientos del tronco y hombro contra lateral, dando origen a las prótesis autopropulsadas. Más tarde el Conde *Beafort* da a conocer un brazo con flexión del codo activado al presionar una palanca contra el tórax, aprovechando también el hombro contra lateral como fuente de energía para los movimientos activos del codo y la mano. La mano constaba de un pulgar móvil utilizando un gancho dividido sagitalmente, parecido a los actuales ganchos *Hook*.



Figura 3. Prótesis de mano con pulgar móvil y gancho dividido sagitalmente

DISEÑO DE PRÓTESIS EN EL SIGLO XX

Para el siglo XX, el objetivo de que los amputados regresaran a su vida laboral, es alcanzado gracias a los esfuerzos del médico francés *Gripoulleau*, quien realizó diferentes accesorios que podían se usados como unidad terminal, tales como anillos, ganchos y diversos instrumentos metálicos, que brindaban la capacidad de realizar trabajo de fuerza o de precisión.

En el año de 1912 Dorrance en Estados Unidos desarrolló el *Hook*, que es una unidad terminal que permite abrir activamente, mediante movimientos de la cintura escapular, además se cierra pasivamente por la acción de un tirante de goma. Casi al mismo tiempo fue desarrollado en Alemania el gancho *Fischer* cuya ventaja principal era que poseía una mayor potencia y diversidad en los tipos de prensión y sujeción de los objetos.

El origen de las prótesis activadas por los músculos del muñón se da en Alemania gracias a *Sauerbruch*, el cual logra idear como conectar la musculatura flexora del antebrazo con el mecanismo de la mano artificial, mediante varillas de marfil que hacía pasar a través de túneles cutáneos, haciendo posible que la prótesis se moviera de forma activa debido a la contracción muscular.

Es hasta 1946 cuando se crean sistemas de propulsión asistida, dando origen a las prótesis neumáticas y eléctricas. Un sistema de propulsión asistida es aquel en el que el movimiento es activado por algún agente externo al cuerpo.

Las prótesis con mando mioeléctrico comienzan a surgir en el año de 1960 en Rusia. Esta opción protésica funciona con pequeños potenciales extraídos durante la contracción de las masas musculares del muñón, siendo estos conducidos y amplificados para obtener el movimiento de la misma. En sus inicios, este tipo de prótesis solo era colocada para amputados de antebrazo, logrando una fuerza prensora de dos kilos.

Actualmente las funciones de las prótesis de mano están limitadas al cierre y apertura de la pinza, la diferencia entre éstas radican en el tipo de control que emplean, pero todas realizan básicamente las mismas actividades.

Entre los países con mayor avance tecnológico e investigación sobre prótesis, se encuentran Alemania, Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Japón.

INVESTIGACIONES Y DESARROLLO RECIENTES EN DISEÑO DE MANOS

La mano realiza principalmente dos funciones; la prensión y el tacto, las cuales permiten al hombre convertir ideas en formas, la mano otorga además expresión a las palabras, tal es el caso del escultor o el sordomudo. El sentido del tacto desarrolla totalmente la capacidad de la mano, sin éste nos sería imposible medir la fuerza prensora. Es importante mencionar que el dedo pulgar representa el miembro más importante de la mano, sin éste la capacidad de la mano se reduce hasta en un 40 por ciento.



Figura 4. Formas básicas de prensión de la mano

Los principales tipos de prensión de la mano son de suma importancia, ya que la prótesis deberá ser diseñada para cumplirlos. A continuación se muestran cuatro formas básicas de prensión de la mano, que combinadas cumplen con todos los movimientos realizados por ésta, los cuales son: prensión en pinza fina con la punta de los dedos, prensión en puño, gruesa o en superficie, prensión en gancho y prensión en llave.

La mano de *Canterbury* [Dunlop, 2003] utiliza eslabones mecánicos movidos directamente para actuar los dedos en forma similar a la mano humana. El movimiento directo de los eslabones se utiliza para reducir los problemas que presentan otros diseños de manos. Cada dedo de esta mano tiene 2.25 grados de libertad, la parte fraccionaria se debe al mecanismo para extender los dedos que es compartido por cuatro dedos. Los motores de corriente directa tienen una reducción por engranes 16:1, su tamaño es de 65 mm de largo y 12 mm. de diámetro.

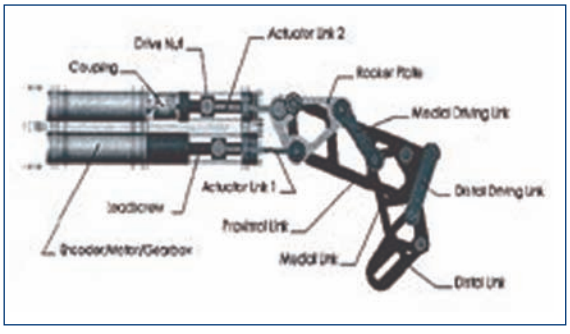


Figura 5. Mano de Canterbury que utiliza eslabones mecánicos movidos directamente

Los dedos cuentan con sensores de presión en cada articulación y en la punta de los dedos, lo que hace que cada dedo tenga cuatro sensores de presión, dos motores de corriente directa, dos encoders y un sensor de efecto Hall. El pulgar tiene solo un motor y tres sensores de fuerza, mientras que la palma tiene las funciones de abrir todos los dedos y la rotación del pulgar, lo cual implica dos motores, dos encoders, dos sensores de efecto Hall y tres sensores de fuerza. Todo esto da un total de 91 cables, por lo que se requirió un sistema de control distribuido utilizando un PsoC de Semiconductores Cypress. Este **microprocesador** actualmente solo es capaz de controlar la posición y velocidad, mientras que la cinemática y comandos complejos se calculan en una computadora.

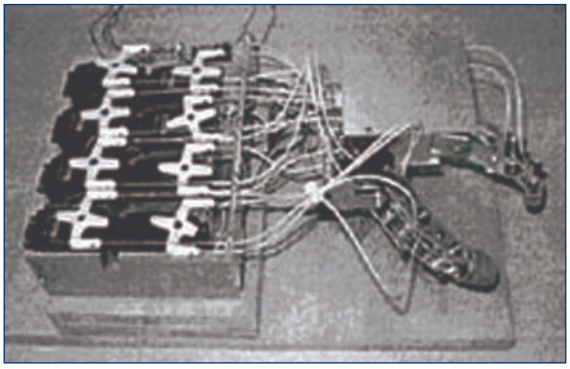


Figura 6. Manipulador construido en la Universidad de Reading

El manipulador desarrollado en la Universidad de Reading, Inglaterra [Harris, Kyberd, 2003] propone el uso de cables Bowden (chicotes) dirigidos a cada unión como el medio para actuar los dos dedos de los que consta. Este diseño simplifica el control de la mano al eliminar el acoplamiento entre juntas y permite la traslación directa y precisa entre las juntas y los motores que mueven los cables. La cinemática de los dedos se simula con mayor precisión al permitir dos grados de libertad con el mismo centro de rotación en el nudillo más grande de la mano. Esta mano incluye sensores en las yemas de los dedos para incrementar la precisión en la sujeción.

El manipulador antropomórfico teleoperado (MAT) diseñado en el departamento de ingeniería mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. cuenta con trece grados de libertad, de los cuales cuatro están en el pulgar y tres en cada uno de sus otros tres dedos. Esta mano fue diseñada específicamente para

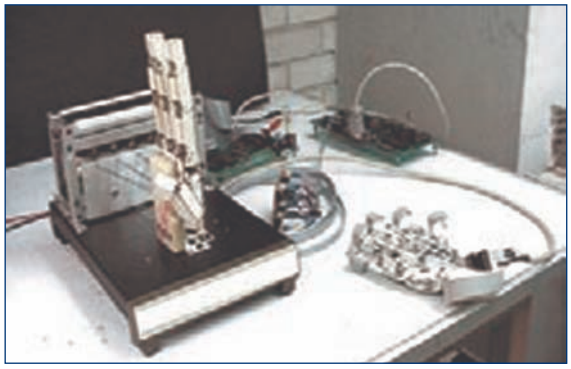


Figura 7. Manipulador antropomórfico teleoperado

teleoperación, pero los principios utilizados se pueden extender al diseño de prótesis. La actuación de cada uno de los grados de libertad se realiza por medio de que funcionan como tendones, conectados a servomotores que no están montados sobre la mano, sino en un banco de actuadores. Para la instrumentación de este manipulador se utilizó un control PID.

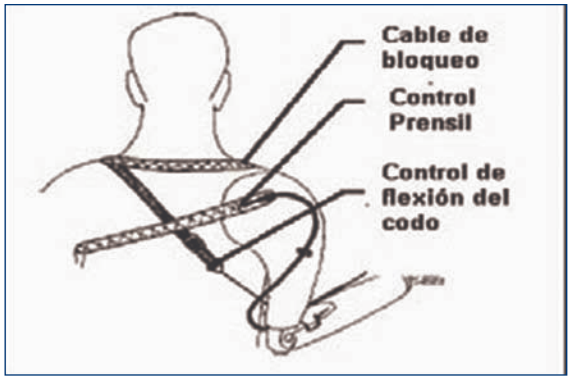


Figura 8. Elementos constitutivos de una prótesis mecánica

SISTEMAS PROTÉSICOS

Toda prótesis artificial activa necesita una fuente de energía de donde tomar su fuerza; un sistema de transmisión de esta fuerza; un sistema de mando o acción y un dispositivo prensor. En la elección de las prótesis a utilizar desempeña un papel trascendental el nivel de amputación o el tipo de displasia de que se trate.

Prótesis Mecánicas

Las manos mecánicas son dispositivos que se utilizan con la función de apertura o cierre voluntario por medio de un arnés el cual se sujeta alrededor de los hombros, parte del pecho y parte del brazo controlado por el usuario. Su funcionamiento se basa en la extensión de una liga por medio del arnés para su apertura o cierre, y el cierre o apertura se efectúa solo con la relajación del músculo respectivamente gracias a un resorte y tener una fuerza de presión ó pellizco. Estos elementos se recubren con un guante para dar una apariencia más estética, sin embargo se limita al agarre de objetos relativamente grandes y redondos ya que el guante estorba al querer sujetar objetos pequeños.

El tamaño de la prótesis y el número de ligas que se requiera dependiendo de la fuerza y el material para su fabricación varían de acuerdo a las necesidades de cada persona. Dado que estas prótesis son accionadas por el cuerpo, es necesario que el usuario posea al menos un movimiento general de: expansión del pecho, depresión y elevación del hombro, abducción y aducción escapular y flexión glenohumeral.

Prótesis Eléctricas

Estas prótesis usan motores eléctricos en el dispositivo terminal, muñeca o codo con una batería recargable. Éstas prótesis se controlan de varias formas, ya sea con

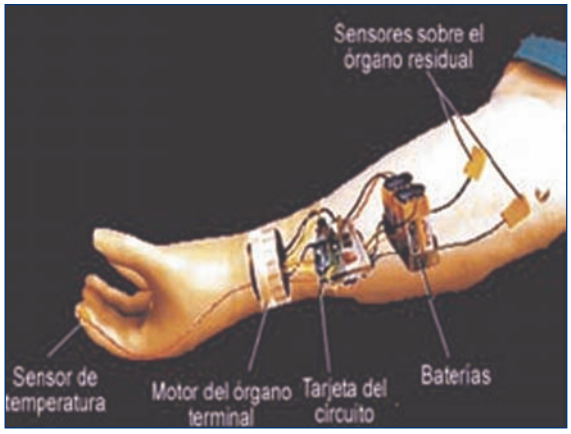


Figura 8. Elementos constitutivos de una prótesis mecánica

un servocontrol, control con botón pulsador o botón con interruptor de arnés. En ciertas ocasiones se combinan éstas formas para su mejor funcionalidad. Se usa un *socket* que es un dispositivo intermedio entre la prótesis y el muñón logrando la suspensión de éste por una succión. Es más costosa su adquisición y reparación, existiendo otras desventajas evidentes como son el cuidado a la exposición de un medio húmedo y el peso de la prótesis.

Prótesis neumáticas

Estas prótesis eran accionadas por ácido carbónico comprimido, que proporcionaba una gran cantidad de energía, aunque también presentaba como inconveniente la complicación de sus aparatos accesorios y del riesgo del uso del ácido carbónico.

Prótesis mioeléctricas

Las prótesis mioeléctricas son prótesis eléctricas controladas por medio de un poder externo mioeléctrico, estas prótesis son hoy en día el tipo de miembro artificial con más alto grado de rehabilitación. Sintetizan el mejor aspecto estético, tienen gran fuerza y velocidad de prensión, así como muchas posibilidades de combinación y ampliación. Figura 9. Configuración básica de una prótesis mioeléctrica El control mioeléctrico es probablemente el esquema de control más popular. Se basa en el concepto de que siempre que un músculo en el cuerpo se contrae o se flexiona, se produce una pequeña señal eléctrica (EMG) que es creada por la interacción química en el cuerpo. Esta señal es muy pequeña (5 a 20 ?V) Un micro-voltio es una millonésima parte de un voltio. Para poner esto en perspectiva, una bombilla eléctrica típica usa 110 a 120 voltios, de forma que esta señal es un millón de veces más pequeña que la electricidad requerida para alimentar una bombilla eléctrica

El uso de sensores llamados electrodos que entran en contacto con la superficie de la piel permite registrar la señal EMG. Una vez registrada, esta señal se amplifica y es procesada después por un controlador que conmuta los motores encendiéndolos y apagándolos en la mano, la muñeca o el codo para producir movimiento y funcionalidad.

Éste tipo de prótesis tiene la ventaja de que sólo requieren que el usuario flexione sus músculos para operarla, a diferencia de las prótesis accionadas por el cuerpo que requieren el movimiento general del cuerpo. Una prótesis controlada en forma mioeléctrica también elimina el arnés de suspensión usando una de las dos siguientes técnicas de suspensión: bloqueo de tejidos blandos-esqueleto o succión1. Tienen como desventaja que usan un sistema de batería que requiere mantenimiento para su recarga, descarga, desecharla y reemplazarla eventualmente. Debido al peso del sistema de batería y de los motores eléctricos, las prótesis accionadas por electricidad tienden a ser más pesadas que otras opciones protésicas. Una **prótesis accionada por electricidad** proporciona un mayor nivel de tecnología, pero a un mayor costo.

Prótesis Híbridas

Una prótesis híbrida combina la acción del cuerpo con el accionamiento por electricidad en una sola prótesis. En su gran mayoría, las prótesis híbridas sirven para individuos que tienen amputaciones o deficiencias transhumerales (arriba del codo) Las prótesis híbridas utilizan con frecuencia un codo accionado por el cuerpo y un dispositivo terminal controlado en forma mioeléctrica (gancho o mano).

En la siguiente liga se puede ver una mano transcarpiana de útima generación:

http://www.ottobock.com.mx/td_2_1_3_1.htm

Uso de materiales "inteligentes" en las prótesis

Hoy en día, el término "inteligente" se ha adoptado como un modo válido de calificar y describir una clase de materiales que presentan la capacidad de cambiar sus propiedades físicas (rigidez, viscosidad, forma, color, etc.) en presencia de un estímulo concreto.

Para controlar la respuesta de una forma predeterminada presentan mecanismos de control y selección de la respuesta. El tiempo de respuesta es corto. El sistema comienza a regresar a su estado original tan pronto como el estímulo cesa.

MATERIALES "INTELIGENTES"
Materiales con memoria de forma
Aleaciones con memoria de forma
Polímeros con memoria de forma
Cerámicas con memoria de forma
Aleaciones con memoria de forma, ferromagnéticas
Materiales electro y magnetoactivos
Materiales electro y magnetoreológicos
Materiales piezoeléctricos
Materiales electro y magnetorestrictivos
Materiales foto y cromoactivos
Fotoactivos
Electroluminiscentes
Fluorecentes
Fosforescente
Cromoactivos
Fotocrómicos
Termocrómicos
Electrocrómicos

Dentro de las aleaciones con memoria de forma (SMA), se encuentran los llamados alambres musculares, estos son alambres delgados de alta resistencia mecánica, construidos con una aleación de Níquel y Titanio llamada comercialmente "Nitinol".

La adecuada selección de los actuadores durante el diseño de una prótesis, es una parte esencial para el éxito de ésta. Por tal motivo después de un análisis de las especificaciones de diseño requeridas en una prótesis de miembro superior, se observó que los alambres musculares podrían satisfacer las necesidades de los actuadores.

Se realizó un modelo funcional exclusivamente de la mano, dicha mano fue diseñada tomando como

base las medidas de la mano derecha de un hombre adulto, mexicano de estatura promedio. El material utilizado para su fabricación fue Nylamid Autolubricado, debido a su baja densidad, alta resistencia y buena maquinabilidad que éste posee. El modelo consta de dieciséis piezas en total: la palma de la mano y cinco dedos. Los dedos Índice, medio, anular y meñique se componen de tres piezas (falange proximal, medial y distal), las cuales se encuentran unidas a la palma y entre sí por medio de articulaciones rotacionales. El dedo pulgar consta también de tres eslabones: dos falanges (proximal y distal) y una pieza que realizará la función del primer metacarpiano (hueso de la palma de la mano), esto permitirá realizar la acción oponente de este dedo. Por simplicidad de diseño, se decidió sustituir los demás metacarpianos por una sola pieza: la palma. La mano se encuentra normalmente abierta mediante resortes de compresión. En la figura 10 se muestran los huesos y articulaciones de la mano, en la figura 11 el modelado en CAD para el modelo de pruebas propuesto, y en la figura 12 el modelo funcional en el que se realizaron las pruebas.

Principio de funcionamiento de la mano con alambres musculares

Con el fin de imitar la función de los músculos y tendones que intervienen en el movimiento de flexión de los dedos, se colocaron pequeños tramos de alambres musculares, amarrados a clavos colocados en cada articulación, de manera que al hacer pasar corriente a través de ellos, se realizara la contracción, permitiendo mover cada segmento, de la misma manera en que se mueven los eslabones en un robot manipulador. © Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

Para facilitar el control del modelo, se seleccionaron algunas posiciones predeterminadas de la mano para utilizarlas en el control, dichas posiciones son accionadas mediante una cierta combinación de pulsos que estimulan a los actuadores de los eslabones involucrados. Se utilizó un control tipo "encendido-apagado", mediante un programa en Visual Basic, el cual presenta planos del modelo en seis diferentes posiciones. El usuario puede accionar los eslabones tanto de manera independiente como conjunta mediante las posiciones preestablecidas, al mismo tiempo que observa la simulación de el o los movimientos en el programa. También se colocó un tablero con leds que permite visualizar el correcto funcionamiento del programa, mostrando el o los actuadores que son activados.

Pruebas realizadas en el modelo funcional

Se realizó la programación de los movimientos deseados para obtener las posiciones mostradas en la figura 13 utilizando un microprocesador PIC que procesaba las instrucciones y enviaba las salidas correspondientes a la unidad de electrónica de potencia para alimentar a los alambres de Nitinol con la corriente eléctrica necesaria. Dado que no se conocía la cantidad de corriente que requeriría cada alambre, se utilizó una fuente variable.

En el modelo funcional se utilizaron alambres musculares de 375 µm, es decir los de mayor diámetro existentes en el mercado, esto con el fin de obtener el mayor movimiento posible.

