EXPERIENCIA DE USO DE REDES COLABORATIVAS PARA EL DISEÑO DE DISPOSITIVO DE BAJO COSTO EN EL AULA

Camilo Pérez, Daniel Romero, Mario Andrade

Universidad Autónoma de Occidente
Cali, Colombia

Resumen

Este trabajo analiza el uso de las redes colaborativas implícitamente ofertadas, para la solución de problemas al diseñar dispositivos biomédicos. El proyecto se realizó bajo la asignatura de Diseño Biomecánico 2 de la Universidad Autónoma de Occidente, teniendo como objetivo diseñar e implementar un prototipo de un brazo robótico de bajo costo que supla la actividad de alimentarse. Se investigó el problema en base a estadísticas recientes en Colombia, en el campo de rehabilitación y terapia ocupacional, se determinó una metodología para llevar a cabo el desarrollo del dispositivo y finalmente se obtuvo el prototipo del brazo robótico, fabricado en el FabLab Cali. La experiencia demuestra que, al involucrar diferentes instituciones universitarias en el desarrollo del dispositivo, llevó a culminar de manera rápida y eficiente el proyecto cumpliendo con los objetivos propuestos.

Palabras clave: rehabilitación; diseño; redes de colaboración

Abstract

This paper analyzes the use of implicitly offered collaborative networks for problem solving when designing biomedical devices. The project developed in the subject of Biomechanical Design 2 of the Autonomous University of the West, aims to design and implement a prototype of a low cost robotic arm that supplies the feeding activity. The problem was investigated based on recent statistics in Colombia, in the field of rehabilitation and occupational therapy, the methodology was determined to carry out the development of the device and finally the prototype of the robotic arm was implemented, manufactured in FabLab Cali. Several university institutions were involved

in the development of the device, which led to a fast and efficient completion of the project in compliance with the proposed objectives.

***Keywords**: rehabilitation; design; collaboration networks*

1. Introducción

Los constantes avances en robótica desde sus comienzos han permitido ampliar las líneas de aplicación en la ingeniería para solucionar diversos problemas (Cárdenas, 2017). El uso de la tecnología en el campo biomédico es de mucha importancia, ya que las soluciones son más eficientes y óptimas para los usuarios, el término que se emplea para el uso de dispositivos o herramientas utilizadas que les permiten a los usuarios en situación de discapacidad involucrarse en las mismas actividades de sus pares se denomina assistive technology (Borja C. 2012).

Las personas con una alteración neuromuscular motora tienen dificultades para realizar diversas actividades, específicamente las personas con lesiones a nivel cervical c5/c6 tienen limitaciones en sus actividades debido a que pierden movilidad en el miembro superior, dificultando movimientos de flexión, extensión, supinación o rotación. Si bien algunas personas conservan rangos de movilidad en sus miembros superiores, necesitan asistencia de un tercero o dispositivos de apoyo adecuados, como sillas de ruedas eléctricas con control manual (Polo S. 2004).

El fin del presente proyecto consiste en el desarrollo de un dispositivo que permita recobrar la autonomía del paciente en la actividad de la alimentación, promoviendo su independencia y mejorando su participación social. Para cumplir con este objetivo es necesario conocer la alteración fisiológica, su participación y algunos términos que se emplearán para la clasificación de esta. El uso de las redes colaborativas como una herramienta más de trabajo, generan que las soluciones diseñadas sean cada vez más eficientes a medida que se usa un conocimiento ya probado para llegar a un fin estipulado (Caldeiro G. 2013), por lo que en el desarrollo del proyecto se tuvo colaboración de instituciones universitarias, y de algunos docentes asociados a estas, en el planteamiento de las alternativas de solución al problema mencionado.

2. Desarrollo de la experiencia

Cada experiencia de trabajo en un aula es particular tanto por cómo es direccionada, como por las decisiones de los estudiantes en cuanto a qué herramientas sean usadas para llegar a resolver el problema planteado, esto en la formación en ingeniería biomédica, es de vital importancia pues la situación problema que origina la experiencia es de características reales, es decir, afecta a una población o a un individuo particular, por lo que la solución planteada debe no ser solo vista desde una sola perspectiva. Es en este contexto en que se desarrolla el trabajo de curso.