Resultados de las pruebas con nitinol

Al hacer funcionar el modelo se observó que el programa funcionaba adecuadamente, ya que se podía observar el encendido intermitente del conjunto de leds correspondientes al movimiento o posición en cuestión. A pesar que el programa funcionaba adecuadamente mandando los pulsos a cada actuador, éstos no conseguí-

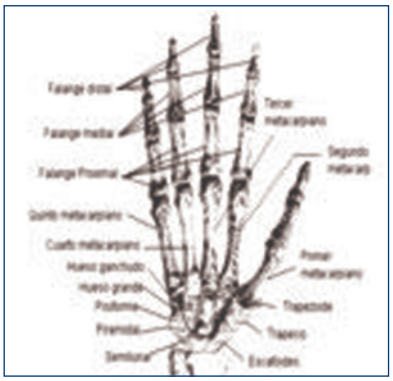


Figura 10. Huesos y articulaciones

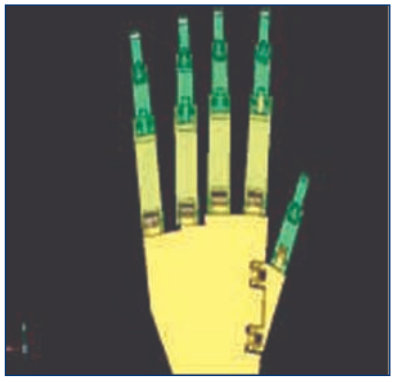


Figura 11. Modelo CAD Figura



Figura 12. Modelo funcional

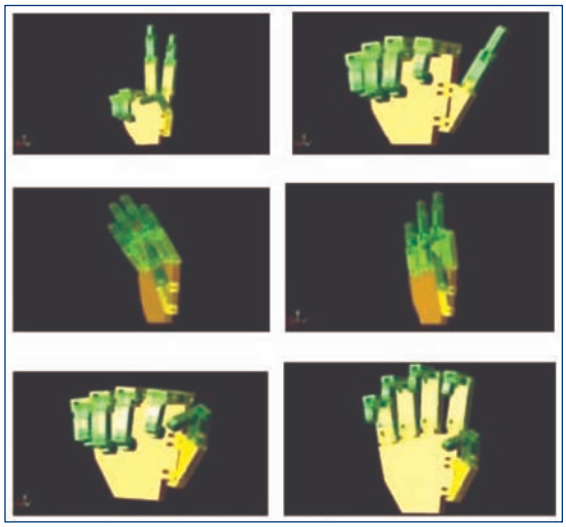


Figura 13. Programación de movimientos deseados

an ni siquiera el mínimo movimiento de los eslabones.

La cantidad consumida de corriente se acercaba a 1 Ampere por cada eslabón, así que si se requiere mover un solo dedo, esto equivaldría a un consumo de corriente casi a 3 Amperes. El alambre muscular se calentaba tanto que adquiría un color rojo vivo y quemaba la superficie del material. Este calentamiento ocurría casi inmediatamente que era mandado el pulso al actuador.© Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

Proyectos de diseño de prótesis inteligentes en la F. I. UNAM

En el Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería se está llevando a cabo un proyecto cuyo fin último es el de desarrollar una prótesis inteligente de miembro superior. En la primera etapa se diseñó un manipulador con dimensiones y peso similares a las de una prótesis de antebrazo el cual tuvo como objetivo realizar el movimiento de prono-supinación de codo, teniendo como prioridad la precisión y no la fuerza en la prensión.

A la par se diseñó una mano articulada en la cual se realizaron experimentos con alambres musculares, construidos de una aleación de Níquel y Titanio llamada "Nitinol", para realizar los movimientos y con esto lograr la aplicación en el diseño de prótesis.

Mi objetivo: dejar el informe clínico hecho en el momento



Nuance es la empresa líder en soluciones del habla. Ponemos a su disposición la familia más completa de soluciones para la documentación clínica. Nuestros esfuerzos se centran en facilitar el uso de la Estación Clínica, acelerando así su implantación y aceptación como herramienta para la captación de datos clínicos.

SpeechMagic contribuye a maximizar el rendimiento de las inversiones tecnológicas realizadas por hospitales y proveedores. Póngase en contacto con nosotros para comentar su situación individual e informarse sobre los nuevos modelos de financiación flexible a través de info.speechmagic@nuance.com o visite nuestro sitio web **www.nuance.es/speechmagic**

WWW.NUANCE.ES
T: 91 566 9059

NUANCE

Actualmente se está desarrollando un brazo manipulador con características similares a las de una prótesis, en las cuales los movimientos serán realizados por medio de servomotores como actuadores, tanto para los movimientos de la muñeca como para los cuatro dedos independientes de los que constará. Las señales de control se darán por medio de señales mioeléctricas y por medio de voz. Las señales serán procesadas en un microprocesador para realizar los movimientos de los actuadores correspondientes.

Para la segunda etapa se pretende diseñar y construir una prótesis de precisión en la prensión, utilizando para ello material con memoria de forma como actuadores. Para la experimentación se emplearán los polímeros electroactivos (PEA), donde se tratará de aprovechar la baja densidad y buenas propiedades electromecánicas que presenta este tipo de material.

Para el tercer año de desarrollo del proyecto se espera obtener el diseño de una prótesis de miembro superior actuada por medio de señales mioeléctricas y de voz, capaz de autoprogramarse para realizar actividades tanto de precisión como de fuerza. Esta prótesis será capaz de realizar las acciones de una prótesis mioeléctrica comercial, además de contar con movimientos separados en cuatro dedos, con lo cual tendrá una capacidad de actividades de precisión mayor. El socket con el cual se inserta la prótesis al muñón será autoajustable para adaptarse a los cambios de dimensión que con el cambio del tiempo sufre el muñón.© Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

CONCLUSIONES

Hay que recordar que al diseñar prótesis exitosa, se tienen varias especificaciones a cumplir, al necesitar potencias tan altas, y no tener la posibilidad de conseguir una fuente portátil que nos proporcione la potencia requerida y que además sea de bajo peso, tamaño y costo, nos encontramos ante el principal problema del uso de las aleaciones con memoria de forma, para esta aplicación en particular.

Los alambres musculares necesitan ser más estudiados y desarrollados para mejorar su funcionamiento en general, y de esta manera poder ser utilizados exitosamente en una prótesis de miembro superior. No se pueden despreciar las grandes ventajas que en general los materiales con memoria de forma posee, por tal motivo es necesario experimentar no solo con los alambres musculares de nitinol, si no con los otros tipos de materiales de memoria de forma existentes. En un futuro, con el adecuado control y corriente requerida, estos materiales podrían ser los más utilizados en las prótesis, resolviendo así el problema actual de los actuadores y como consecuencia mejorar la funcionalidad y estética de las prótesis de miembro superior.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló en el marco de los proyectos PAPIIT IN104502 y PAPIIT IX106204, patrocinados por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.© Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

BIBLIOGRAFÍA

Dunlop, G.R. "*A distributed controller for the Canterbury hand*", ICOM2003. International Conference on Mechatronics. Professional Engineering Publishing, London, UK, 2003.

Flores, Juárez, Castillo, Dorador. 2004. *Actualidad y tendencias en el diseño de prótesis de miembro superior.* Memorias del X Congreso Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, Querétaro, México.

Gilbertson R. 2000. "*Muscle Wires: Project Book*", 3ª edición, Ed. Mondo Tronics, California.

Harris, M., P. Kyberd "*Design and development of a dextrous manipulator*", ICOM2003. International Conference on Mechatronics. Professional Engineering Publishing, London, UK, 2003.

Kutz. 2003. "*Standard Handbook of Biomedical Engineering and Design*", McGraw-Hill, New York.

Ríos, Louth, Dorador. 2004. *Uso de materiales con memoria de forma para actuar los dedos de una prótesis de miembro superior.* Memorias del X Congreso Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, Querétaro, México.

Trebes, Wolff, Röttege Groth. 1973. "*Prótesis del Miembro Superior. Entrenamiento fisioterápico del amputado*". Ediciones Toray, S.A. Barcelona. pp. 1- 40.

Vilador Perice. "*Órtesis y Prótesis del Aparato Locomotor*". (Completar bibliografía)

Vitali, Robinson, Andrews, Harris "*Amputaciones y Prótesis*". Ed. JIMS.

Neuro-Robótica

Zoe Falomir Llansola
Departamento de Ingeniería y Ciencia de Computadores
Correo electrónico: zfalomir@icc.uji.es
Universitat Jaume I, Campus de Riu Sec
12.071 - CASTELLÓN

RESUMEN

Este informe técnico presenta un estado del arte en neuro-robótica basado en las opiniones dadas por importantes investigadores europeos en las conferencias realizadas en la 5th International UJI Robotics School (IURS"2005) on Robotics and Neuroscience. Algunos de los temas destacados son: interfaces cerebro-máquina, exoesqueletos y prótesis en estudios neuro-robóticos, manipulación, localización de la visión y el movimiento en el cerebro y modelos para la comprensión de funciones humanas, como el desarrollo humano-motor y el discurso hablado.

PALABRAS CLAVE

Robótica, neurociencia, exoesqueletos, visión, manipulación, interfaces cerebro-máquina.

1. INTRODUCCIÓN

Este informe técnico presenta un estado del arte en robots humanoides basado en las conferencias realizadas en la *5th International UJI Robotics School (IURS'2005) on Robotics and Neuroscience* por los profesores:

Melvyn A. Goodale, Paolo Dario, Luciano Fadiga, Joseph McIntyre, Andrew H. Fagg, Luc Berthouze, Roland Johansson, Maria Chiara Carrozza, Yiannis Demiris y Jose Carmena. Algunos de los temas destacados son: interfaces cerebro-máquina, exoesqueletos y prótesis en estudios neuro-robóticos, manipulación, localización de la visión y el movimiento en el cerebro y modelos para la comprensión de funciones humanas, como el desarrollo humano-motor y el discurso hablado.

2. FUSIÓN DE LA NEUROCIENCIA Y LA ROBÓTICA[1]

La neurociencia y la robótica han encontrado una línea de colaboración mutua. La comunidad de científicos que se dedican a la robótica puede implementar los modelos de neurociencia en nuevas plataformas de sistemas híbridos biónicos (HBS), mientras que la comunidad de neurocientíficos puede utilizar las tecnologías robóticas para validar los modelos de neurociencia.

Un posible esquema del procedimiento a seguir por las líneas de investigación en neuro-robótica es el que se muestra en la Figura 2.1. En principio, se observa y estudia un sistema biológico para definir un modelo computacional de éste. Dicho modelo es simulado o implementado físicamente en un robot, para luego compararlo con el sistema biológico real por medio de tests experimentales, que permiten perfeccionar el modelo propuesto.

Además, a partir de dichos modelos computacionales se pueden generar plataformas de sistemas híbridos biónicos (HBS) que son aplicados en:

- Tele-operación, donde se utilizan instrumentos robóticos para exploraciones en medios remotos o difíciles de acceder, como por ejemplo, la

1 *Prof. Paolo Dario, Advanced Robotics Technology and Systems Laboratory, Scuola Superiore Sant'Anna,dario@ arts.sssup.it, http://www-arts.sssup.it/people/prof/pdario/pdario.htm*

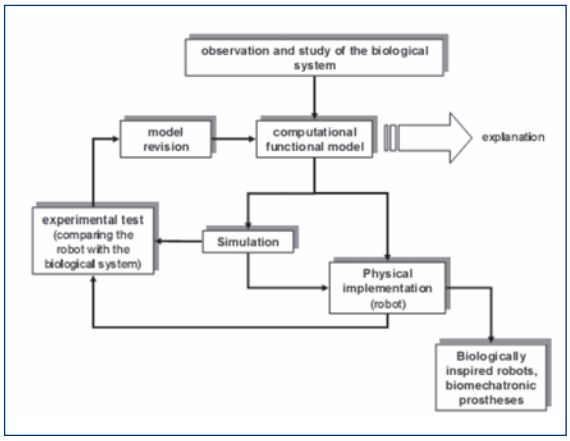


Figura 2.1. Procedimiento de investigación en neuro-robótica.

exploración intestinal mediante cápsulas endoscópicas tele-operadas (Figura 2.2. (a)).

- Ortesis, dónde se puede utilizar un esqueleto inteligente para mejorar la precisión, resistencia y fuerza del brazo humano y de los movimientos de la mano (Figura 2.2. (b)).
- Prótesis, dónde se puede utilizar una sistema de brazo/mano antropomórfica para la sustitución o la adición de miembros (Figura 2.2. (c)).

humano y que se puedan integrar en dichas plataformas robóticas.

- Crear nuevas interfaces humano/robot inteligentes.

3. INTERFACES CEREBRO-MÁQUINA[2]

Las interfaces cerebro-máquina presentan dos objetivos principales. Por un lado, estudiar el control motor, el aprendizaje y la adaptación en el cerebro (**Sistemas de Neurociencia**); y por otro, desarrollar neuroprótesis para reestablecer la función motora en los minusválidos (**Ingeniería Neural**).

Las interfaces cerebro-máquina que persiguen el segundo objetivo, pretenden conseguir que un ser humano pueda percibir información sensorial y representar intenciones motoras voluntarias a través de una interfaz directa entre su cerebro y un actuador artificial de la misma manera que los humanos ven, caminan o cogen un objeto con la mano. Para conseguir un fuerte acoplamiento entre las intenciones del usuario y las acciones de la máquina, se debe llevar a cabo un entrenamiento con alguna combinación de feedback visual, táctil o auditivo.

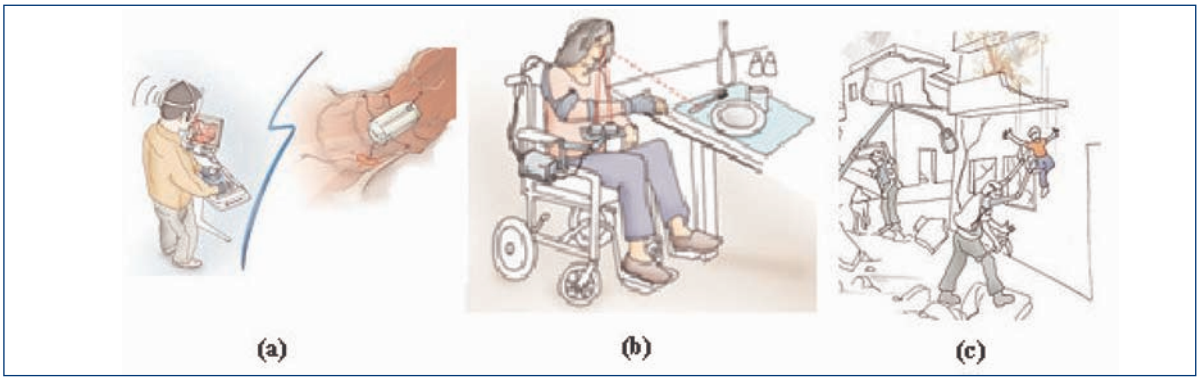


Figura 2.2. Procedimiento de investigación en euro-robótica

Finalmente, las principales **líneas de futuro** en Neuro-Robótica que define Paolo Dario son:

- Entender el cerebro humano por medio de la implementación de modelos artificiales en plataformas robóticas.
- Crear nuevos modelos de percepción, aprendizaje, control, etc. inspirados en el comportamiento

Como podemos ver en la Figura 3.1, como resultado de la utilización de la interfaz cerebro-máquina, el cerebro se adaptaría al actuador artificial incorporando su dinámica y propiedades físicas en una representación somatosensorial.

Según el tipo de aproximación utilizada, las interfaces cerebro-máquina se pueden clasificar en:

2 *Prof. José Carmena, Assistant Professor, Dept. of Electrical Engineering & Computer Sciences, Helen W ills Neuroscience Institute, University of California, Berkeley, carmena@ eecs.berkeley.edu, http://www.eecs.berkeley.edu/~carmena*

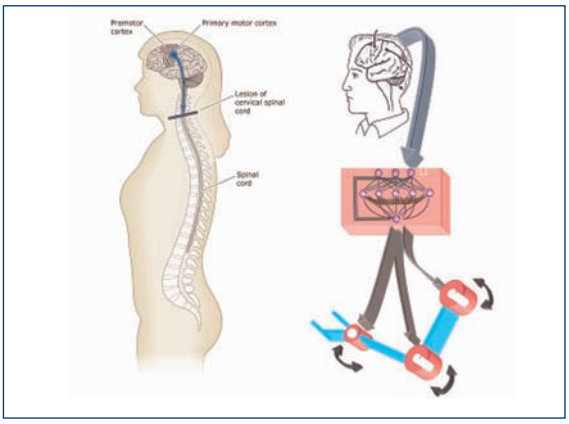


Figura 3.1. Diseño esquemático de una interfaz cerebro-máquina.

- No invasivas:

  – Electroencefalograma (EEG), que busca las señales eléctricas procedentes del cerebro, las cuales son grabadas en el cuero cabelludo por varios electrodos (de 16 a 256). Este método se ha utilizado en estudios para controlar el cursor de un ratón o una silla de ruedas.

  – Tomografía por emisión de positrones (PET), resonancia magnética funcional (fMRI), encefalografía magnética (MEG), que son muy caras y no portables.



Figura 3.2. Gorros de electrodos utilizados en la EEG.

- Invasivas:

  – Arrays crónicos de microelectrodos, que se instalan en la corteza cerebral para captar los campos de potencia locales que emiten las señales del cerebro.

Además, según el tipo de flujo de información que manejan, las interfaces cerebro-máquina también se pueden clasificar en codificables (prótesis sensoriales, que recogen información) y decodificables (prótesis motoras, que realizan acciones como controlar un cursor, realizar agarres, etc.).

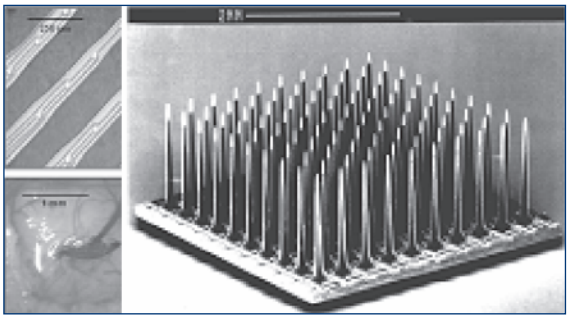


Figura 3.3. Arrays de microlectrodos.

Como **resultados más relevantes**, podemos destacar que, en los estudios de [W olpaw et al., 2004a, 2004b][3] personas humanas han conseguido controlar un cursor mediante una interfaz cerebro-máquina, la BCI2000, basada en electroencefalogramas (EEG). A través de un gorro de electrodos, se graban las ondas cerebrales del cuero cabelludo. Este gorro se encuentra conectado a un ordenador personal, dónde se incluye un programa que puede analizar el electroencefalograma (EEG) del paciente (una grabación del voltaje de la cabeza generado por las corrientes eléctricas que emiten las células nerviosas en el cerebro). Para seleccionar una onda cerebral con el fin de aprender cómo usar el sistema, el usuario debe imaginar una actividad (mover una mano, un pie, etc.). El ordenador selecciona la onda cerebral que el paciente controla mejor y la enlaza al movimiento de un cursor en la pantalla del ordenador. El paciente gradualmente aprende a controlar la amplitud de esa onda cerebral en particular para controlar el movimiento del cursor (Figura 3.4.).

En los estudios de [Millan et al., 2003] personas humanas han conseguido controlar una silla de ruedas con movimientos del tipo —avanzar", —girar a la derecha" y —girar a la izquierda". La interfaz cerebro-máquina analiza las órdenes del electroencefalograma (EEG) del usuario y las envía a la silla de ruedas, vía wireless.

Una de las principales **líneas de futuro** del trabajo de [Millan et al., 2003] es ampliar el tipo de

3 http://www.nibib.nih.gov/EnEspanol/eAvances/21Oct04



Figura 3.4. Interfaz utilizada en la comunicación cerebro-máquina para el manejo del cursor de la pantalla.

movimientos que puede detectar la interfaz cerebro-máquina.

En los estudios de [Carmena et al., 2003] se ha conseguido que dos primates aprendan a alcanzar y agarrar objetos visuales (que aparecen en una pantalla de ordenador y se parecen a su propia comida) controlando un brazo manipulador robótico a través de una interfaz cerebro-máquina. Dicha interfaz utiliza arrays de multielectrodos para captar los campos de potencia local que emiten las señales de la parte frontal cerebro y, por medio de múltiples modelos matemáticos, extrae de dichas señales, los parámetros motores necesarios para el funcionamiento del manipulador (como por ejemplo, posición de la mano, velocidad, fuerza de agarre, etc.) (Figura 3.5).

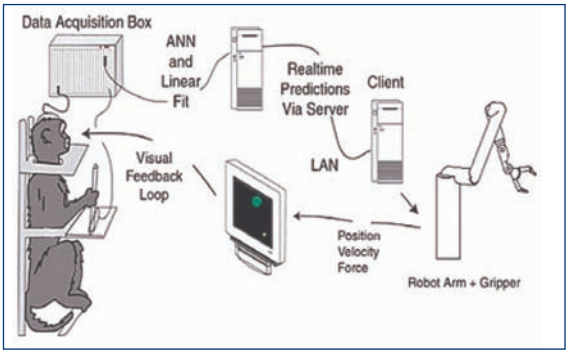


Figura 3.5. Esquema del experimento realizado por [Carmena et al., 2003].

Una de las **líneas de trabajo** futuro del trabajo de [Carmena et al., 2003] consiste en replicar el experimento descrito en humanos, con la consiguiente dificultad de encontrar un usuario que desee implantarse un array de multielectrodos en el cerebro de forma crónica. Además, también pretenden introducir un feedback somatosensorial, de forma que no sólo el humano/primate pueda transmitir información a la interfaz cerebro-máquina, sino que ésta pueda transmitirle al humano/primate información sobre su objetivo, como por ejemplo la posición de su comida. Finalmente, otra línea de futuro consistiría en integrar señales procedentes del cerebro con señales artificiales para mejorar la precisión del manejo del brazo manipulador.

4. EXOESQUELETOS Y PRÓTESIS EN ESTUDIOS NEURO-ROBÓTICOS

4.1. Exoesqueletos en Neuro-Robótica[4]

—Un exoesqueleto es una estructura exterior y dura, como el caparazón de un insecto o un crustáceo, que proporciona protección o soporte a un organismo" (The American Heritage Dictionary of the English Language).

En la literatura robótica se pueden encontrar diversos desarrollos de exoesqueletos. En [Cavallaro et al, 2005], Universidad de Washington, se estudia la integración de un brazo humano con una articulación motorizada controlada por una persona humana de forma natural (Figura 4.1.1(a)). En [Kiguchi et al., 2005], Saga University, se presenta un exosqueleto para asistir a las extremidades humanas superiores en la rehabilitación diaria: flexión/extensión del hombro, codo, etc. (Figura 4.1.1(b)). En [Darwin et al., 2003], Universidad de Salford, se presenta un exosqueleto para reducir la carga de las tareas requeridas en tratamientos psicoterapéuticos para la rehabilitación de pacientes (Figura 4.1.1(c)). En [Kobayashi et al., 2003], Universidad de Tokio, se proporciona soporte muscular tanto para trabajadores manuales, como para aquellas personas que son incapaces de moverse sin ayuda (Figura 4.1.1(d)). En [Kazerooni, 1993], Universidad de California en Berkeley, se presenta un extendedor hidráulico que determina las reglas para el control de un sistema robótico cargado por humanos, especificando la relación entre la fuerza humana y la fuerza de carga (Figura 4.1.1(e)). En [Rocon et al., 2005], Instituto de Automática Industrial-CSIC, se presenta WOTAS, un exoesqueleto activo para

4 Prof. Maria Chiara Carrozza, Scuola Superiore Sant'Anna de Pisa, Italia, chiara@ arts.sssup.it.

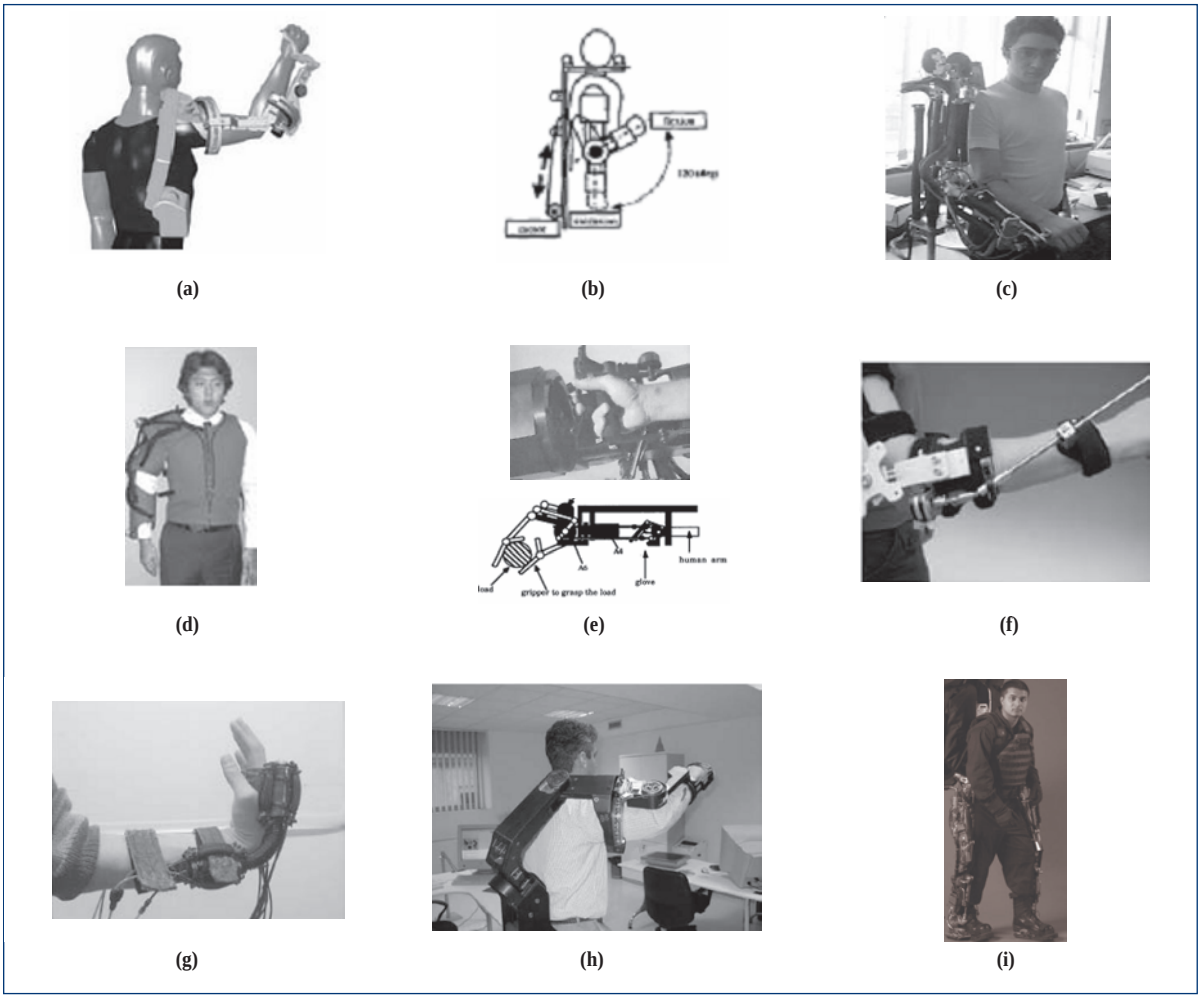


Figura 4.1.1. Imágenes de exosqueletos en la literatura.

las extremidades superiores de las personas, basado en tecnologías robóticas capaces de aplicar fuerzas para cancelar el temblor de dichas extremidades (Figura 4.1.1(f)). En [Sasaki et al., 2005], Universidad de Okayama, se presenta ASSIST, un soporte activo conducido por actuadores neumáticos ligeros para asistir al movimiento de doblar la muñeca (Figura 4.1.1(g)). En [Marcheschi et al., 2005] se presenta PERCRO Light Exoskeleton (LEXOS), un brazo exoesqueleto con cuatro grados de libertad para la retroalimentación de fuerza en el brazo humano (Figura 4.1.1(h)). En [Chu et al., 2005], se presenta BLEEX, un exoesqueleto para las extremidades inferiores de los humanos, el cual puede ayudar a los soldados, bomberos, personal de rescate u otro personal de emergencias a cargar con mayor peso del que pueden transportar de forma natural (Figura 4.1.1(i)).

Además, Maria Chiara Carrozza y su grupo están desarrollando NeuroExos, un exoesqueleto diseñado para ayudar al brazo humano a agarrar un objeto que se mueve en 2D, es decir, el objeto y el brazo están en el mismo plano. Se supone que el brazo humano es débil y que el exoesqueleto debe medir y encontrar la impedancia más adecuada para mejorar la fuerza y la ejecución del movimiento a llevar a cabo. Sus objetivos principales no son puramente tecnológicos ni orientados a la aplicación práctica inmediata, sino que se pretende:

- Investigar cómo los humanos pueden controlar un sistema robótico a través de una interfaz no invasiva y un simple y rápido decodificador de intenciones.
- Investigar cómo se puede acoplar un manipulador externo al brazo humano (manipulador

interno) por monitorización de la interfaz mecánica entre ellos.

- Controlar el actuador externo artificial en paralelo con el sistema musculoesquelético humano.

El experimento que se ha llevado a cabo es el siguiente. A partir de la posición de partida mostrada en la Figura 4.1.2, una persona humana sentada a la mesa tiene que agarrar un cilindro que se mueve a distintas velocidades en una sola dirección a lo largo de dicha mesa y pararlo. El movimiento del brazo está en el mismo plano que la mesa y el cilindro. Los sensores colocados a lo largo de la superficie del brazo humano registran las señales que emiten los músculos (EMG) y obtienen la información de movimiento del brazo, que luego es transformada en un modelo cinemático inverso que es aplicado al simulador de la Figura 4.1.3.(a), donde se compara el movimiento simulado con el real. A partir de dicha simulación, como **línea de futuro**, se pretende construir un brazo robótico bioinspirado (Figura 4.1.3. (b)) que permitirá:

- Imitar el brazo humano en aspectos como: parámetros físicos (rangos de movimiento, masa, inercia, rigidez, etc.), sistema de actuación, impedancia y control de las articulaciones, etc.
- Implementar y verificar los modelos de neurociencia en coordinación visuo-motora, equilibrio de la teoría de puntos, etc.
- Medir las fuerzas de reacción proporcionadas desde el exoesqueleto colocado en el brazo robótico.

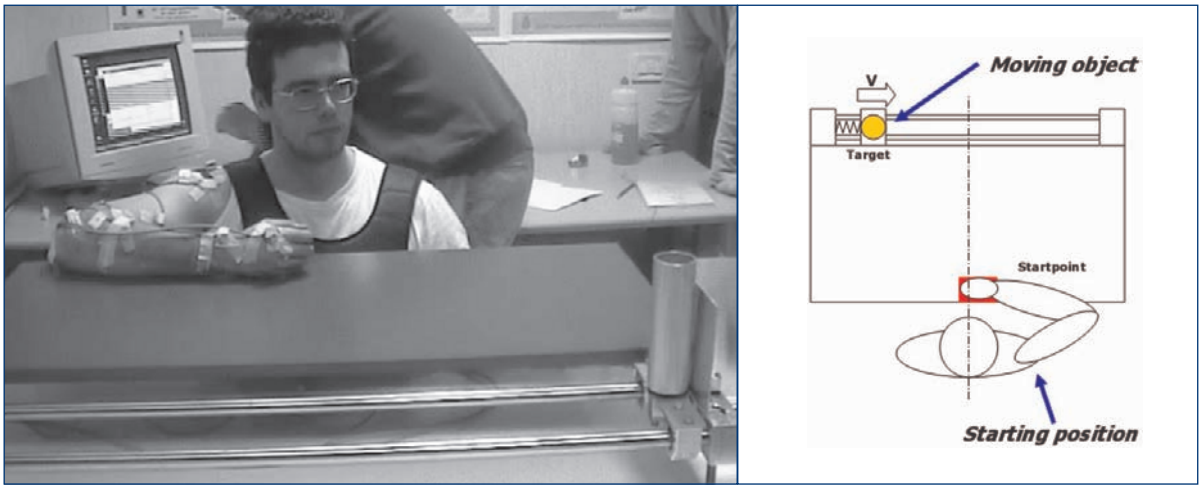


Figura 4.1.2. Experimento de NeuroExos

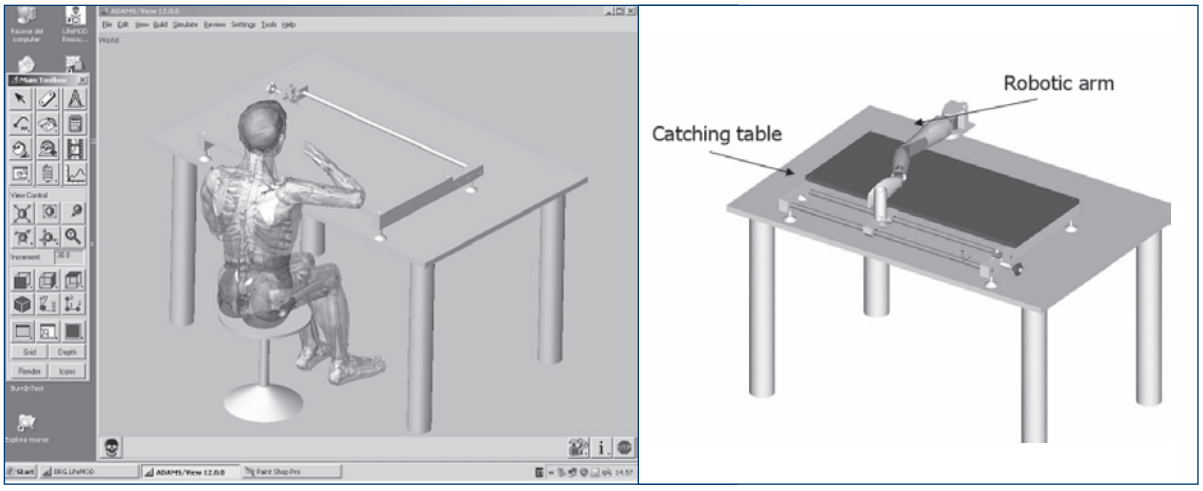


Figura 4.1.3. Experimento de NeuroExos

4.2. La mano cibernética[5]

La mayoría de las prótesis de mano actuales son pasivas, puramente estéticas, que no realizan ninguna función para el usuario. Las prótesis activas mioeléctricas (que captan las señales eléctricas de los músculos) son las menos utilizadas debido a su alto coste. Aunque éstas permiten realizar algunas funciones a su suario, tienen sólo un grado de libertad, no tienen retroalimentación sensorial y no son percibidas por el usuario como parte de su cuerpo.

El proyecto EU-FET *CIBERHAND*, coordinado por el profesor Paolo Dario, pretende desarrollar una prótesis cibernética de la mano, que sea controlada por el cerebro. El esquema de dicha mano se puede observar en la Figura 4.2.1, dónde podemos ver que se compone de: una interfaz cerebro-máquina, un receptor/transmisor de las señales enviadas por/a la interfaz y biosensores.

El algoritmo de control de la mano cibernética consiste en obtener las señales que emiten los músculos (EMG), mediante electrodos LIFE y sieve, y utilizarlas como entradas a una máquina de estados finitos, la cual determinará las acciones a realizar. Esta mano también incorpora sensores de fuerza para realizar tareas como coger y levantar objetos y, además, la máquina de estados finitos puede ser modificada para controlar la fuerza de agarre, modificando la duración de la contracción muscular.

Cómo líneas de futuro a corto plazo, destacar que los investigadores del proyecto están trabajando actualmente con neuropsicólogos y neurocirujanos para implantar electrodos LIFE en humanos. Otras líneas de futuro más largo plazo es el transplante de la mano cibernética y la introducción de una interfaz cerebro-máquina más precisa (posiblemente invasiva) para el control de ésta.

4.3. Predicción del movimiento de la mano a partir de la actividad motocortical[6]

Andrew H. Fagg y su equipo investigan cómo controlar una prótesis robótica de un brazo utilizando el nivel de activación de un conjunto de neuronas del cerebro.

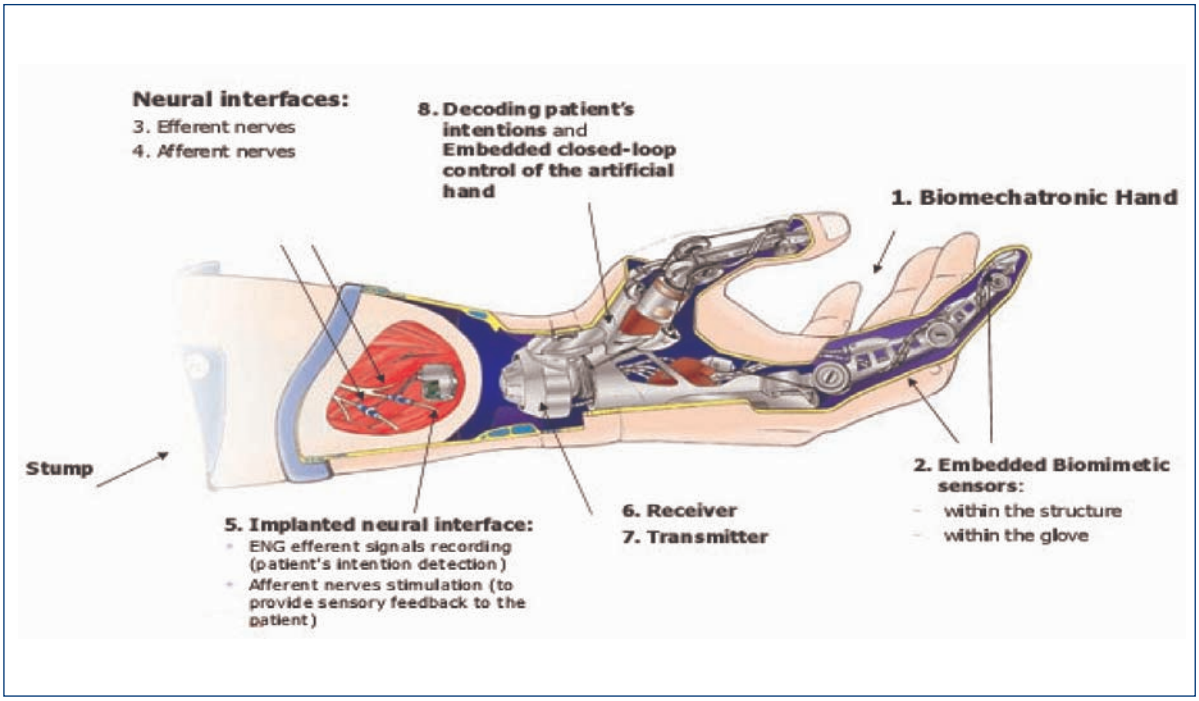


Figura 4.2.1. Mano cibernética

5 Prof. Paolo Dario, Advanced Robotics Technology and Systems Laboratory, Scuola Superiore Sant'Anna, dario@ arts.sssup.it, http://www-arts.sssup.it/people/prof/pdario/pdario.htm
6 Prof. Andrew H. Fagg, Symbiotic Computing Laboratory, School of Computer Science, University of Oklahoma, fagg@ ou.edu, http://www.cs.ou.edu/~fagg/

Su investigación se basa en la observación de los movimientos naturales del brazo y su correspondiente actividad neuronal y su objetivo es construir un modelo que prediga el movimiento del brazo (localización cartesiana, giro de las articulaciones, etc.) correspondiente a una determinada actividad neuronal. Dicho modelo se construye a partir de un conjunto de observaciones realizadas (pares de entrada neuronal/salida motora), que a su vez, sirven de conjunto de entrenamiento. Sin embargo, como todos los casos no se encuentran reflejados en dicho conjunto de observaciones, se determina una función matemática explícita que describa todos los casos posibles (como por ejemplo, una regresión lineal de dichas observaciones).