El proceso de diseño del brazo robótico para alimentación se fundamenta en la construcción de prototipos planteada por Ulrich (2013), el cual define un prototipo como "una aproximación al producto en una o más dimensiones", donde el objeto de interés es diseñar un brazo robótico que permita suplir la actividad de alimentarse. El tipo de prototipo a implementar es un prototipo físico alpha (tangible) para experimentación. Se determinaron cuatro etapas principales, las cuales abarcan desde investigación del problema hasta el desarrollo del dispositivo que se muestran en la tabla N.1.

Tabla N.1. Metodología para la construcción del prototipo de brazo robótico

ETAPAS Y PROCEDIMIENTOS		SEMANAS							
No		1	2	3	4	5	6	7	8
1	**Análisis y planteamiento**								
1.1.	Identificación de la necesidad								
1.2.	Planteamiento y formulación del problema								
1.3.	Indagación Con Profesionales y Pacientes								
1.4.	Definición de objetivos								
2	**Desarrollo del concepto de diseño**								
2.1.	Determinación de requerimientos								
2.2.	Especificaciones en ingeniería								
2.3.	Generación de conceptos								
2.4.	Selección de alternativas de solución								
3	**Diseño en detalle**								
3.1.	Definición de subsistemas								
3.2.	Diseño mecánico (estructura y rangos de movimiento)								
3.3.	Diseño electrónico (secuencias de movimiento)								
4	**Fabricación y pruebas**								
4.1	Fabricación del prototipo								
4.2	Evaluación del movimiento								

Para el desarrollo del proyecto se optó, a partir de la instrucción del docente tutor, por el uso de redes de aprendizaje, entendido como aquel que se produce en el marco de un entramado de vínculos sociales, tanto físicos como virtuales (Caldeiro G. 2013). Esto, que inicialmente es dictado por el docente, es la forma en la que los estudiantes, de manera autónoma, luego de ser partícipes, se aplican a la práctica con el usuario en cuestión. De la caracterización de las redes de colaboración realizada por Kopler (2009, citado por Sloep y Berlanga, 2011) los puntos clave que intervienen en cada una de las etapas son: Intercambio de experiencias y conocimientos con otros, autoevaluación y evaluación entre pares, apoyo a otros participantes de la red, y búsqueda de recursos de aprendizaje. Es así como durante las cuatro etapas se tuvo una retroalimentación constante con docentes e investigadores en cada área.

3. Situación problema

La Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) define la discapacidad como un término genérico que abarca deficiencias, limitaciones de la actividad y restricciones a la participación. Se entiende por discapacidad la interacción entre las personas que padecen alguna enfermedad (por

ejemplo, parálisis cerebral, síndrome de Down y depresión) y factores personales y ambientales (por ejemplo, actitudes negativas, transporte y edificios públicos inaccesibles y un apoyo social limitado.