Para llevar a la práctica su investigación, han realizado experimentos con monos, colocándoles un exoesqueleto que es capaz de decodificar los movimientos de su brazo y, además, se han registrado las neuronas activadas al realizar dichos movimientos, determinando una detección simultánea de 50 a 100 neuronas.

Como **resultados**, se comenta que un conjunto de 50-100 neuronas es capaz de predecir movimientos del brazo con un grado de aceptación bueno, pero como **línea de futuro**, se establece la mejora de dicha predicción. También, se sugiere que la información que almacena la corteza motora primaria del cerebro es información intrínseca y dinámica, como por ejemplo giro de articulaciones, etc. Finalmente, como **línea de futuro** a largo plazo, se establece que las predicciones establecidas por el modelo de la actividad neuronal puedan conducir los movimientos de un brazo robótico.

5. MANIPULACIÓN

5.1.Manipulación de un brazo robot por imitación del movimiento humano[7]

Una forma de obtener movimiento flexible y adaptativo en un robot es estudiar cómo los humanos producen ese tipo de movimiento. La neurociencia computacional proporciona una serie de teorías y modelos que pretenden explicar las características comunes que caracterizan el movimiento de un brazo humano. Muchos modelos generan trayectorias por medio de la optimización de algún aspecto de dicho movimiento, como la velocidad de la mano o su articulación. En [Simmons & Demiris, 2005] se implementa el modelo de mínima varianza para producir movimiento similar al de los humanos en un brazo robótico, concretamente se aplica a movimientos de alcance punto a punto y a otras trayectorias más complejas.

Debido al creciente interés que han despertado los mecanismos que dotan a los robots con la capacidad de imitar acciones humanas, se han propuesto varias arquitecturas computacionales para establecer una correspondencia de la información visual proporcionada por el demostrador(el que realiza la tarea) con las acciones motoras que deberá realizar el imitador. En [Demiris & Khadhouri, 2006] se propone la arquitectura HAMMER (*Hierarchical Attentive Multiple Models for Execution and Recognition*) para reconocer y ejecutar acciones, la cual se basa en jerarquías de modelos futuros (*Forward Models*) y modelos inversos (*Inverse Models*). Como se describe en la Figura 5.1.1, los modelos inversos reciben como entrada el estado actual y el objetivo y generan la acción a realizar; mientras que, los modelos futuros reciben como entrada el estado actual y la acción a realizar y predicen el estado futuro. Así pues, combinando dichos modelos, podemos representar cómo un robot podría reconocer una acción y cómo podría planificar la suya propia, imitando a la primera, tal y como se puede observar en los grafos de la Figura 5.1.2.

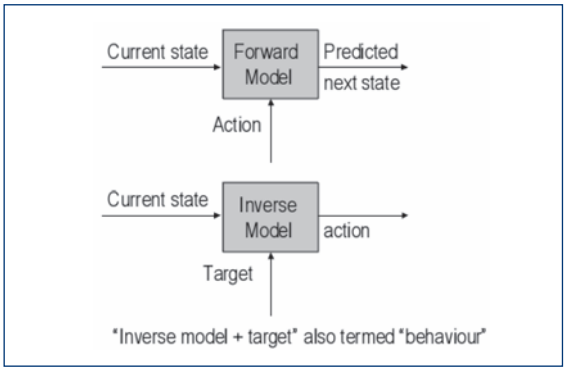


Figura 5.1.1. Esquema de los modelos inversos y futuros propuestos.

7 *Prof. Yiannis Demiris, Intelligent and Interactive Systems Group, Department of Electrical and Electronic Engineering, Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London, y.demiris@ imperial.ac.uk, http://www.iis.ee.ic.ac.uk/yiannis/*

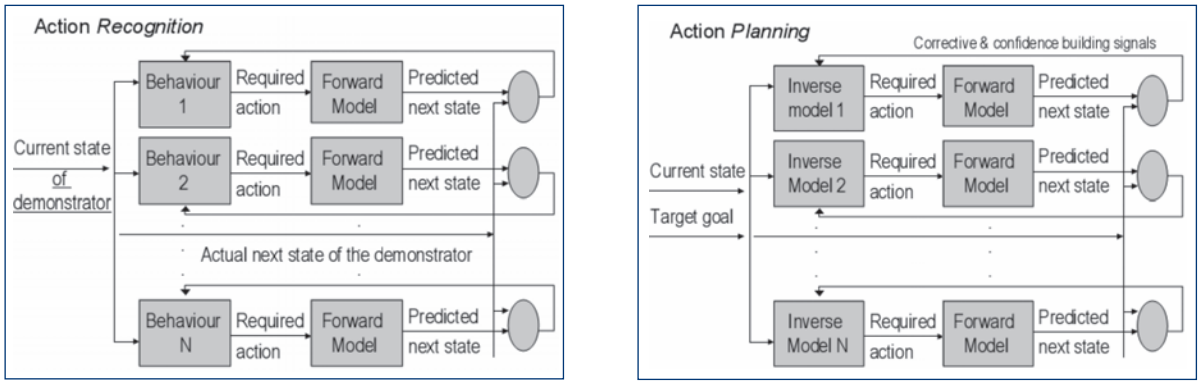


Figura 5.1.2. Esquema para la realización de acciones de planificación y reconocimiento.

En el modelo de planificación de la acción (Figura 5.1.2. (a)), a partir de un estado inicial y un objetivo, se generan las acciones requeridas para alcanzar dicho objetivo y se predicen los estados a los que nos llevarán dichas acciones. Si dicho estado no se alcanza, entonces se envía una señal correctiva al modelo que genera la acción; mientras que, si se alcanza, se envía una señal de confirmación.

Al igual que en el modelo anterior, en el modelo de reconocimiento de la acción (Figura 5.1.2. (b)), a partir de un estado inicial del demostrador, se reconocen unos comportamientos que requieren unas acciones determinadas que conllevarán una predicción de los estados siguientes. A partir de dicha predicción se corregirán también las acciones a realizar.

HACIA UNA NUEVA VISIÓN DE LOS SERVICIOS DE SALUD »

Atos Origin, compañía internacional líder en servicios de tecnologías de la información, dispone de una oferta global de soluciones y servicios para el sector Salud. Soluciones completas en consultoría, diseño, integración e implantación de sistemas y gestión de servicios para que las organizaciones sanitarias puedan llevar a cabo sus proyectos estratégicos.

En Atos Origin estamos orgullosos de contar con la confianza de nuestros clientes del sector de la Salud, trabajando para las organizaciones sanitarias, públicas y privadas, más innovadoras.

Con 50.000 profesionales en 40 países, más de 6.000 en España, garantizamos innovación y valor añadido para las organizaciones sanitarias.

Atos Origin: avanzando hacia la Sanidad en Red.

Atos Origin™
CONSULTING > SOLUTIONS > OUTSOURCING

Advance with Atos Origin - for business and IT in harmony

www.es.atosorigin.com

Estos modelos se han llevado a la práctica por medio de simulación de robots (Figura 5.1.3). Como resultados principales, se comenta que los comportamientos obtenidos se mapean correctamente si son conocidos, mientras que no ocurre lo mismo con los comportamientos desconocidos. Dichos comportamientos desconocidos o nuevos se pueden aprender aplicando predicciones y ajustándolas para que se correspondan con el comportamiento original.

Como trabajo futuro se presenta la aplicación de este trabajo a robots humanoides reales.

5.2. Información sensorial táctil en manipulación[8]

La información que proporcionan los sensores táctiles es útil para:

- Controlar la estabilidad del agarre, procurando que la fuerza de agarre sea adecuada. Si es demasiado débil, podría provocar una caída del objeto agarrado, y si es demasiado intensa, podría deformar dicho objeto. Las fuerzas de agarre son adaptadas paramétricamente a las propiedades mecánicas de los objetos a agarrar. Se han realizado estudios sobre algunas de estas propiedades, como el peso [Gordon et al., 1993; Gordon et al., 1991], la distribución de masas [Johansson et al., 1999], la forma-curvatura [Goodwin et al., 1998], la forma-estrechamiento [Jenmaln & Johansson, 1997] y la fricción [Johansson & W estling, 1984].
- Planificar y controlar el movimiento de la mano para: agarrar objetos con la mano o con los dedos, seleccionar los lugares de agarre, transportar objetos, manejar herramientas, etc. La manipulación de objetos se organiza en fases de acción secuenciales delimitadas por subobjetivos de la tarea principal. A partir del estado inicial, se van consiguiendo los subobjetivos a partir de la realización de unos comandos motores (Mc) determinados. Dichos subobjetivos se contrastan con eventos sensoriales táctiles, visuales y auditivos, y en su caso, se adapta el siguiente comando motor a los cambios que se hayan podido detectar por dichos sensores (por ejemplo, deslizamiento accidental, etc.). Este proceso se repite hasta que se obtiene el objetivo final (Figura 5.2.1).

Dos tipos de sensores táctiles, los electromagnéticos y los electromiográficos, se presentan en la Figura 5.2.2.

Finalmente, las conclusiones principales de la presentación de Johansson son las siguientes:

- La tecnología del tacto y la visión proporcionan el estado inicial de la información para la adaptación paramétrica de comandos motores para llevar a cabo la próxima acción.
- Los sensores de tacto monitorizan la progresión de la tarea para obtener los objetivos predichos. El desajuste entre los eventos sensoriales predichos y los actuales median el control de las acciones permitiendo la adaptación y el aprendizaje.
- Las señales emitidas por los sensores de tacto pueden activar acciones correctivas, como por ejemplo, respuestas a un deslizamiento accidental, etc.

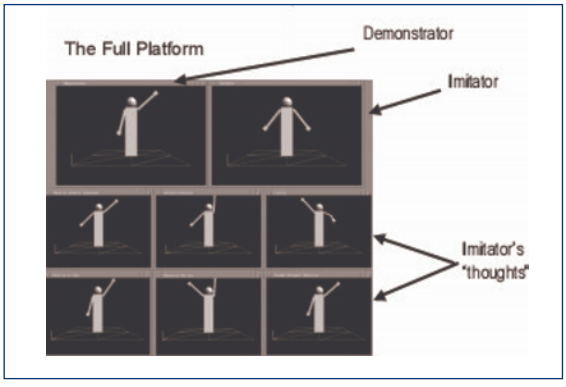


Figura 5.1.3. Simulación de los modelos de imitación de comportamiento

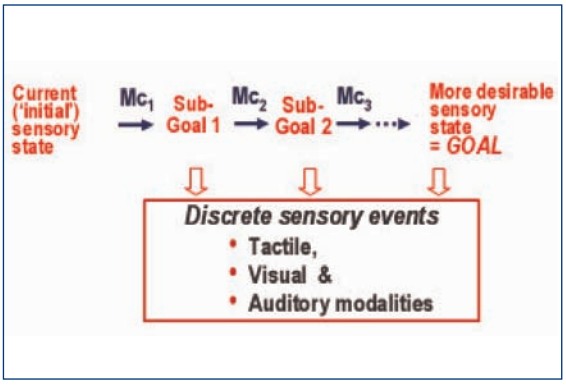


Figura 5.2.1. Manipulación de objetos contando con sensores táctiles, visuales y auditivos.

8 *Prof. Roland S. Johansson, Physiology Section, Integrative Medical Biology, Umea University, Sweden.*



Figura 5.2.2. Sensores táctiles.

5.3. Localización de sistemas de referencia en el agarre de objetos[9]

En [McIntyre et al., 1997] se plantea la siguiente situación: cuando un brazo humano pretende alcanzar un objeto, la localización de éste y la posición de la mano deben corresponderse. ¿Cómo resuelve el cerebro este problema de correspondencia? Cuando un objetivo fijo se presenta visualmente, su dirección se mapea topográficamente en la retina, mientras que su distancia relativa al observador se define tanto por colas monoculares (localización, tamaño relativo, intensidad, perspectiva, sombreado, etc.) como por colas binoculares (disparidad retinal y señales oculares). Los comandos motores que definen la postura del brazo se determinan respecto a sistemas de referencia de los músculos, articulaciones y receptores de la piel, mientras que la posición final de alcance del objetivo podría ser especificada por sistemas de referencia centrados en el hombro o en la mano.

Sin embargo, ¿qué ocurre cuando hemos de señalar un objeto visual basándonos en la memoria? En [McIntyre et al., 1998] se trata de identificar los sistemas de referencia utilizados para representar la posición de un objeto durante un periodo de memoria o recuerdo. Para ello se realizan experimentos que miden los errores de los participantes al señalar las posiciones tridimensionales que se les indican. Los participantes en los experimentos deben señalar los objetivos en distintas condiciones de: iluminación (luz tenue o completa oscuridad), periodo de descanso (0.5, 5.0 a 8.0 segundos), mano con la que se realiza la acción (derecha o izquierda) y localización del sitio de trabajo (Figura 5.3.1).

El modelo obtenido a partir de los experimentos anteriores se puede observar en la Figura 5.3.2. En primer lugar, recibe información visual como entrada que es transformada en información visual centrada en el sistema de referencia del observador. Seguidamente esta información es transformada en información motora basada en un sistema de referencia situado en el brazo que realiza la acción, con contracciones adicionales a lo largo de un eje centrado en el hombro. Finalmente, dicha información es transformada en información basada en el sistema de referencia centrado en la mano. Si las condiciones de iluminación permiten ver la mano durante el movimiento de señalización, la posición final de ésta es comparada con la memoria visual del objeto para reducir los errores de la salida final.

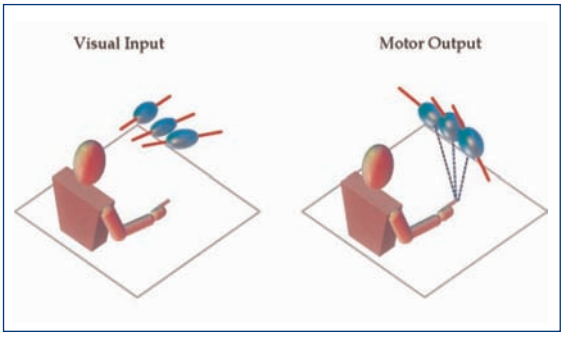


Figura 5.3.1. Gráfico del experimento realizado. Las elipses indican errores variables en el alcance del objetivo.

Como resultado principal, se destaca que la orientación de errores variables difiere significativamente con las condiciones de luminosidad. Por lo tanto, aunque, después de analizar los errores que se producen al señalar los objetos memorizados, se han encontrado evidencias que apoyan

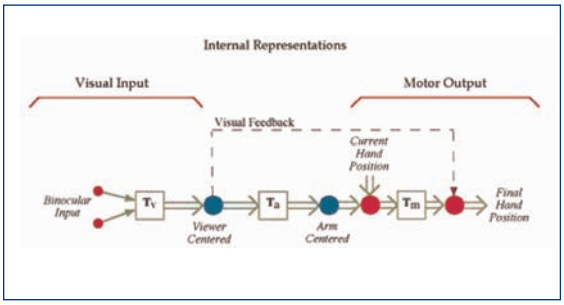


Figura 5.3.2. Modelo obtenido de los experimentos. Los círculos representan la información obtenida con respecto a un sistema de referencia específico, mientras que los cuadrados indican transformaciones entre sistemas coordinados.

9 Prof. Joseph McIntyre, Senior Scientist (Chargé de Recherche), CNRS Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action, College de France, joe.mcintyre@ college-de-france.fr.

las representaciones que centran el sistema de referencia en el observador, en su brazo o en su mano, en este artículo se defiende que la memoria a corto plazo almacena la posición final del objetivo en un sistema de referencia centrado en los ojos del observador y/o en su hombro, los cuales diferencian entre los parámetros de distancia y dirección.

Por último destacar que es importante averiguar dónde se centran los sistemas de referencia en los humanoscuando realizan movimientos de manipulación para poder mejorar la coordinación de las interfaces cerebro-máquina y los sistemas híbrido-biónicos (prótesis, exoesqueletos, etc.) con el movimiento natural de las personas.

6. LOCALIZACIÓN DE LA VISIÓN Y EL MOVIMIENTO EN EL CEREBRO

6.1.Visión-acción vs. Visión-percepción[10]

Los sistemas de visión, en un principio, evolucionaron en los animales no para percibir el mundo, sino para obtener un control sensorial de sus movimientos. La visión como "vista" apareció posteriormente, permitiendo a los seres vivos realizar operaciones cognitivas complejas sobre representaciones mentales del mundo y perfeccionar su comportamiento adaptativo.

Así pues, según [Goodale & Milner, 2004] existen distintas corrientes visuales en la corteza cerebral de los primates. Aunque ambas procesan información acerca de la estructura y localización espacial de los objetos, las salidas que proporcionan son diferentes. La *corriente dorsal de acción*, responsable del control sobre acciones de movimiento, procesa medidas absolutas (euclídeas) de objetos dentro de un sistema de referencia centrado en los efectores. Por otro lado, la *corriente ventral de percepción*, que proporciona una representación rica y detallada del mundo para llevar a cabo operaciones cognitivas (reconocimiento, identificación, etc.), no necesita medidas absolutas, sino que utiliza sistemas perceptuales basados en la escena (no euclídeos). El reconocimiento de objetos depende de la habilidad de reconocer un objeto independientemente de su orientación y posición en un momento dado. Un cuadro resumen de las características de dichas corrientes se proporciona en la Tabla 6.1.1.

- Pacientes con —Optic Ataxia" presentan problemas para agarrar directamente o dirigir movimientos hacia objetos, incluso cuando dichos pacientes pueden describir la orientación o posición relativa de esos objetos de forma precisa. Estos pacientes presentan daños en la corriente dorsal, que proporciona un control en tiempo real del sistema visuomotor.
- Pacientes con "Visual Agnosia" son incapaces de indicar el tamaño, la forma y la orientación de un objeto, ni verbalmente ni manualmente,

Corriente Ventral	Corriente Dorsal
Identificación de objetos	Control visual de movimientos
Sistema de referencia basado en la escena	Sistema de referencia basado en los efectores
Medidas relacionales	Medidas absolutas
Proposicional	Isomorfo
Representaciones a largo término	Procesamiento momento a momento
Contenidos de consciencia visual	Transformaciones visuomotoras para actos inconscientes

Tabla 6.1.1. Resumen de las características de las corrientes ventral y dorsal. Existen enfermedades que confirman esta teoría, como por ejemplo, la —Optic Ataxia" y la "Visual Agnosia", descritas a continuación:

10 *Prof. Melvyn A. Goodale, Canada Research Professor in Visual Neuroscience, Department of Psychology and Physiology, University of W estern Ontario, Canada, mgoodale@ uwo.ca, http://www.ssc.uwo.ca/psychology/faculty/goodale/*

	Percepción	Acción	Zona dañada
Visual Agnosia	✗	✓	Corriente Ventral
Optic Ataxia	✓	✗	Corriente Dorsal

Tabla 6.1.2. Resumen de enfermedades visuales relacionadas con la percepción y la acción.

aunque puede agarrar y dirigir su mano hacia dicho objeto. Estos pacientes presentan daños en la corriente ventral, que proporciona un control off-line de los mecanismos perceptuales.

Es importante destacar que ambas corrientes, encargadas de la acción y la percepción, interactúan y se complementan para producir un comportamiento adaptativo en los seres vivos. Por ejemplo, cuando queremos coger un libro interesante, no sólo lo agarramos de acuerdo a sus dimensiones y localización, sino que también hemos percibido que podría ser un libro que no hemos visto antes y que debemos cogerlo de forma que podamos utilizarlo adecuadamente.

En [Goodale & Humphrey, 1998] se relacionan estas dos vertientes sobre la percepción y la acción con la visión por computador, distinguiendo entre las líneas de investigación que se basan en el comportamiento (detección de obstáculos, agarre, guiado por visión, etc.) y las que se basan en la reconstrucción del mundo (creación de mapas, reconocimiento de objetos, realización de operaciones perceptuales y/o cognitivas, etc.).

Las líneas de investigación basadas en el comportamiento estarían relacionadas con la corriente dorsal, mientras que las basadas en la reconstrucción del mundo estarían relacionadas con la corriente ventral.

Como **resultados más relevantes**, podemos destacar que, en [Goodale & W estwood, 2004], Mel Goodale ha utilizado la resonancia magnética

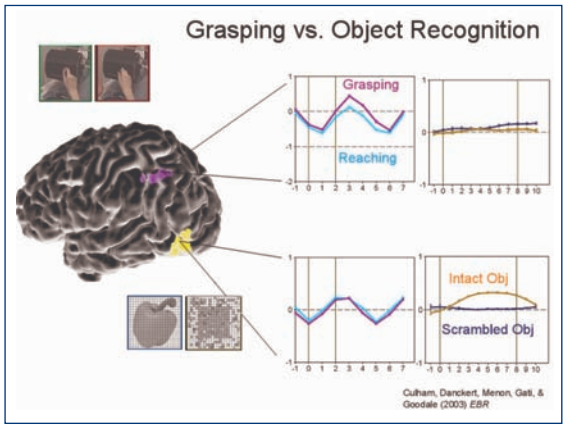


Figura 6.1.1. Localización del agarre y reconocimiento de objetos en el cerebro.

funcional (fMRI) para analizar y localizar las corrientes ventrales y dorsales en el proceso de agarre y reconocimiento de objetos. Determinando que la zona "Sulcus Anterior Intraparietal" del cerebro procesa la forma de los objetos, su tamaño y orientación con el propósito de llevar a cabo acciones como el agarre. Mientras que la zona "Lateral Occipital" del cortex del cerebro procesa la forma, tamaño y orientación de los objetos con el propósito de su reconocimiento (Figura 6.1.1).

Además, Goodale también ha utilizado la fMRI para localizar las zonas del cerebro que se activan al detectar cambios de identidad y orientación de los objetos. En primer lugar, en la Figura 6.1.2, se pueden observar los objetos que se comparan en el experimento para detectar si entre ellos existen cambios de identidad o de

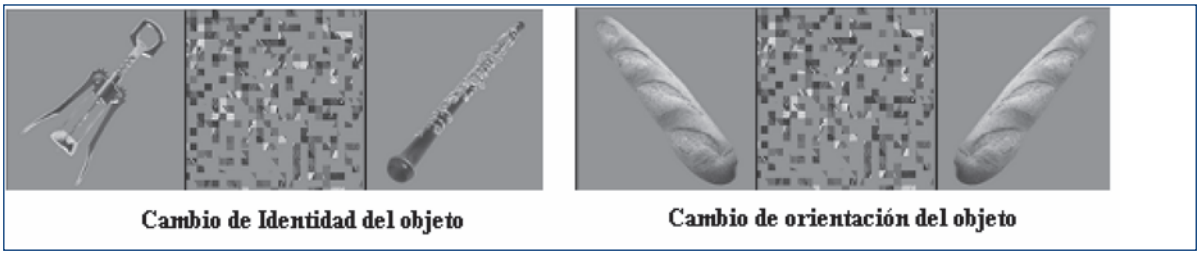


Figura 6.1.2. Situaciones presentadas para la detección de cambios.

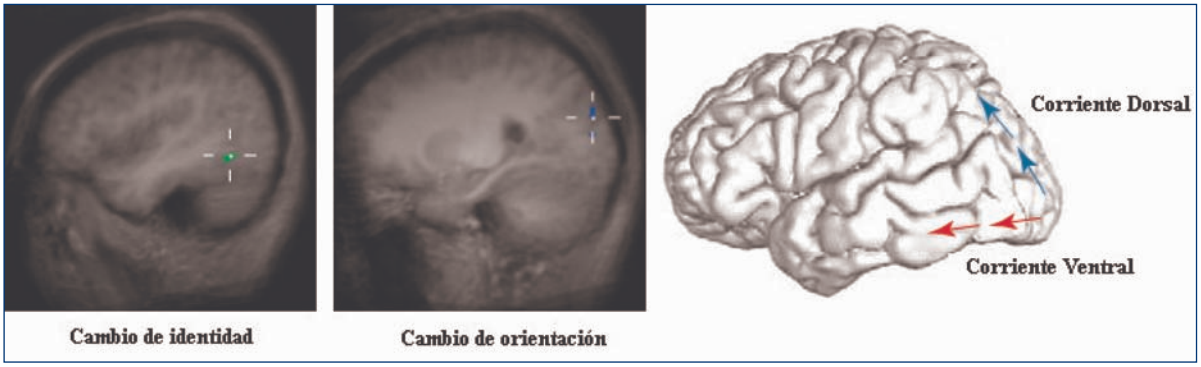


Figura 6.1.3. Zonas del cerebro activadas en cada tipo de cambio.

orientación. Seguidamente, en la Figura 6.1.3, se pueden ver las zonas que se han detectado como activas en cada uno de los casos. Al detectarse un cambio de identidad del objeto, se ha activado una zona del cerebro relacionada con la corriente ventral, que se encarga del control de las acciones de percepción (reconocimiento de objetos); mientras que al detectar un cambio de orientación en el objeto, se ha activado una zona del cerebro relacionada con la corriente dorsal, que se encarga del control de las acciones de movimiento.

Como una de las **líneas de futuro** más importantes, en [Goodale & Westwood, 2004] se menciona la utilización de la estimulación magnética transcranial (TMS) para avanzar en el entendimiento de las interacciones entre las corrientes dorsal y versal en las personas humanas.

6.2. Neuronas motoras y visuomotoras[11]

Uno de los descubrimientos más fascinantes en neuropsicología en las dos últimas décadas es que las neuronas localizadas en la región frontal del cerebro del mono (áreas F4 y F5, posiblemente homologables al área de Broca en el cerebro humano), clásicamente considerada como región motora, también responden a la presentación visual de estímulos [Fadiga et al., 2000].

En [Murata et al., 1997] se estudian las propiedades visuales y motoras de las neuronas del cortex ventral premotor del mono (área F5), a partir del comportamiento obtenido en cuatro situaciones: agarre de objetos con luz, agarre de objetos en la oscuridad, fijación de la vista en objetos y fijación de la vista en un punto de luz. Como **resultados principales** se obtienen los siguientes:

- las neuronas motoras se asocian con movimientos de agarre,
- diferentes objetos agarrados de forma similar, determinan respuestas motoras neuronales similares,
- las neuronas visuomotoras se activan durante la realización de movimientos, pero también en respuesta a la presentación de objetos 3D,
- la respuesta de las neuronas visuomotoras aparece tanto en el agarre de objetos con luz, como en la fijación de la vista en objetos;
- finalmente, la forma de un objeto se codifica en el cortex ventral premotor (F5) incluso cuando no se requiere la obtención de ninguna respuesta de un objeto.

Las neuronas visuomotoras responden tanto a estímulos motores como visuales. En [Fadiga et al., 2000] se plantea que la activación de este tipo de neuronas no es puramente visual, ni puramente motor, sino que simplemente significa que una acción particular se ha representado internamente en términos de "ideas motoras", sin implicar que el cerebro la vaya a realizar o no. Estas ideas motoras podrían proporcionar las base neurobiológica para la representación del espacio, para la comprensión de acciones realizadas por los demás y, posiblemente, para la categorización semántica de objetos, ya que ésta, muchas veces no puede excluir la información de cómo interactuar con dichos objetos.

11 *Prof. Luciano Fadiga, Associate Professor of Human Physiology, Faculty of Medicine, Università di Ferrara, Italia, fdl@ unife.it, http://web.unife.it /progetti/neurolab/*

GLOBAL REACH.



ONE

Workstation. Location. Solution. CARESTREAM RIS+PACS.

Introducing the next generation CARESTREAM RIS/PACS solution that allows healthcare professionals to collaborate seamlessly across multiple sites, platforms and clinical specialties to provide timely, quality patient care at reduced costs. All personnel involved – schedulers, technologists, radiologists, referring physicians – can contribute to the efficient delivery of patient care. From order initiation through distribution of results, ONE desktop optimizes productivity for the entire radiology workflow. IT'S TIME YOU PUT IT TO WORK.

ONE Solution.

RSNA09 BOOTH211
LAKESIDE CENTER | HALL D

Want to find out more?

www.carestreamhealth.com/superPACS
1-877-865-6325, ext. 655

Integrated solutions for every step of diagnostic imaging
CR+DR+RIS+PACS+ARCHIVE+PRINT+

Carestream HEALTH

©Carestream Health, Inc. 2009. Carestream is a trademark of Carestream Health.

7. MODELOS PARA LA COMPRENSIÓN DE FUNCIONES HUMANAS[12]

7.1. Comprensión del desarrollo humano-motor

El desarrollo motor es el estudio de las acciones espontáneas de los niños en un ambiente determinado y en distintos campos sociales, las cuales hacen que los músculos interaccionen para llevar a cabo diferentes tipos de tareas. Este desarrollo es importante, ya que la actividad motora es indispensable para el desarrollo de la cognición en los seres humanos. Como se muestra en la Figura 7.1.1, dada una tarea particular, patrones de movimiento organizados espacio-temporalmente surgen de interacciones exploratívas dinámicas entre el sistema neural, el cuerpo y el entorno.

Para estudiar el desarrollo humano-motor, Luc Berthouze toma como ejemplo a los recién nacidos, los cuales tienen una serie de limitaciones como que: no pueden ver los objetos a tamaño

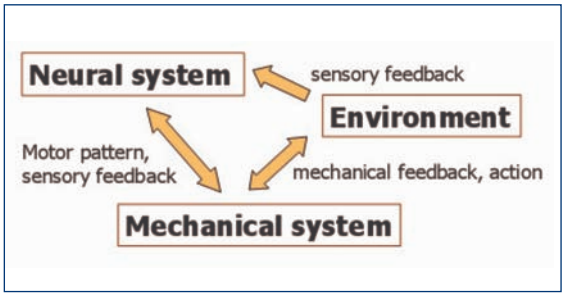


Figura 7.1.1. Interacciones en el desarrollo humano-motor.

real, su memoria y campo de atención es reducido, su control del tronco, cabeza y brazos es limitado y sus movimientos son ineficientes y torpes. Como hipótesis, plantea que las limitaciones en los sistemas motores y sensoriales de los bebés podrían jugar un papel adaptativo en el desarrollo del organismo.

Extrapolando el estudio del desarrollo humano-motor a la robótica, Berthouze también define como hipótesis el hecho de que empezar a explorar con pocos grados de libertad, permite una exploración más eficiente del espacio sensomotor, el cual, a la vez, coordina la adición de nuevos grados de libertad. Para verificar dicha hipótesis realiza un análisis comparativo entre la exploración realizada por: un sistema de control con dos grados de libertad independientes, con un grado de libertad y con dos grados de libertad autosuficientes.

Como **resultado** de este análisis destaca que una única forma de fijar y liberar grados de libertad no es suficientemente representativa cuando la complejidad de la tarea aumenta o cuando se introducen perturbaciones externas, sino que se necesitan múltiples formas de cambios de grados de libertad.

Finalmente, como **líneas de investigación futuras** respecto al desarrollo motor, queda por determinar qué es lo que optimizan los niños durante su etapa de exploración, cómo aprenden qué es lo que hay que explorar y cuales son las transiciones que realizan entre la adquisición de cada una de sus habilidades.

7.2. Comprensión del discurso hablado

La comprensión del discurso hablado consiste en percibir y entender lo que nuestro interlocutor nos está diciendo por medio de la observación de los movimientos de la boca, expresión o gestos de la persona que habla, de la utilización del contexto del mensaje y de la situación, del conocimiento de la forma de articular de nuestro interlocutor, etc.

Los procesos cognitivos y preceptúales que definen a un interlocutor que comprende adecuadamente el discurso hablado aún no han sido identificados. Esto es debido a que la comprensión del discurso hablado presenta algunas dificultades: una gran parte de fonemas son visualmente indistinguibles, no existe un método de enseñanza formal, es dependiente del contexto y de la persona que habla, etc.

El efecto McGurk demuestra que el discurso tiene una naturaleza bimodal, ya que los humanos percibimos una mezcla de los sonidos que oímos y de los movimientos de la boca que observamos del interlocutor.

Como ejemplo de este efecto podemos considerar la situación siguiente: si oímos un video que dice "ba" y en dicho video aparece una persona

12 *Prof. Luc Berthouze, Neuroscience Research Institute (AIST), Tsukuba Central 2, Japan, Luc.Berthouze@aist.go.jp, http://staff.aist.go.jp/luc.berthouze/*

articulando "ga", lo que nosotros percibimos es el sonido "da", es decir, una mezcla de ambos (Figura 7.2.1).

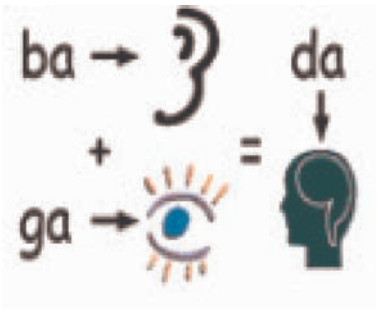


Figura 7.2.1. Efecto McGurk.

Luc Berthouze[13] propone que, para comprender el discurso hablado se debe poder seleccionar y secuenciar las acciones que lo componen, las cuales son influidas por las asociaciones visual-motoras adquiridas previamente (niñez, etc.). Esto supone que la comprensión del discurso hablado debería activar las áreas promotoras del cerebro, implicadas en la respuesta motora, selección y secuenciación, en vez de activar el área de Broca, donde se localizan las neuronas espejo o que se activan por imitación. Como **resultado principal**, destacar que este aspecto se ha comprobado mediante una resonancia magnética funcional (fMRI) en sujetos con capacidad de oír, pero no entrenados en la comprensión de un discurso hablado en particular. Finalmente, como principal **línea de futuro**, se menciona la obtención de un modelo único de comprensión del discurso hablado tanto para sordos como para oyentes y el análisis de las diferencias existentes entre ellos, si es que tienen lugar.

8. BIBLIOGRAFÍA

[Carmena et al., 2003] Jose M. Carmena, Mikhail A. Lebedev, Roy E. Crist, Joseph E. O'Doherty, David M. Santucci, Dragan F. Dimitrov, Parag G. Patil, Craig S. Henriquez, Miguel A. L. Nicolelis. Learning to Control a Brainœ Machine Interface for Reaching and Grasping by Primates. PLoS Biology, Vol. 1, Issue 2, November 2003.

[Cavallaro et al., 2005] Ettore Cavallaro, Jacob Rosen, Joel C. Perry, Stephen Burns, Blake Hannaford, *Hill-Based Model as a Myoprocessor for a Neural Controlled Powered Exoskeleton Arm œ Parameters Optimization*, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, April 2005.

[Chu et al., 2005] Andrew Chu, H. Kazerooni and Adam Zoss, *On the Biomimetic Design of the Berkeley Coger Extremity Exoskeleton* (BLEEX), Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, April 2005.

[Darwin et al., 2003] *Caldwell G. Darwin, Tsagarakis G. Nikolaos, Development and Control of a "Soft-Actuated' Exoskeleton for Use in Physiotherapy and Training*, Autonomous Robots, vol. 15, n. 1, July 2003, pp. 21-23.

[Demiris & Khadhouri, 2006] Demiris Y, Khadhouri B, Hierarchical attentive multiple models for execution and recognition of actions, *Robotics and Autonomous Systems*, 2006, Vol.: 54, Pages: 361 - 369, ISSN: 0921-8890

[Fadiga et al., 2000] Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese, Giacomo Rizzolatti, *Visuomotor neurons: ambiguity of the discharge or "motor' perception?* International Journal of Psychophysiology, n. 35, pp. 165-177, 2000.

[Goodale & Humphrey, 1998] M. A. Goodale and G. K.Humphrey, The objects of action and perception, Cognition, vol. 67, 1998, pp. 181-207.

[Goodale & Milner, 2004] Goodale MA, Milner AD: Sight Unseen: *An Exploration of Conscious and Unconscious Vision*. Oxford: Oxford University Press; 2004.

[Goodale & Westwood, 2004] Goodale MA, Westwood DA., An evolving view of duplex vision: separate but interacting cortical pathways for perception and action. Current Opinion in Neurobiology, vol. 14, pp. 203-211.

13 *Neuroscience Research Institute, AIST Tsukuba, Japan.*

[Goodwin et al., 1998] Goodwin, Jenmaln & Johansson, The Journal of Neuroscience, 1998.

[Gordon et al., 1993] Gordon. International Journal of Psychophysiology.

[Gordon et al., 1991] Gordon. Exp. Brain Res.

[Jenmalm & Johansson, 1997] Jenmalm & Johansson, The Journal of Neuroscience, 1997.

[Johansson et al., 1999] Johansson, Backlin & Burstedt. *Exp. Brain Res.*, 1999.

[Johansson & W estling, 1984] Johansson & W estling, *Exp. Brain Res.*, 1984.

[Kazerooni, 1993] Kazerooni H., *Extenders: A Case Study for Human-Robot Interaction vía the Transfer of Power and Information Signals*, Plenary Speaker at the 2ndIEEE International W orkshop on Robot and Human Communication, Tokyo, Japan, November 1993.

[Kiguchi et al., 2005] Kazuo Kiguchi, Mohammad Habibur Rahman and Takefumi Yamaguchi, *Rehabilitation Robotics: Adaptation Strategy for the 3DOF Exoskeleton for Upper-Limb Motion Assist*, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, April 2005.

[Kobayashi et al., 2003] Kobayashi, H.; Uchimura, A.; Shiiba, T.; *Development of muscle suit for upper body*, Intelligent Robots and Systems, 2003 (IROS 2003). Proceedings 2003 IEEE/RSJ International Conference, Vol. 4, Oct. 27-31, 2003, pp. 3624-3629.

[Marcheschi et al., 2005] Simone Marcheschi, Antonio Frisoli, Carlo Alberto Avizzano and Massimo Bergamasco, *A Method for Modeling and Control Complex Tendon Trnasmissions in Haptic Interfaces*, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, April 2005.

[McIntyre et al., 1997] J. McIntyre, F. Stratta, F. Lacquanity, *Viewer-Centered Frame of Reference for Pointing to Memorized Targets in Three-Dimensional Space*, International Journal of Psychophysiology, 78(3):1601-18, September, 1997.

[McIntyre et al., 1998] J. McIntyre, F. Stratta, F. Lacquanity, *Short-Term Memory for Reaching to Visual Targets: Psychophysical Evidence for Body-Centered Reference Systems*, The Journal of Neuroscience, 18(20): 8423-8435, October, 1998.

[Millan et al., 2003] Millan. *New Scientist print edition*, 24 July 2003

[Murata et al, 1997] Akira Murata, Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese, Vassilis Raos, andGiacomo Rizzolatti, Object *Representation in the Ventral Premotor Cortex (Area F5) of the Monkey*, The Journal of Neurophysiology Vol. 78 No. 4 October 1997, pp. 2226-2230.

[Rocon et al., 2005] E. Rocon, A. F. Ruiz, J. L. Pons, J.M. Belda-Lois, J. J. Sánchez-Lacuesta: *Rehabilitation Robotics: A Wearable Exo-Skeleton for Tremor Assessment and Supresión*, Proceedings of the 2005 IEEE Internacional Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, Abril 2005.

[Sasaki et al., 2005] Daisuke Sasaki, Toshiro Noritsugu and Masahiro Takaiwa, Rehabilitation Robotics: *Development of Active Support Splint driven by Pneumatic Soft Actuator (ASSIST)*, Proceedings of the 2005 IEEE Internacional Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, April 2005.

[Simmons & Demiris, 2005] Gavin Simmons and Yiannis Demiris, Optimal Robot Arm Control Using The Minimum Variance Model, *Journal of Robotic Systems*, November 2005.