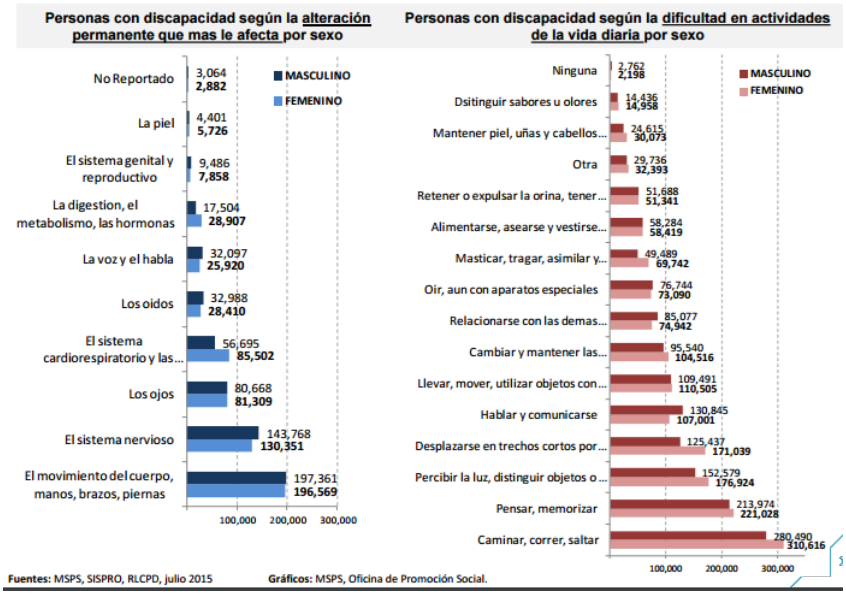
Para síntesis y estructuración del proyecto se ha plasmado la población objetivo los pacientes con lesión o alteración a nivel de la médula espinal C5 / C6.

Según la clasificación CIF (2001) anteriormente plasmada se ha dado los siguientes parámetros de estandarización de conceptos para el desarrollo del proyecto en cuanto a los pacientes que se va a tratar:

- B799 Funciones neuromuscoesqueléticas y relacionadas con el movimiento, no especificadas
- S7309 Estructura de la extremidad superior, no especificada
- D550 Comer
- E1151 Productos de apoyo y tecnología para uso personal en la vida diaria

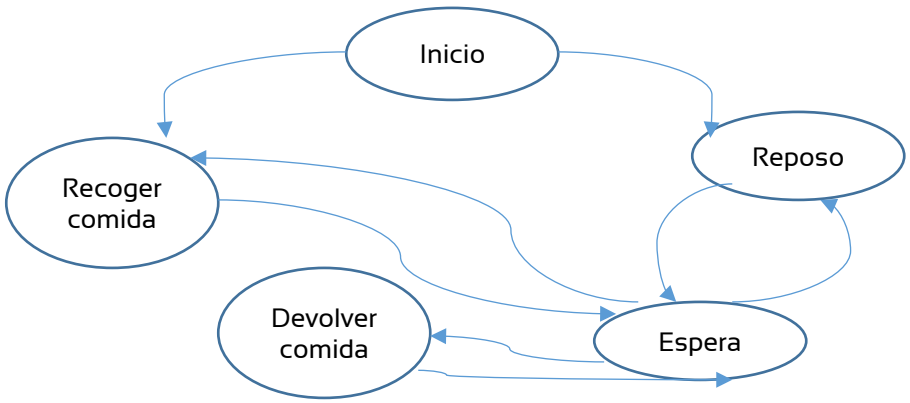
Según información recopilada del DANE, para Colombia, las alteraciones con limitaciones obedecen a diversos factores del entorno, mientras en países desarrollados los principales causantes de población en situación de discapacidad son los accidentes de tránsito en el país la gran mayoría se ve representado por accidente de tipo industrial, por el conflicto armado y por última estancia por factores congénitos, según lo anterior, en el censo realizado para el año 2005 con proyección hasta el año 2015, se logró cuantificar las personas en situación de discapacidad con limitación físicas, dando como resultado los resultados que se muestran en la gráfica N.1 (DANE, 2005) que muestra que la alteración permanente más común que afecta a las personas para julio del año 2015, fue la alteración de movimiento del cuerpo, manos, brazos y piernas, mientras la dificultad de alimentarse si bien no tiene la ponderación más alta representa un porcentaje alto en las estadísticas presentadas.