[Wolpaw et al., 2004a] Schalk G, McFarland DJ, Hinterberger T, Birbaumer N, Wolpaw JR. BCI2000: A general-purpose brain-computer interface (BCI) system. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 51:1034-1043, 2004.

[Wolpaw et al., 2004b] Leuthardt EC, Schalk G, W olpaw JR, Ojemann JG, Moran DW . A brain-computer interface using electrocorticographic signals in humans. Journal of Neural Engineering 1:63-71, 2004.

Sistema Quirúrgico daVinci®

Lluïsa Arbat
Jefe Línea - Product Line Manager
Palex Medical SA
Línea Oncología

Los continuos avances de la Informática y las Nuevas Tecnologías en los últimos años han influenciado todas las facetas de nuestra vida diaria. El campo de la Salud no podía ser la excepción, y en la actualidad podemos encontrar multitud de sistemas robóticos en el mercado médico que han revolucionado no sólo los diagnósticos y tratamientos, sino también la gestión interna de los hospitales.

El equipo con una introducción más espectacular en los últimos años ha sido el **Sistema Quirúrgico daVinci®** (Intutive Surgical, Sunnyvale, Ca, USA, distribuido en España por Palex Medical). Desde su introducción en el año 2000, ya hay más de 1300 sistemas instalados en todo el mundo (14 de ellos en España).

El sistema consta de una consola y un robot quirúrgico.



La consola, apartada del campo quirúrgico, contiene un sistema de visualización tridimensional de alta resolución (hasta 1080 p) del campo quirúrgico y unos mandos ergonómicos a través de los cuales el cirujano controla la imagen y los movimientos del robot. El sistema de visualización 3D sitúa al cirujano "dentro" del paciente.

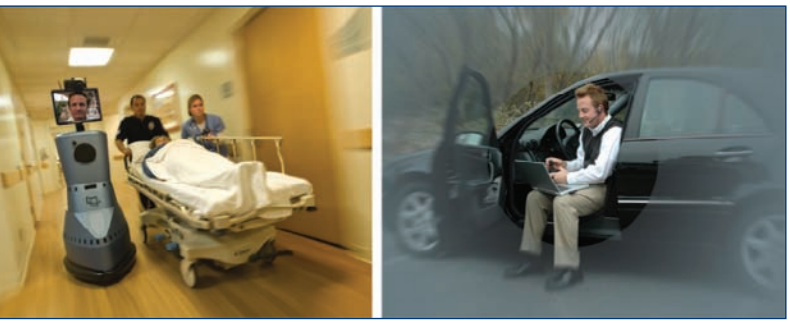
El robot se sitúa en la mesa de operaciones y contiene los brazos que mueven la óptica para el sistema de visión tridimensional y los instrumentos quirúrgicos, los cuales se introducen en el paciente a través de pequeñas incisiones de forma muy similar a la cirugía laparoscópica. Los instrumentos reproducen en tiempo real y con gran precisión los movimientos de las manos del cirujano mediante los mandos maestros de la consola. Esto permite al cirujano poder acceder a través de pequeñas incisiones sin sacrificar la destreza, precisión y libertad de movimientos de la cirugía abierta. Estos instrumentos poseen una doble articulación en la punta, aumentando a 7 los grados de libertad, y permiten al cirujano disponer de una "endomuñeca" de extraordinaria precisión.

Además, el sistema anula el temblor fisiológico, y asi, gracias a la visión tridimensional, la articulación de los instrumentos y la resolución de las ópticas se consigue reducir la curva de aprendizaje de la Cirugía laparoscópica, con lo que se puede aplicar por mayor número de cirujanos en procedimientos cada vez más complejos, con lo que acerca los beneficios de la Cirugía mínimamente invasiva al mayor número de pacientes.

Los campos de aplicación son hoy en día muy amplios, y abarcan un gran número de procedimientos en el campo de la urología, ginecología, cirugía general, torácica y cardiaca, así como procedimientos en pediatría y ORL.

Monográfico: La Robótica al Servicio de la Salud

Otra aplicación espectacular de la Informática y la Robótica al campo de la Medicina es el **Robot de Presencia Remota RP7®** (InTouch Health, Golera, Ca, USA, distribuido en España por Palex Medical). Este robot permite que un especialista experto pueda conectarse desde cualquier lugar con un ordenador portátil (con un módem USB), a través de la red de Internet doméstica, con cualquier robot situado en cualquier Centro de Salud del mundo.



Gracias al desarrollo del software, se ha conseguido disponer de una plataforma autónoma, con una excepcional calidad de imagen y sonido, con tan sólo 600 kbps. De esta manera, un paciente puede tener acceso al mejor especialista, lo que es especialmente útil en situaciones de Urgencia, como en el caso del Ictus.

Otra aplicación robótica en el campo de la Electrofisiología es el **Sistema robotizado de guiado de catéteres Sensei®** (Hansen Medical, Mountain View, Ca, USA, distribuido en España por Palex Medical). Este sistema permite guiar con total precisión un catéter introducido por la vena femoral del paciente hasta la aurícula izquierda, para la ablación de nodos ectópicos causantes de arritmias, como la fibrilación auricular.



El médico dispone de una consola que le permite, a través de una imagen tridimensional virtual del corazón, empujar la punta del catéter hasta el lugar preciso que se desea tratar, integrando además otros datos, como la presión de la punta, el ECG, etc.

Por último, cabe destacar también un robot sanitario para las farmacias de hospital llamado **RIVA - Robotic IntraVenous Automation (**Intelligent Hospital Systems INC. en Canadá, distribuido por Palex Medical en España).

RIVA prepara de forma automática y con elevada precisión jeringas y bolsas para administración intravenosa mejorando algunos aspectos clave en el trabajo de la farmacia del hospital como son la seguridad tanto del paciente como de los técnicos de farmacia y el rendimiento por su elevada capacidad de producción y velocidad.

RIVA es el único robot actualmente disponible en el mercado que permite preparar mezclas intravenosas de fármacos quimioterápicos o bien otros fármacos no contaminantes tanto para adultos como en pediatría. En el caso de preparación de fármacos citostáticos, RIVA debe ser configurado para ventilar hacia el exterior del hospital, del mismo modo que se hace hoy en día con la ventilación de las campanas de flujo laminar.

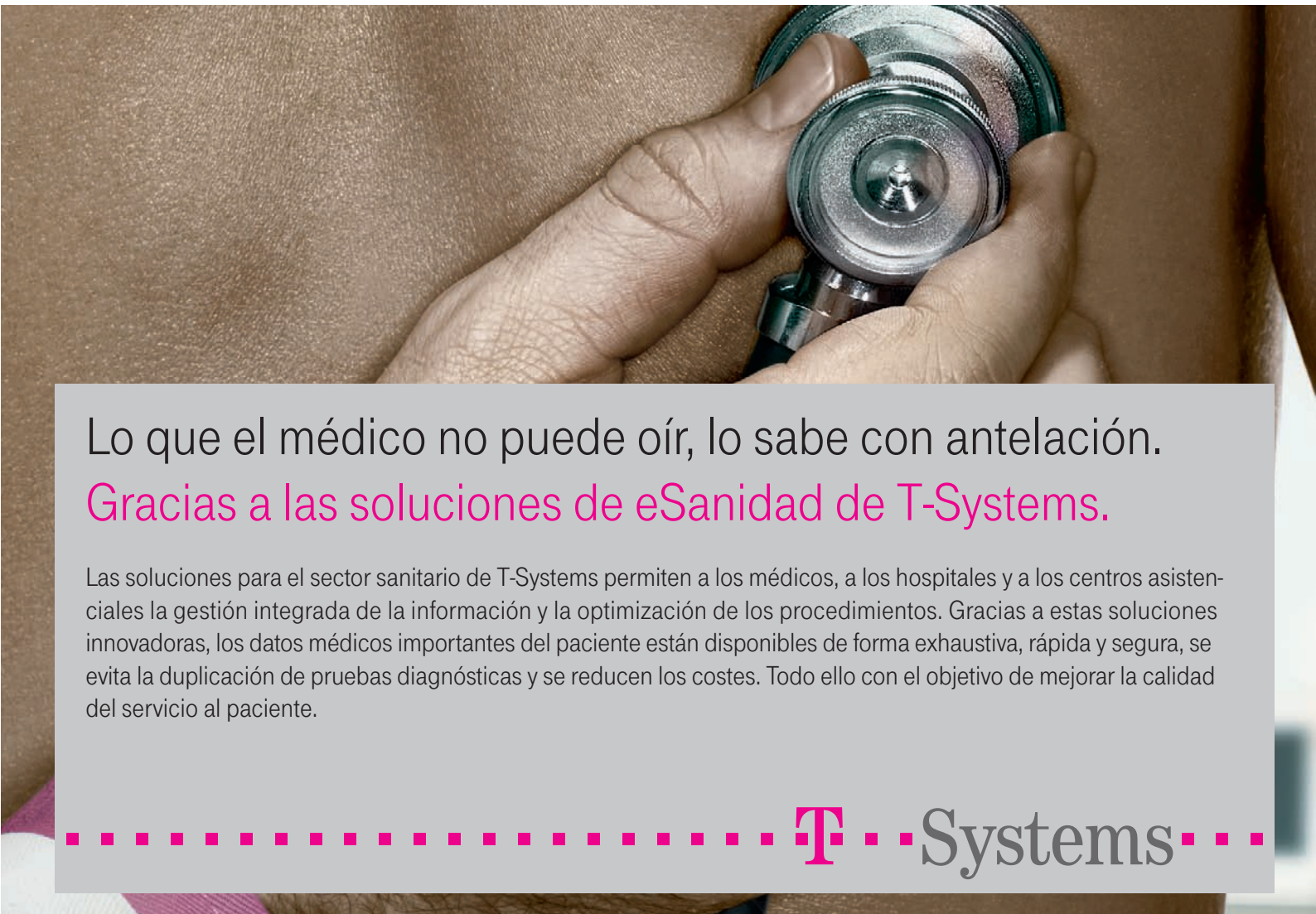
RIVA dispone de un brazo robótico en la zona de preparación de mezclas que mueve viales, jeringas y bolsas a las diferentes estaciones de trabajo en el interior del sistema. Tiene amplia capacidad de almacén, dispone de 2 carruseles con 12 espacios cada uno, en el que se adaptan diferentes estantes según las necesidades de la farmacia. Esta característica permite que el personal de farmacia pueda cargar viales, jeringas y bolsas para la producción de las mezclas de todo el día.

En relación a la seguridad, cabe destacar, que la zona de preparación de mezclas tiene presión negativa (ISO Clase 5) respecto al exterior, RIVA dispone de una luz UV en su interior que permite esterilizar viales, se realiza identificación de cada vial o bolsa por código de barras y por lectura óptica, se pesa cada jeringa o vial antes y después de cada paso, el etiquetado de las bolsas y jeringas se realiza en el interior del sistema de forma que se evitan posibles errores humanos. Además todo el proceso queda registrado informáticamente asegurando la trazabilidad del mismo. RIVA se adapta a



viales y diluyentes de 1 a 100ml, a jeringas de 1ml a 60ml, y a bolsas IV de 25ml hasta 1L de diferentes marcas disponibles en el mercado. Está diseñado para eliminar la exposición al técnico a medicación contaminante y por tanto reduce los riesgos para el personal de farmacia. Además, RIVA se integra con el sistema informático del hospital mediante la creación de una interfaz.





Lo que el médico no puede oír, lo sabe con antelación.
Gracias a las soluciones de eSanidad de T-Systems.

Las soluciones para el sector sanitario de T-Systems permiten a los médicos, a los hospitales y a los centros asistenciales la gestión integrada de la información y la optimización de los procedimientos. Gracias a estas soluciones innovadoras, los datos médicos importantes del paciente están disponibles de forma exhaustiva, rápida y segura, se evita la duplicación de pruebas diagnósticas y se reducen los costes. Todo ello con el objetivo de mejorar la calidad del servicio al paciente.

T Systems

FORMACIÓN EN CIRUGÍA EXPERIMENTAL ENDOSCÓPICA ASISTIDA POR ROBOT: UN NUEVO PARADIGMA DE ENTRENAMIENTO

Chaves Vinagre J., Villén Sánchez J.A., Sánchez Carrión J.M., Vázquez Granados J. y el equipo de trabajo de la Fundación Iavante

Dirección para la correspondencia:
Dr. Juan Chaves Vinagre, Director de Programas
Fundación Iavante, Consejería de Salud, Junta de Andalucía. Parque Tecnológico de Ciencias de la Salud
Avda. de la Ciencia, s/n. 18100-Armilla-Granada-España

RESUMEN

La cirugía de mínima invasión se ha impuesto definitivamente a la cirugía abierta convencional en múltiples campos y la aplicación de la robótica a las intervenciones quirúrgicas permite avanzar en este ámbito. El entrenamiento en cirugía robótica crea la necesidad de desarrollar nuevas estrategias didácticas, que fijen los criterios que permitan organizar los contenidos científicos y las actividades que se planteen al discente, para alcanzar los objetivos pedagógicos. Esta formación específica exige disponer de recursos singulares, determinadas herramientas didácticas, y docentes con instrucción específica en estos métodos de enseñanza. En Iavante utilizamos metodologías didácticas innovadoras complementarias que abordan la formación especializada en cirugía laparoscópica y robótica, buscando garantizar la adquisición de los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para la práctica quirúrgica óptima.

PALABRAS CLAVE

Cirugía robótica, Cirugía mínimamente *invasiva,* Metodologías didácticas innovadoras, Entrenamiento quirúrgico**,** Cirugía experimental.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio más importarte que se ha producido en los últimos años en el campo de la cirugía es la disminución del grado de invasión del organismo, al minimizar el acceso quirúrgico en muchos procedimientos. Este nuevo paradigma se ha sustentado en los avances tecnológicos y ha modificado –por extensión— el enfoque estratégico en todas las especialidades quirúrgicas. Este nuevo modelo es la cirugía endoscópica, en la que la visión del cirujano no es directa sino a través de imágenes de vídeo captadas y transmitidas, y el acceso al campo operatorio se realiza mediante instrumentos, por lo que el cirujano ya no toca los órganos del paciente.

Así, la cirugía de mínima invasión se ha impuesto definitivamente a la cirugía abierta convencional en múltiples campos, ya que reúne importantes ventajas frente a ésta:

- Menor daño a los tejidos
- Menor pérdida sanguínea
- Menor dolor posoperatorio
- Menor estancia hospitalaria
- Más rápida incorporación social y laboral

Efectivamente, más que por la intervención en sí, el daño que se ocasiona al acceder al área operatoria es la causa del malestar, dolor e incapacidad funcional del paciente y, en cierta medida, de complicaciones posoperatorias, por ello, conseguir minimizar el acceso quirúrgico es uno de los actuales principios estratégicos de la cirugía.

La aplicación de la robótica a la cirugía es un paso más en el campo de la *Cirugía Mínimamente Invasiva*, ya que los robots pueden proporcionar escasa invasión del organismo durante las técnicas quirúrgicas y, por tanto, posibilitar procedimientos menos agresivos.

La introducción de la robótica en la cirugía, además, tiene como una de sus mayores ventajas la *precisión*. Así, la cirugía asistida por robot, en la cual el cirujano utiliza brazos mecánicos que repiten los movimientos que realiza en una consola, permite eliminar el temblor del propio cirujano, incluso en tareas de alta precisión. A esto se une la ampliación del campo quirúrgico, al utilizar una visión tridimensional amplificada. Estos sistemas, por consiguiente, posibilitan la ampliación de las capacidades propias de los profesionales, mejorando la habilidad manual del conjunto de los cirujanos e igualándola a la de los profesionales más destacados, y pueden corregir ciertas inhabilidades —como temblores o deficiencias en la fuerza para maniobrar instrumentos— ocasionadas por la edad, lo que puede repercutir en prolongar el tiempo útil de desarrollo de la profesión y aprovechar la experiencia acumulada durante más tiempo.

ginecológica, la cirugía torácica y cardiovascular y en algunas aplicaciones en cirugía general.

El beneficio que la aparición de esta tecnología tiene para nuestros pacientes es obvio y pasa por el desarrollo y la aplicación de este nuevo paradigma emergente en todas aquellas áreas de conocimiento quirúrgico en las que la posibilidad de la *cirugía mínimamente invasiva* es o puede ser una realidad. Estos avances tecnológicos y su aplicación precisan, en cualquier caso, de una preparación y un conocimiento explicito y, para ello, la formación de los profesionales de la cirugía en estos nuevos sistemas cobra singular importancia.

El entrenamiento quirúrgico en endoscopia asistida por robot crea la necesidad de desarrollar nuevas estrategias didácticas, que fijen los criterios que permitan organizar los contenidos científicos y las actividades que se planteen al discente, para alcanzar los objetivos pedagógicos. Esta formación específica exige disponer de recursos singulares, determinadas herramientas didácticas, y docentes con instrucción específica en estos métodos de enseñanza.



Figuras 1a y 1b. Sistema quirúrgico de telemanipulación da Vinci®. CMAT, Granada.

En el año 2000, la *Food and Drug Administration* (FDA), organización encargada de regular la práctica médica y el uso de medicamentos en los Estados Unidos, aprobó el sistema quirúrgico da Vinci® para su uso en quirófanos; esto lo hace el primer sistema robotizado para cirugía en humanos. Actualmente un importante número de hospitales americanos y numerosos centros europeos disponen de este equipo, aplicándose en áreas como la cirugía urológica, la cirugía

IAVANTE, Fundación Pública de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, cuenta con un centro de simulación médica equiparable a los más avanzados de Europa y en vanguardia por la implantación de metodologías didácticas innovadoras de simulación. El Centro Multifuncional Avanzado de Simulación e Innovación Tecnológica (CMAT), en Granada, dispone de instalaciones donde se desarrollan las metodologías de entrenamiento: simulación robótica, simulación

virtual, simulación escénica, así como, la metodología de *e-learning* a través de su plataforma de teleformación. Este centro, por tanto, está capacitado para desarrollar un programa de entrenamiento integral en *cirugía minimamente invasiva*, que englobe tanto la cirugía laparoscópica y endoscópica por simulación de realidad virtual, como la cirugía robótica y laparoscópica en ambiente quirúrgico real sobre modelo animal y humano y, así, permitir la formación experimental de los profesionales del Sistema Sanitario Público.

2. METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO

Se utilizan metodologías didácticas innovadoras complementarias que aborden la formación especializada en cirugía laparoscópica y robótica, buscando garantizar la adquisición de los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para la práctica quirúrgica óptima.

Para desarrollar este programa integral de entrenamiento es necesario contar con sistemas quirúrgicos de cirugía robótica y simuladores quirúrgicos que utilicen realidad virtual, además de la inmersión en un ambiente quirúrgico real mediante la utilización de *biorreactivos*.

2.1. Sistemas de entrenamiento quirúrgico

2.1.1. Sistema quirúrgico de telemanipulación da Vinci®[1,2,3]

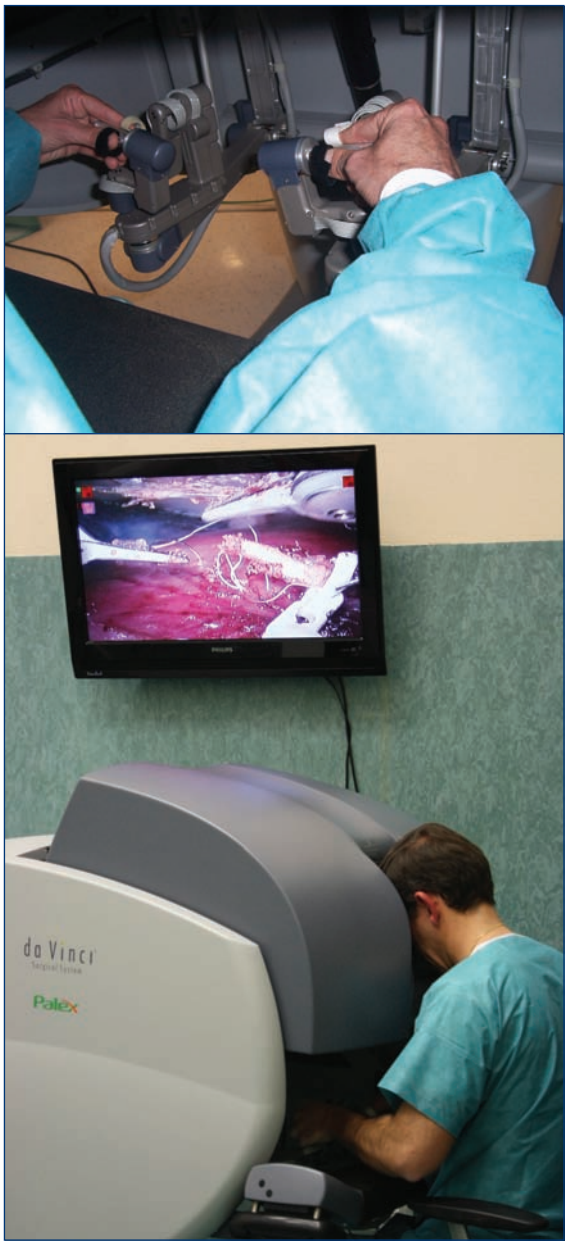
El sistema quirúrgico de telemanipulación da Vinci® es un robot que hace posible realizar intervenciones quirúrgicas mínimamente *invasivas*.

El robot consta de los siguientes elementos:

- Consola del cirujano
- Carro robotizado
- Instrumentos quirúrgicos
- Torre

El equipo quirúrgico (ayudante, enfermera y anestesista) participará de la intervención y visualiza el campo operatorio mediante una videocámara.

Desde la consola de control, donde el cirujano se encuentra ergonómicamente sentado, se manipula el robot a distancia del paciente, proporcionando la comunicación entre el cirujano y los brazos del robot quirúrgico.



Figuras 2 y 3. Sistema quirúrgico de telemanipulación da Vinci®: los brazos del robot reproducen fielmente los movimientos de las manos del cirujano en la consola. CMAT, Granada.

El cirujano gobierna los brazos del robot a través del uso de controles localizados en un espacio 3D virtual. Cuando se accionan los controles, manivelas que se adaptan al dedo pulgar e índice del cirujano, la información se digitaliza y se transmite a los brazos del robot, que reproducen con alta precisión y fidelidad los movimientos de las manos del cirujano en el campo

1 *(Llanos A., Villegas R., 2006, p. 11-12)*
2 *(Arroyo C., 2005, p. 13-17)*
3 *(Intuitive Surgical® da Vinci® Surgical System. 2005)*

quirúrgico a tiempo real. Esto tiene una importancia fundamental si consideramos que la cirugía requiere movimientos cuidadosos y rápidos para evitar daño en el paciente.

El cirujano obtiene una visión tridimensional y panorámica del campo quirúrgico con imágenes de alta resolución que pueden magnificarse hasta 10-15 aumentos. El sistema de visión incluye un endoscopio tridimensional de alta resolución con dos canales independientes conectados a dos monitores.

El brazo del robot está situado junto a la mesa de operaciones y consta de 4 brazos electromecánicos que manipulan los instrumentos dentro del paciente. Uno de los brazos porta la videocámara con dos imágenes de doble canal que se funden y dan una imagen estereoscópica tridimensional, permitiendo que el operador en la consola cambie, mueva, enfoque y rote con facilidad su campo visual. Dos de los brazos sostienen el instrumental y el cuarto brazo permite agregar un tercer instrumento para realizar tareas adicionales como la tracción-separación.

Los instrumentos del robot están miniaturizados (2-4 mm), con una articulación distal que permite 7 grados de libertad de movimiento y 90 grados de articulación. Además, cuenta con un sistema de eliminación del temblor del cirujano proporcionando mayor precisión y control, haciendo posible la realización de cirugía con desplazamientos mínimos del cirujano y sin las restricciones debidas a su pulso.

Los instrumentos del robot quirúrgico tienen articulación de codo y muñeca posibilitando la rotación axial que minimiza los movimientos naturales de la cirugía abierta. Hay un amplio rango de instrumentos disponibles: gancho, tijeras, pinza de agarre, portaagujas, disector de ultrasonidos, etc.

Este sistema necesita un corto periodo de aprendizaje para alcanzar un tiempo de intervención y cifras de complicaciones razonables.

Con la utilización de la cirugía robótica se soslayan los inconvenientes que, especialmente para el cirujano, plantea la cirugía laparoscópica convencional. Sus ventajas frente a ésta son:

- Visión tridimensional
- Curva de aprendizaje corta
- Sensación natural y ergonómica
- Comodidad
- Ausencia de temblor, incluso en tareas de alta precisión
- Instrumentos con extremos articulados y 7 grados de movimiento

2.1.2. Planteamiento metodológico del entrenamiento

El planteamiento metodológico del entrenamiento está diseñado para garantizar la adquisición de los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para la práctica quirúrgica óptima. Para conseguir estos fines, particularmente, se desarrollan:

2.1. Ejercicios de entrenamiento para el manejo del sistema quirúrgico de telemanipulación da Vinci® y del instrumental de laparoscopia

El paso inicial del entrenamiento consiste en el desarrollo de talleres prácticos que posibiliten el adiestramiento del cirujano en el manejo del instrumental laparoscópico y del sistema quirúrgico de telemanipulación robótica.

En estos ejercicios para la cirugía asistida por robot, el cirujano ha de aprender a utilizar los brazos mecánicos que repiten los movimientos que realiza en la consola. El cirujano ha de sacar el máximo rendimiento de la libertad de movimiento –en siete diferentes ángulos— que permiten los instrumentos, intentando emular los arcos de movimiento efectuados por la



Figura 4. Quirófano de CMAT, Granada. Cirugía laparoscópica asistida por robot.

articulación de la muñeca humana. Esto es un gran avance si consideramos que toda la cirugía laparoscópica tiene como limitante que los movimientos se realizan sin poder flexionar los instrumentos, siendo el cirujano el que se adapta a estas restricciones durante la cirugía[4].

2.2. Entrenamiento de procedimientos quirúrgicos con el robot, con los simuladores de laparoscopia y con material para laparoscopia real con modelos experimentales animales y humanos, en un entorno que reproduzca verazmente la realidad clínica y su contexto

En CMAT se han acondicionado quirófanos, con todos los elementos necesarios, para que los cirujanos se encuentren en un entorno real de trabajo. Se pretende llevar al discente a un ambiente que reproduzca la realidad, con una escenografía lo más completa y veraz posible, y, en este contexto, pueda enfrentarse a situaciones análogas a las que tenga que resolver en su actividad asistencial. El material anestésico-quirúrgico, vestuario, otros elementos escénicos y roles de participantes, permiten el entrenamiento de forma ajustada a la realidad.

La cirugía con modelos animales permite el abordaje general de las técnicas laparoscópicas asistidas por robot. Además, se afrontan múltiples técnicas quirúrgicas específicas (tabla I).

Tabla 1. Procedimientos quirúrgicos con utilización de modelos experimentales animales y humanos

1. Tratamiento Laparoscópico de la Colelitiasis y Colecistitis 1.1. Técnica de colecistectomía 1.2. Colangiografía intraoperatoria
2. Tratamiento laparoscópico de la Enfermedad por reflujo Técnica de Nissen por vía laparoscópica Técnica de Nissen-Rossetti por vía laparoscópica. Técnica de Touper por vía laparoscópica
3. Tratamiento Apendicectomía laparoscópica Apendicectomia intrabdominal, Apendicectomia parcialmente extrabdominal, Apendicectomia con ligadura extrabdominal
4. Videotoracoscopia Técnica y variaciones de la técnica según indicaciones: Derrame pleural; Patología difusa pulmonar; Neumotórax espontáneo; Tumores mediastínicos, adenopatias y estadificación del cáncer pulmonar; Exploración del pericardio; Traumatismos torácicos; Exploraciones transdiafragmáticas
5. Tratamiento laparoscópico de la hernia inguinal 5.1. Hernioplastia total extraperitoneal (TEP) 5.2. Hernioplastia transperitoneal (TAPP) 5.3. Técnica intraperitoneal con prótesis de PTFE
6. Gastroenteroanastomosis
7. Enteroenteroanastomosis y Coloenteroanastomosis
8. Resección y anastomosis de intestino delgado
9. Neumotórax. Biopsia pulmonar
10. Biopsia hepática.
11. Gastropexias
12. Rectopexias
13. Colposuspensión
14. Anexectomía. Ooforectomía
15. Histerectomía Laparoscópica
16. Hemoperitoneo.
17. Resección pulmonar. Técnicas quirúrgicas y sus variantes
18. Suprarrenalectomía laparoscópica
19. Esplenectomía y esplenectomía parcial laparoscópica
20. Simpatectomía toracoscópica
21. Cirugía urológica laparoscópica 1.21.1. Nefrectomía 1.21.2. Prostatectomía 1.22.3. Cistoprostatectomía
22. Linfadenectomía pélvica
23. Abordaje laparoscópico de patología vascular
24. Tratamiento laparoscópico de la vía biliar 1.24.1. Coledocotomía: Coledocorrafia primaria, Coledocorrafia sobre tubo en T 1.24.2. Anastomosis bilio-digestiva 1.24.3 Coledocoduodenostomía
25. Cirugía colorrectal laparoscópica 1.25.1. Hemicolectomía dcha. 1.25.2. Hemicolectomía izquierda. 1.25.3. Colectomía transversa. 1.25.4. Sigmoidectomía y resección anterior del recto
26. Esofaguectomía 1.26.1. Esofaguectomía trashiatal laparoscópica 1.26.2. Esofaguectomía trashiatal asistida 1.26.3. Esofaguectomía combinada toracoscópia y laparoscopia
27. Gastrectomía parcial y total
28. Cirugía del Páncreas laparóscopica
29. Cirugía Hepática
30. Cirugía bariátrica Cirugía restrictiva, banda gástrica ajustable, gastroplastia vertical anillada, Bypass gástrico y derivación biliopancreática
31. Abordajes en cirugía de cabeza y cuello

4 (Arroyo C., Zubirán S., 2005, p. 13-17)



Diagnóstico para un planeta más inteligente.

Un sistema sanitario más inteligente es aquel capaz de gestionar de forma eficiente e integrada el gran volumen de datos generado alrededor de un paciente. De esta manera cada persona es "propietaria" de su propia información teniendo acceso a una red de colaboración sanitaria que reduce los errores médicos.

Un sistema sanitario más inteligente está tecnológicamente preparado para que los sistemas de salud puedan capturar automáticamente información precisa y en tiempo real. Una iniciativa conjunta de IBM con Google Health y Health Alliance, permite a los pacientes y a sus familias almacenar y seguir toda la información sobre la evolución de su salud a través de dispositivos médicos. En Dinamarca, ya se están utilizando sistemas de prevención con telemetría avanzada para monitorizar la evolución de pacientes de la tercera edad en sus hogares.

Un sistema sanitario más inteligente está interconectado, para que médicos, pacientes y proveedores de asistencia sanitaria puedan compartir información de forma continua y eficiente. Sainte-Justine, un hospital de investigación en Quebec, está automatizando la recogida, gestión y actualización de información crítica que a menudo se encuentra distribuida entre distintos departamentos. Las soluciones de análisis de datos pueden acelerar las investigaciones sobre el cáncer infantil para mejorar la salud del paciente, mientras disminuyen drásticamente el coste de adquisición de la información y mejoran la calidad de los datos. El Servicio Extremeño de Salud ha implantado un sistema de información integrado a nivel regional que permite a los médicos prescribir los tratamientos de sus pacientes con mayor rapidez y precisión gracias a una visión de la historia clínica completa y actualizada.

La transformación de los sistemas sanitarios va más allá de los beneficios concretos para los pacientes y proveedores de asistencia sanitaria. Todos estos avances se traducen en reducción de costes, mejor calidad en el servicio y personas más saludables. En otras palabras, contaremos con un sistema de salud más eficiente y con la atención donde corresponde, en el paciente.

Construyamos un planeta más inteligente.

Visite **ibm.com**/smarterplanet/es

IBM, el logo IBM e ibm.com son marcas registradas de International Business Machines. © 2009 IBM Corporation.

La cirugía experimental en modelo humano, asimismo, permite realizar cirugía robótica con relación a: cirugía vascular, de vía biliar, cirugía de colon, recto, esófago, gástrica, cirugía del páncreas o resección pulmonar.

2.3. Entrenamiento de casos específicos diseñados con relación a errores médicos evitables para disminuir el riesgo de los pacientes y, por tanto, que eluda la *iatrogenia* que supone toda curva de aprendizaje en campo real.

Se potencia el entrenamiento específico de aquellos aspectos técnicos que inciden en la producción de *iatrogenia* y que contribuyen significativamente en la preparación de los cirujanos, interviniendo decididamente en la mejora de la *seguridad del paciente*.

Por ello, se hace especialmente relevante la evaluación de los aspectos relacionados con la disminución del riesgo de los pacientes y la formación experimental de los profesionales.

2.4. Observación y análisis en tiempo real, y análisis-debate (*debriefing*) y videoanálisis tras el acto quirúrgico, para propiciar el *feedback* del profesional.

Es fundamental realizar, tras las intervenciones quirúrgicas, la autoevaluación instantánea o a corto plazo —tanto individual como en equipo—, la reflexión sobre el procedimiento quirúrgico y el establecimiento de objetivos individuales de aprendizaje.

Análisis en tiempo real

La participación activa del cirujano discente en la intervención quirúrgica es el método de mayor beneficio para el aprendizaje, máxime cuando es tutelado por un cirujano experto en todo momento. Sin embargo, el entrenamiento complementario de los cirujanos discentes se puede llevar a cabo con la observación de la intervención y su análisis pormenorizado posterior.

La observación de la intervención quirúrgica se realiza en un aula donde se retransmite la señal del monitor del sistema óptico del equipo de endoscopia, y las imágenes (desde diferentes ángulos) y sonido del quirófano. De esta forma, el resto del grupo de discentes puede seguir en tiempo real la intervención. La intervenciones quirúrgicas se graban para poderlas utilizar en sesiones de análisis posteriores.

Sesiones de análisis y debate

La finalidad de la sesiones de análisis y debate tras la intervención en quirófano es el aprendizaje y no la evaluación. La *sesión de análisis y debate* es un tiempo de reflexión y de revisión conjunta (discentes-docentes) para descubrir qué ha ocurrido durante el entrenamiento en el quirófano y qué significado tiene.

La utilización del video análisis es fundamental para el análisis de la intervención quirúrgica, además de ser una buena práctica para dirigir la discusión. En concreto, es muy útil para hacer recordar a los participantes los buenos y malos aspectos de la actuación en un procedimiento determinado.

2.5. Entrenamiento en competencias de habilidades no técnicas, en un ambiente quirúrgico realista, que permita la mejora de la comunicación eficaz y la coordinación del equipo quirúrgico, así como, la comprensión de los nuevos roles establecidos derivados de la utilización del sistema de telemanipulación da Vinci®.

Se abordan, asimismo, el entrenamiento de habilidades no técnicas. La formación específica del profesional sanitario (así como, en otro contexto, el entrenamiento de pilotos de aviación: *Crew Resource Management*), exige el entrenamiento tanto en lo referente a la ejecución técnica como a la manifestación de conductas ajustadas. Puntos clave[5] son: el entrenamiento en liderazgo, orientación al problema, comunicación efectiva, creación de ambiente de equipo, delegación de tareas, anticipación, comprobación cruzada de la información disponible, reevaluación continua de los problemas, prevención de los errores de fijación y entrenamiento conjunto de equipos multidisciplinares. La utilización de una escenografía lo más completa y veraz posible, y sesiones de análisis soportadas por grabaciones en vídeo, son la base del entrenamiento de profesionales que, además de optimizar sus conocimientos científico-técnicos, han de llegar a conseguir una profunda comprensión de las situaciones más críticas, en las cuales, la capacidad de trabajo en equipo, la coordinación de actividades complejas, la capacidad de aprender de los errores o de reconocer cuándo pedir ayuda: son elementos decisivos para la resolución de situaciones de crisis.

2.6. Apoyo mediante metodología e-learning (teleformación). La utilización de herramientas Web como apoyo y soporte, permite la creación, adquisición y distribución de contenidos de aprendizajes, complementando a la actividad presencial.

El uso de herramientas Web, como apoyo y soporte del proyecto, incluye el concepto de *e-learning 2.0*, que va más allá de la limitación de las plataformas de apren-

5 (Gaba DM, Fish Kj, Howard SK., 1994)

dizaje virtual, y que concibe a la Web como un conjunto de herramientas que posibilita la creación, adquisición y distribución de contenidos de aprendizaje —una visión de la Web como plataforma de aprendizaje—.

La formación entendida al margen de las nuevas tecnologías requiere coincidencia espacio-temporal entre alumno y profesor. Hasta una nueva convocatoria de taller o actividad quirúrgica no existe, en principio, labores de aprendizaje tutelado. Aplicando la filosofía del *e-learning 2.0*, la creación de una red de personas –discentes, docentes/expertos- conforman una comunidad virtual (interacciones, vinculaciones y relaciones vía Web) de larga duración, más allá de las acciones formativas puntuales.

De esta forma, se consigue unir los beneficios de ambos conceptos (*e-learning* y redes sociales) permitiendo conseguir un modelo pedagógico más flexible (basado en el autoaprendizaje, el trabajo colaborativo y el apoyo del equipo docente) y potenciarlo mediante el intercambio de experiencias prácticas de cada uno de los participantes en su labor cotidiana en su centro de referencia, más allá del periodo temporal limitado por la acción formativa

2.7. Retransmisión en directo de intervenciones o prácticas que se desarrollan en CMAT o, en su caso, en cualquier otro Centro (de carácter hospitalario o institución de formación, a nivel nacional o internacional). Especialmente, se incorpora el "teleconsejo" de especialistas desde su propia institución.

Un nuevo paso a emprender es la transmisión de eventos/intervenciones a los centros del Sistema Sanitario Público, lo que propiciará trabajar junto a los expertos de la Red Corporativa de la Junta de Andalucía, para dotar a la red de nuevas funcionalidades (QoS, multicast) y contenidos. Se profundizará en la viabilidad de Televisión por IP (IPTV) y de otros tipos de servicios interactivos. Para la comunicación con centros no ligados al acuerdo de la Red Corporativa de la Junta de Andalucía, se empleará Internet, medio de comunicación de datos más universal, lo que permitirá la utilización del Centro de Acceso Único (CAU) con servicios innovadores hacia Internet, garantizándose todas las medidas de seguridad y confidencialidad necesarias en este tipo de transmisión de información.

En todo caso, la utilización de estos servicios innovadores de comunicación permite incorporar el "teleconsejo" de especialistas en cirugía laparoscopia y robótica desde su propia institución.

3. PROGRAMA DE CIRUGÍA ROBÓTICA DE IAVANTE

La Fundación IAVANTE es una organización dependiente de la Consejería de Salud, que tiene como misión facilitar y promover el desarrollo y entrenamiento integral de profesionales sanitarios a través de las más innovadoras metodologías didácticas, (entre las cuales se encuentra la simulación clínica), así como, impulsar la investigación e innovación en nuevas tecnologías de aplicación en el sistema sanitario, especialmente las basadas en las tecnologías de la información y la comunicación.

IAVANTE intenta gestionar el entrenamiento de los profesionales sanitarios desarrollando programas de formación al más alto nivel, en la búsqueda continua de la excelencia, manteniendo siempre en el horizonte la necesidad imperativa de optimizar la seguridad del paciente.