Gráfica N.1. Estadísticas de personas con limitaciones en Colombia



4. Resultados

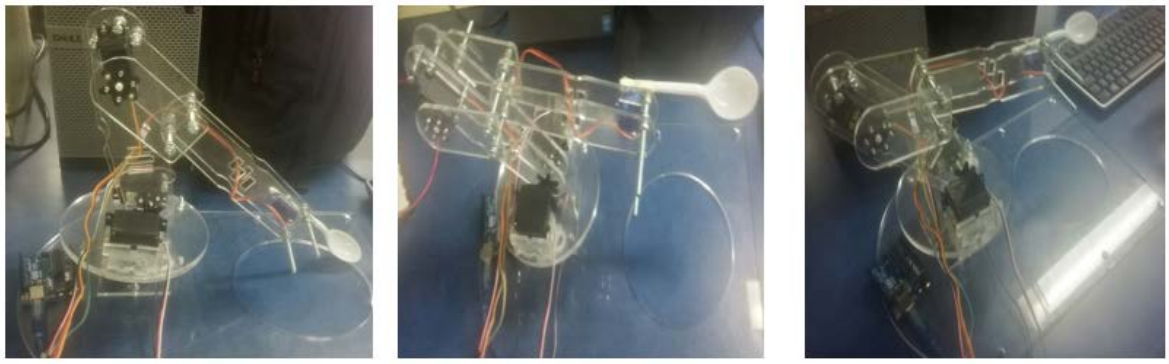
El manejo del prototipo se realizó bajo un *script* desarrollado en el software libre *Arduino* para el cual se definieron 3 secuencias que suplían los movimientos humanos necesarios para realizar la acción de alimentación.



Las secuencias están precedidas por un ciclo de espera que en el algoritmo lógico genera un delay a espera de interrupción, que mantiene la posición del brazo robótico y por consiguiente de los servomotores en las posiciones dadas previamente, dando completa autonomía al usuario sobre su movimiento. Las facilidades en cuanto a implementación de una herramienta como Arduino bajo el concepto de una red colaborativa son las inmensas bibliotecas de scripts y expertos en línea dispuestos a colaborar con el desarrollo de proyectos que disminuyen el tiempo para generar pseudocódigos.

Por otro lado, en general, el principal obstáculo encontrado en la experiencia fue el corto tiempo para llevar a cabo la metodología, pues se hizo necesario recortar algunas fases del diseño para concluir el prototipo físico, haciendo que el prototipo final si bien era funcional, no permitía una puesta en marcha del producto. Igualmente, la falta de conocimiento de las redes académicas de tecnología avanzada impidió que el proyecto se llevara a cabo de manera más eficiente.

Gráfica N.2. Brazo robótico para alimentación



El trabajo proyectado con el proyecto será fortalecido con el uso de las herramientas de las redes académicas de tecnología avanzada, siendo un proyecto colaborativo entre diversas universidades, utilizando las fortalezas de cada una ya sea en cuanto a infraestructura, o con la planta docente. Adicionalmente el uso de las redes académicas de tecnología avanzada facilitará la consecución final del proyecto como prototipo beta, usando dispositivos de análisis y laboratorios remotos, para poder realizar pruebas posteriores, con el fin de ser llevado a los usuarios finales.

Gráfica N.3. Redes colaborativas

Se tuvo colaboración de instituciones universitarias, y de algunos docentes asociados a estas, en el planteamiento de las alternativas de solución al problema mencionado como se muestra en la figura N.3. La construcción del prototipo se llevó a cabo en el FabLab Cali, la fabricación digital permitió obtener un prototipo funcional. El uso colaborativo de las redes fue transversal durante toda la consecución pues la retroalimentación fue continua con los docentes e investigadores del área de la salud y del diseño, además de contar con comprobaciones de concepto asesorados por estos.

El costo de desarrollo del prototipo de brazo robótico para alimentación de pacientes con lesión medular a nivel c5/c6 fue de aproximadamente 465.000 COP. El rubro final tuvo en cuenta recursos técnicos como software y hardware, recursos en papelería, recursos humanos y otros. Al comparar el dispositivo desarrollado frente a otros dispositivos que realizan similares funciones, se pueden contrastar la diferencia de precios ya que dispositivos como iCraft (900 USD), Obi (5400 USD) o GrainGate (6000 USD) son mucho más costosos.

5. Conclusiones

La experiencia de investigación con este tipo de herramientas abre la posibilidad de potenciar los proyectos de clase hacia proyectos con impactos reales sobre una comunidad identificada. Es así como varios de estos son planteados desde una óptica de investigación por el docente tutor, para que sean llevados a cabo con el máximo rendimiento del estudiante accediendo a las herramientas ofrecidas por las instituciones.

El desarrollo alcanzado permite generar una solución de bajo costo, cumpliendo el objetivo general del proyecto aún como un trabajo de curso. Igualmente, y gracias a la metodología de investigación llevada es posible que el dispositivo sea escalable y se puedan implementar otros módulos auxiliares tanto para control, como para potencia eléctrica o de aumento de servicios hacia el usuario. El dispositivo desarrollado presenta una alternativa al uso de personal asistencial para las personas con lesiones raquimedulares en niveles altos específicamente en la tarea de alimentación, ofreciendo una característica vital para estas, que son

1. La interacción con investigadores y expertos de las diferentes instituciones universitarias en el poco tiempo destinado al desarrollo del proyecto, generó un intercambio de conocimientos y experiencias de manera eficaz que permitió encarar de manera adecuada el problema.
2. El proyecto plantea la posibilidad de desarrollar en etapas tempranas del diseño, un dispositivo con un carácter social, siendo completamente funcional, en el marco de una asignatura, el cual puede ser escalable y continuar con su desarrollo en etapas posteriores, perfeccionando la solución planteada.
3. Las facilidades brindadas por la Universidad Autónoma de Occidente, a partir del FabLab Cali, posibilitó implementar diferentes modelos de comprobación para la construcción del prototipo. Se verificó su funcionalidad en entornos controlados y se obtuvo un prototipo completamente funcional en el tiempo estimado.

Referencias

Artículos de revistas

- BORJA C. (2012) ¿Qué es la tecnología asistiva? Universidad San Francisco.
- POLO S. (2004) Lesión Medular, guía para el manejo integral del paciente con LM crónica. ASPAYM Madrid.
- SLOEP PETER, BERLAGAN FLORES ADRIANA JOSÉ (2011), Redes de aprendizaje, aprendizaje en red en Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación, ISSN 1134-3478, N° 37, págs. 55-63

Libros

- CIF. (2001) Clasificación Internacional del funcionamiento, discapacidad y la salud. OMS.
- ULRICH K. (2013) Eppinger S. Diseño y desarrollo de productos. 5ta edición Mc Graw Hill.

Fuentes electrónicas

- CARDENAS X. Uso de la robótica en la medicina. Universidad Politécnica Salesiana. Consultado el 8 de junio de 2017 en https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/USO_DE_LA_ROBOTICA_EN_LA_MEDICINA.pdf
- CALDEIRO, Graciela Paula. (2013) El aprendizaje en red y el trabajo colaborativo en entornos mediados por tecnología. Consultado el 17 de junio de 2017 en http://www.pent.org.ar/institucional/publicaciones/aprendizaje-red-trabajo-colaborativo-entornos-mediados-por-tecnologia
- DANE, Censo 2005. Personas con limitación en 2015. Consultado el 8 de junio de 2017 en https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/sala- situacional-discapacidad-nacional-oct-2016.pdf
- ICRAFT, ROBOTIC FEEDING ARM 2014. Consultado el 8 de junio de 2017 en http://enablingengineering.org/projects2014/2016/9/9/icraft-20
- OBI, ROBOTIC ARM 2015. Consultado el 8 de junio de 2017 en https://meetobi.com/
- BRAINGATE, ROBOTIC ARM USING BRAIN GATE. Consultado el 8 de junio de 2017 en https://www.theguardian.com/science/2011/apr/17/brain-implant-paralysis-movement

Sobre los autores

- **Camilo Pérez,** Estudiante de 10 semestre de Ingeniería biomédica. camilo.perez@uao.edu.co
- **Daniel Romero,** Estudiante de 10 semestre de Ingeniería biomédica. daniel_fel.romero@uao.edu.co
- **Mario Andrade,** Ingeniero biomédico. marioandrade492@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)