En IAVANTE, los contenidos de las acciones formativas se diseñan para su adecuación al entrenamiento específico de las competencias requeridas por los procesos asistenciales, y utiliza metodologías innovadoras —empleadas de forma individual o combinada en función de las necesidades requeridas para cada compe-



Figura 5. Centro Multifuncional Avanzado de Simulación e Innovación Tecnológica (CMAT).

tencia— gracias a la flexibilidad que permiten las infraestructuras con que cuenta en CMAT. Estas metodologías innovadoras son: la simulación robótica, la simulación de realidad virtual y la simulación escénica con pacientes estandarizados y *role play*, además de la metodología *e-learning* mediante su plataforma de teleformación.

La metodología de *simulación robótica* emplea robots y maniquís que accionan y reaccionan de forma similar al ser humano en determinados procesos patológicos, permitiendo al participante actuar en entornos similares a la realidad y adquirir destrezas en técnicas simples o complejas que, por su carácter invasivo, no pueden ser adquiridas mediante actuaciones reales. La metodología de simulación robótica trata de poner al alumno en situaciones complejas para el entrenamiento de competencias y destrezas que le permitan abordar esa y otras situaciones en su actividad cotidiana con la seguridad de conocer las técnicas y disponer de las habilidades necesarias para su afrontamiento.

La simulación virtual, mediante software específicos de imagen sintética y realidad virtual, recrea entornos anatómicos reales donde el alumno puede entrenarse en el manejo de la herramienta exploratoria, en el conocimiento anatómico de zonas concretas y en el diagnóstico y tratamiento de múltiples lesiones (CMAT dispone de simuladores para el entrenamiento en técnicas de gastroscopia, broncoscopia, colonoscopia, urología, ecografía intraabdominal, punción percutánea renal y simuladores de cirugía laparoscópica, entre otros.)

La metodología de simulación escénica posibilita que actores entrenados simulen situaciones en las que la relación interpersonal tiene gran impacto, como sucede, por ejemplo, en las entrevistas clínicas. La simulación se desarrolla en escenarios que reproducen con la mayor fidelidad posible, los entornos donde se producen estas situaciones para facilitar la inmersión del alumno en cada caso.

Al Implantar un programa integral de entrenamiento en cirugía endoscópica y robótica en CMAT, Iavante ha establecido como objetivos:

- Potenciar el aprendizaje del manejo de los equipos de cirugía robótica y endoscópica por los profesionales implicados.
- Potenciar el aprendizaje de todas las técnicas quirúrgicas para las distintas especialidades.
- Promover la experimentación de nuevas técnicas quirúrgicas alternativas.
- Propiciar la utilización de estas tecnologías en otras tipos y especialidades quirúrgicas.
- Explorar posibles nuevos roles del equipo quirúrgico en su conjunto.
- Abordar programas específicos de formación de residentes.
- Promover la colaboración científica con centros hospitalarios que utilicen estas tecnologías para buscar sinergias en el viaje hacia la mejora continua.
- Potenciar la investigación sobre resultados en salud con cirugía robótica y endoscópica, que permita la generación de una evidencia sólida, especialmente con relación a la seguridad del paciente y a la definición de los procedimientos que más se benefician de su aplicación.

El programa en cirugía robótica contempla el desarrollo de los siguientes tipos de acciones formativas:

3.1. Cursos de acreditación para la utilización del "da Vinci® Surgical System"

Se ha establecido un programa para la acreditación de equipos médicos —en colaboración con Intuitive Surgical y Palex Medical SA — para la utilización del "*da Vinci*® Surgical System".

3.2. Entrenamiento para el manejo del sistema quirúrgico da Vinci®

Acciones formativas que permitan optimizar el manejo del sistema quirúrgico de telemanipulación robótica por los equipos quirúrgicos (cirujanos/as y enfermeras/os) que comiencen a trabajar con el robot en sus centros hospitalarios, y posibiliten, asimismo, el adiestramiento de los cirujanos en la consola.

El manejo del sistema quirúrgico incluye aspectos como la disposición adecuada del quirófano, la óptima preparación y colocación del paciente, la posición idónea de los trócares, la ajustada aproximación del robot y la colocación precisa de los brazos electromecánicos de *da Vinci*.

Las destrezas en la consola abarcan la precisión, la amplitud de las trayectorias, la fuerza de prensión, la coordinación bimanual y la rapidez de ejecución.

3.3. Abordajes quirúrgicos asistidos por robot

Acciones formativas específicas, dirigidas a los cirujanos que ya tienen en su ambiente laboral la posibilidad de trabajar con el sistema quirúrgico de telemanipulación "*da Vinci*® Surgical System". Inicialmente:

- Cirugía robótica urológica
- Cirugía robótica ginecología
- Cirugía digestiva robótica
- Cirugía robótica cardiovascular

Se realiza el entrenamiento de procedimientos quirúrgicos con el robot utilizando modelos experimentales animales (fundamentalmente la especie porcina), en un entorno que reproduzca verazmente la realidad clínica y su contexto.

Se afrontan técnicas quirúrgicas específicas de Urología, Ginecología, Cirugía Digestiva y Cardiovascular según la acción formativa de que se trate, y con dificultad creciente.

3.4. Acciones formativas mixtas: cirugía laparoscópica estándar y asistida por robot

Acciones formativas dirigidas a cirujanos que desean explorar las técnicas de mínima invasión:

- Cirugía laparoscópica y robótica urológica
- Cirugía laparoscópica y robótica ginecología
- Cirugía General y Digestiva laparoscópica y robótica

3.5. Cirugía robótica experimental:

- Cirugía vascular y cardiovascular
- Cirugía torácica
- C. robótica transoral de cabeza y cuello
- C. robótica de la base del cráneo
- C. robótica pediátrica
- y otras.

La cirugía robótica experimental en modelos animales o humanos permite avanzar en técnicas quirúrgicas con relación a especialidades que todavía no han profundizado en el abordaje asistido por robot.

Es una línea de trabajo de singular importancia para el desarrollo de la cirugía robótica del futuro en Andalucía y con indudable trascendencia internacional.

3.6. Sesiones de cirugía robótica específicas

Acciones formativas ad hoc, en las que se entrenan técnicas específicas con cirugía laparoscópica asistida por robot, según requerimiento de equipos médicos concretos, con base en su experiencia previa con estos sistemas de abordaje quirúrgico y sus necesidades de desarrollo o aplicación inmediata sobre casos clínicos determinados.

Un programa de entrenamiento en marcha

La Fundación Iavante inició en el mes de mayo de 2008 el programa de formación integral de cirugía, contemplando el entrenamiento en tres grandes

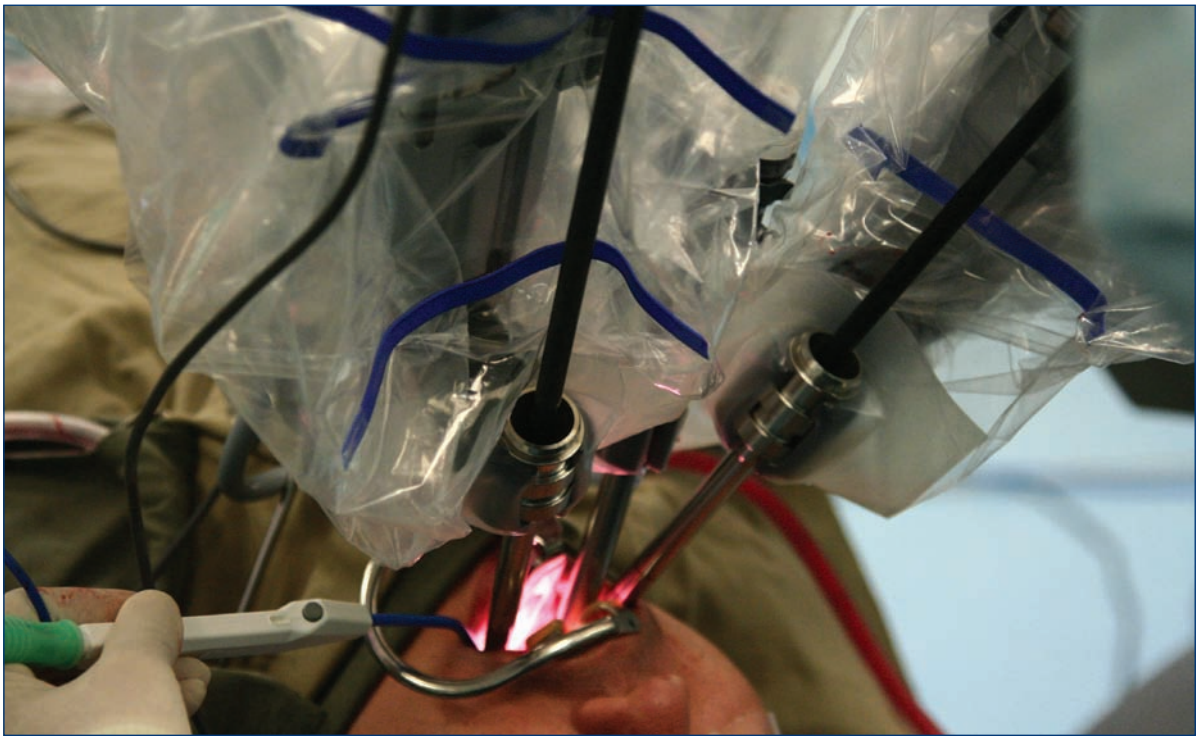


Figura 6. Cirugía robótica experimental transoral. CMAT, Granada

áreas, en el campo de la *cirugía mínimamente invasiva:*

- Cirugía endoscópica
- Cirugía Robótica
- Microcirugía

En cirugía robótica, desde su implantación hasta la fecha, se han desarrollado 42 acciones formativas, con un total de 171 alumnos.

Más 40% de estos alumnos provienen de hospitales andaluces mientras que el resto son de hospitales de otras comunidades autónomas donde también disponen de este sistema quirúrgico, así como, de algunos países europeos.

Por especialidades, tres de cada cuatro profesionales de los que han acudido a recibir este entrenamiento pertenecen a la especialidad de urología. El resto son de ginecología (15%), cirugía General y digestiva (6%) y cardiología (4%).

El grado de satisfacción de estas acciones formativas para pequeños grupos de profesionales es altísimo, próximo al 97%.

4. CONCLUSIONES

En los últimos años, la cirugía endoscópica se está imponiendo definitivamente a la cirugía abierta, ya que reúne importantes ventajas, como son: menor estancia hospitalaria, menor dolor postoperatorio, menor daño a los tejidos, menor pérdida sanguínea y más rápida incorporación social y laboral.

El principal problema de la cirugía laparoscópica es el prolongado tiempo de la curva de aprendizaje. Por ello, en los próximos años, debe llevarse a cabo un esfuerzo para facilitar el entrenamiento de los profesionales implicados que permita el desarrollo de estas técnicas laparoscópicas que, objetivamente, influirán en una mayor calidad en la atención a los pacientes.

Los nuevos avances tecnológicos en el campo de la laparoscopia asistida por robot permitirá la consolidación de este paradigma emergente en *cirugía mínimamente invasiva.*

Para afrontar este reto, Iavante ha puesto en marcha un proyecto de formación integral en cirugía robótica, que incorpora metodologías didácticas innovadoras y que posibilita el entrenamiento en el manejo del sistema quirúrgico de telemanipulación *Da Vinci®*, el entrenamiento de procedimientos quirúrgicos con modelos experimentales animales y humanos en un entorno que reproduce verazmente la realidad clínica, entrenamiento de casos específicos diseñados con relación a errores médicos evitables, y el entrenamiento del equipo quirúrgico en competencias de habilidades técnicas y no técnicas.

Con este proyecto de formación se facilitará el aprendizaje del manejo del robot por todos los profesionales implicados, así como, el aprendizaje de las técnicas quirúrgicas de las distintas especialidades. Por otra parte, se promueve la experimentación de nuevas técnicas quirúrgicas alternativas y utilización de esta tecnología en otras tipos y especialidades quirúrgicas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo C. *Cirugía robótica* (2005) Elementos 58, Vol. 12, Página 13-17

http://www.elementos.buap.mx/num58/htm/13.htm [fecha última consulta 19 Sep 2009]

- Gaba DM, Fish Kj, Howard SK. (1994) *Crisis Management in Anesthesiology*, Churchill Livingstone Inc, New York-Edinburgh-Melburne-Madrid-Tokyo.
- Chaves J. (2004) *Simulación y entornos de aprendizaje: entrenamiento de competencias clínicas y relacionales.* Monografías Iavante: http://www.iavante-fundacion.com/portal3D/monografias/principal3.htm [fecha última consulta: octubre 2009]
- Intuitive Surgical® da Vinci® Surgical System. (2005) Disponible en URL: http://www.intuitivesurgical.com/products/index.aspx . [fecha última consulta: octubre 2009]
- Llanos A., Villegas R. (2006) *Cirugía robótica mediante el sistema de telemanipulación robótica da Vinci® en prostatectomía.* Informes, estudios e investigaciones. Ministerio de Sanidad y Consumo, Ed. Agencia de Evaluación de Tecnología Sanitaria de Andalucía, Sevilla.
- Tooher, R., Pham, C. (2004) *The da Vinci surgical robotics system*: Technology overview ASERNIP-S. Adelaide: ASERNIP-S; Report Nº 45
- UnitedHealthcare. Oxford. (2009), *Robotic-Assisted Surgery* https://www.oxhp.com/secure/policy/robotic_assisted_surgery_061509.html. [fecha última consulta: octubre 2009, fecha actualización: 15 de junio 2009]

Participamos de los cambios en la Sanidad

La necesidad de innovación

Las TIC tienen la capacidad de modernizar la asistencia sanitaria fomentando una gestión de calidad y la eficiencia del servicio. La sanidad se encamina hacia un modelo centrado en el paciente y la innovación es el principal catalizador del cambio.

En Informática El Corte Inglés somos conscientes de todos los cambios que se están produciendo y queremos trabajar, desde la perspectiva de nuestra experiencia, en la búsqueda de soluciones compartidas.

Nuestro compromiso con los Servicios de Salud es generar sistemas de información que mejoren la gestión y la calidad y que, por tanto, produzcan un beneficio para los pacientes y los ciudadanos.





INFORMÁTICA

El Corte Inglés



TiCares.
The Global HealthCare Solution

La solución global TiCares es la respuesta de Telvent a las demandas del sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación dedicadas a la salud de los ciudadanos.

TiCares desarrolla, innova, implanta y mantiene sistemas de información que gestionan los servicios de salud.

www.telvent.com

DE LA VIRTUALIZACIÓN DEL ESCRITORIO A LA VIRTUALIZACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Entrevista a JUAN ANTONIO NIETO,
Director del Sector Público de Citrix Systems Ibérica

Citrix acaba de lanzar al mercado XenDesktop 4, producto que aúna las funcionalidades de virtualización de escritorios y aplicaciones, y como otras veces contamos con Juan Antonio Nieto para aclarar algunos conceptos.

P: ¿Cuáles son los beneficios a nivel cliente?

R: El interés despertado por soluciones VDI está haciendo que muchas organizaciones valoren la posibilidad de implementar la virtualización de escritorios. Sin embargo, la mayoría se queda en una mera prueba debido, principalmente, a que no satisface las necesidades de todos los usuarios potenciales y el plazo de retorno de la inversión es elevado.

Por esta razón la coexistencia de virtualización de aplicaciones y escritorios es cada vez mayor (normalmente en un ratio 90% aplicaciones y 10% escritorios). Con Citrix XenDesktop, los responsables informáticos no tienen que preocuparse de qué tecnología utilizar para cada usuario, sino que lo hace de una forma totalmente dinámica. Una misma licencia puede utilizarse para aplicaciones o para escritorios.

P: ¿Por qué es necesario diferenciar entre escritorios y puestos de trabajo?

R: Esto no es como virtualizar servidores en donde el usuario no es partícipe en absoluto. En la virtualización de puestos existe un elemento clave: el usuario. Este hecho nos obliga a que el usuario no vea dañado su puesto de trabajo, con total independencia de qué tipo de usuario sea. Si es un usuario estándar hay que darle las aplicaciones de mayor utilización, si necesita un PC potente se le deba garantizar la potencia que necesita, si es un usuario de una tercera compañía etc.,…. Esta es la diferencia entre Puesto de Trabajo y Escritorio, ¡y no es nada nimia!

P: ¿… Y esta diferenciación no la consigo con VDI?

R: VDI es únicamente una solución para la virtualización de ciertos puestos de trabajo. En la actualidad



únicamente existe en el mercado una solución completa de Virtualización de Puestos de Trabajo , y esta solución es Citrix XenDesktop 4. De hecho Citrix contempla una versión VDI como producto de nivel entrada (esta versión no incluye las funcionalidades de XenApp).

P: ¿Cómo afecta este lanzamiento a los clientes actuales de Citrix?

R: Es una excelente oportunidad para ellos. Con objeto que los clientes actuales de Citrix se puedan beneficiar de la virtualización completa de los puestos de trabajo, hemos lanzado un programa de migración que permite obtener hasta 2 licencias de XenDesktop 4 por cada licencia de XenApp, Presentation Server o Metaframe. Nuestra recomendación es que todo cliente Citrix se ponga en contacto con nosotros para analizar la posible migración a XenDesktop 4.

Muchas gracias Juan Antonio, una vez más debemos felicitarnos de tenerte con nosotros y de las excelentes noticias que has compartido con nosotros.

Carlos Sáenz
LEWIS - Global Public Relations
http://www.lewispr.es



iSOFT trabaja con las organizaciones sanitarias aportando soluciones innovadoras que les permitan conseguir la máxima eficiencia y calidad en sus servicios.

Creamos un modelo nuevo de cooperación entre todas las personas involucradas en el proceso asistencial, facilitando la prestación de servicios más cómodos, eficientes y rápidos para el paciente. Nuestra tecnología sitúa al ciudadano en el centro del sistema sanitario, ofreciendo soluciones 100% clínicas que garantizan eficacia y excelencia asistencial.

Con más de 25 años de experiencia en el sector, garantizamos un conocimiento especializado que nos permite comprender sus necesidades y ofrecerles la mejor solución.

www.isoftsanidad.es

iSOFT

Solicitud de Ingreso en la Sociedad

Datos Personales

Apellidos

Nombre | Fecha de nacimiento | D.N.I./Pasaporte | Sexo

Domicilio | Localidad

C. Postal | Provincia | Prefijo | Teléfono | Fax

Correo electrónico | Página Web

Titulaciones

Titulación | Otra

Datos Profesionales

Nombre de la Empresa o Institución

Departamento/Sección | Cargo desempeñado en la actualidad

Domicilio | Localidad

C. Postal | Provincia | Prefijo | Teléfono | Fax

Correo electrónico | Página Web

Datos de Domiciliación Bancaria de Pagos

Banca o Caja de Ahorros | Dirección de la Sucursal

Localidad de la Sucursal | Código Postal | Provincia

Entidad/Oficina/D.C./Número de cuenta | Titular de la Cuenta

Les ruego que con cargo a mi cuenta (arriba indicada con 20 dígitos) atiendan hasta nuevo aviso las órdenes de pago (75 euros/año el primer año y 45 euros/año los sucesivos) que presente la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE INFORMÁTICA DE LA SALUD a nombre de _____

___ / ___ / ___

NOTA: A devolver cumplimentado y firmado a:

CEFIC. Secretaría Técnica
C/ Enrique Larreta, 5 • Bajo Izda
28036 Madrid
Tlfno: 91 - 388 94 78 • Fax : 91 - 388 94 79
e-mail: cefic@cefic.com

Firma del Titular

De acuerdo con la Ley Orgánica 15/99, de 13 de diciembre sus datos de carácter personal están integrados en un fichero para su tratamiento automático según los principos establecidos de confidencialidad, integridad y disponibilidad de datos. Solicitamos su autorización para que tales datos sean utilizados por nosotros para su inscripción.

Fecha: Firma: