

El aporte de la Biomecánica y la Ingeniería en Rehabilitación en la Ingeniería Biomédica de la EIA-CES

Andrés Torres Velásquez^{1,2,ψ}, Christian Andrés Díaz León¹, Luisa Fernanda García Muriel¹,
María Luisa Toro Hernández¹

¹ Investigador Laboratorio de Biomecánica, Línea de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación, Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica EIA-CES (GIBEC)

² Investigador Laboratorio de Prótesis y Ortesis

Recibido 7 de noviembre de 2007

Cuando el programa de Ingeniería Biomédica del convenio EIA-CES definió sus áreas de énfasis, enmarcadas dentro del contexto social y las múltiples necesidades que se tenían en el campo biomédico, estableció que la línea de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación sería su prioridad. Es así como surgió un programa que ha buscado, desde sus comienzos, fortalecerse en esta área al involucrar desde el principio a sus estudiantes, docentes y directivos, no sólo en proyectos de investigación formativa y aplicada, sino también en entes que permitan establecer políticas públicas y privadas para mejorar la calidad de vida de las personas en situación de discapacidad.

Fue en el 2001 con la preparación de los primeros trabajos de grado y proyectos integradores, como elementos motivadores hacia una cultura investigativa, cuando se empezó a fortalecer el área de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación. En ese año se planteó como proyecto integrador el diseño y construcción de una ortesis electromecánica de tobillo, en el 2002 surgió el trabajo de grado “Modelo físico del sistema cardiovascular «Dynamim»”, que simulaba diferentes aspectos, situaciones fisiológicas y patológicas del sistema cardiovascular desde un enfoque biomecánico, para ser utilizado principalmente en docencia e investigación [1]. Ese trabajo recibió mención pública por parte de la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos (SAI) y más tarde se convirtió en el primer proyecto de investigación de Ingeniería Biomédica liderado por ingenieros biomédicos del convenio EIA-CES. El proyecto se divulgó en diferentes congresos, ferias y publicaciones científicas [2-6], entre ellos el XX Congreso Colombiano de Cardiología realizado en 2003 en Cartagena de Indias por la *Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, donde recibió el tercer puesto del Premio “Ramón Atalaya”.

A partir de entonces, y en los años siguientes, en el pregrado se desarrollaron diferentes proyectos de semestre tales como el prototipo de prótesis mioeléctrica de codo [7], una prótesis de miembro inferior fabricada con materiales compuestos [8], el prototipo de control remoto intraoral para personas con discapacidad motora en el miembro superior [9, 10] (el cual recibió el primer puesto en la categoría *Docencia y Trabajos de Grado en Ingeniería Internacional 2005*), el prototipo de una mano mecatrónica [11], entre otros [12, 13], que fueron impulsando el crecimiento de la línea.

En mayo de 2005, después de consolidarse la línea de investigación en Biotecnología en Salud y Biomateriales, y contando con un espacio en la sede de pregrado de la EIA, el ingeniero Andrés Torres, docente del programa, reunió a un egresado y a dos estudiantes del último semestre para crear la línea de investigación en Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación inspirados en el trabajo de grado “Diseño y construcción de un dispositivo para el análisis de la marcha humana” [14]. Esta idea se constituyó en la primera propuesta de investigación planteada desde la Línea de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación, la cual pasó a hacer parte de las líneas de investigación del Grupo de Investigación en In-

geniería Biomédica EIA-CES (GIBEC). En ese entonces, a partir del proyecto, se presentaron al programa de Ingeniería Biomédica EIA-CES y al Comité de Investigación del convenio dos proyectos de investigación aplicada enfocadas en la rehabilitación.

El primero de estos proyectos, conocido como PodoMED [15], se planteó con el objetivo de construir un dispositivo destinado a valorar cualitativamente la distribución de las presiones plantares. Este sistema adquiere imágenes de la planta del pie y, basado en índices biomecánicos, las procesa digitalmente, con el fin de entregar al usuario un diagnóstico del tipo de pie evaluado (cavo, retrocavo, etc.), ayudando a determinar el calzado más adecuado para el paciente y los criterios para tener en cuenta en el diseño de dispositivos ortoprotésicos. A partir de este proyecto se logró construir un dispositivo capaz de otorgar información cualitativa a los especialistas del pie, herramienta útil en la valoración objetiva de sus pacientes.

El segundo proyecto desarrollado de forma paralela al PodoMED, conocido como CineMED I, es la continuación del trabajo de grado que dio origen a la línea de investigación; se planteó con el fin de crear un sistema de medición y análisis de los patrones cinemáticos de la marcha humana, incluyendo la medición de ángulos articulares, velocidades, aceleraciones y centro de gravedad. CineMED I es una herramienta de diagnóstico y tratamiento útil en los campos clínicos de la ortopedia, fisiatría, neurología y fisioterapia. Entre sus aplicaciones está cuantificar las deficiencias en la marcha de los pacientes con enfermedades en el sistema osteomuscular. Fue tal el éxito de CineMED que, terminada la primera etapa, se continuó con la segunda fase, orientada a la automatización del sistema [16, 17].

Durante el desarrollo de CineMED II, el interés por realizar estudios de la biomecánica del pie motivó el nacimiento de PiezoMED I [18], un dispositivo destinado a la valoración biomecánica del calzado mediante un sistema de plantillas instrumentadas. Este proyecto facilita significativamente el estudio objetivo y cuantitativo de las presiones durante el apoyo plantar y, por ende, aporta en las etapas de diseño en la industria del calzado. Aunque la finalidad inicial era el diseño de calzado, sus aplicaciones son innumerables, ya que por medio de esta tecnología es posible evaluar con mayor precisión pies patológicos para la prescripción y diseño de calzado y plantillas ortopédicas. Así mismo, el proyecto PiezoMED I presentó como valor agregado el acompañamiento de la empresa industrial del calzado *Cueros Vélez*, lo que realmente significó el primer acercamiento de la línea de investigación a la industria.

Para esa misma época, se inició el desarrollo de otro dispositivo llamado DinaMED, enmarcado en el trabajo de grado “Diseño y construcción de una plataforma dinamométrica” [19], que permitía estimar la fuerza vertical y anteroposterior del sujeto de estudio, contribuyendo así cada vez más a la dotación del Laboratorio de Biomecánica.

El crecimiento de la línea de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación, no sólo como una posibilidad de formación académica, sino como una posibilidad de formación investigativa y laboral, permitió que en 2005 se adecuara un espacio en la sede de pregrado de la EIA para establecer un laboratorio.

Debido al progreso de la línea de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación, en el segundo semestre de 2006, su director, Andrés Torres Velásquez, viajó a la ciudad de Tokorozawa, ubicada en las afueras de Tokio (Japón), como becario de la *Agencia de Cooperación Internacional Japonesa* (JICA) para participar en el curso “Técnica en ortesis y prótesis”. Ese curso, con una duración de tres meses, se realizó en el *Centro Nacional de Rehabilitación para Personas con Discapacidades* (NRCD) y se enfocó en el estudio de las últimas técnicas para la fabricación de prótesis de miembro inferior por debajo (técnicas de contacto total y de contenimiento isquiático) y por encima de rodilla. Durante el curso, se trabajó conjuntamente con pacientes a los cuales se les realizó adaptación de sus prótesis.

La estancia del profesor Torres en Japón le permitió participar, además, en congresos y eventos de ortesis y prótesis de talla internacional. Algunos de ellos fueron el *Congreso Asiático de Prótesis y Ortesis* y la *Feria Asiática de Rehabilitación* en los que se conocieron los últimos avances tecnológicos, con altas posibilidades de ser aplicados en Colombia. Igualmente se visitaron fábricas, instituciones y centros de desarrollo tecnológico para rehabilitación.

Tal experiencia permitió el montaje de un Laboratorio de Prótesis y Ortesis para impulsar la investigación en materiales y dispositivos en esta área. Actualmente se cuenta con un pequeño laboratorio, en las instalaciones de la sede CES de Sabaneta, dotado con equipos suficientes para realizar dispositivos ortoprotésicos. Se espera, en un futuro no muy lejano, atender pacientes mediante el trabajo interdisciplinario de diferentes profesionales, tanto de la EIA como del CES.

La consolidación de la línea se ha visto también reflejada en el desarrollo de proyectos de investigación de mayor envergadura, con financiación externa por parte de Colciencias. Así, en 2007 se inició una nueva fase del proyecto CineMED, en convenio con el Programa de Fisioterapia de la Universidad CES y la Universidad Autónoma de Manizales, que

incluye unas nuevas instalaciones para el montaje de otro laboratorio. Este proyecto busca integrar la Biomecánica y la Ingeniería de Rehabilitación mediante la evaluación del efecto del programa de intervención fisioterapéutica en el patrón de marcha de los pacientes con amputación por encima de la rodilla, mediante un sistema para el análisis de la marcha humana CineMED fase III y basado en un modelo de control y aprendizaje motor (FISO-CAM).

Para este año el área de trabajo se incrementó y permitió la creación del *Laboratorio de Biomecánica y Análisis de Marcha* en el CES de Sabaneta. Este crecimiento no ha sido sólo en la planta física, sino también en el personal, contando con un buen número de ingenieros biomédicos contratados para investigación.

Con este nuevo grupo de trabajo se empezó el desarrollo de tres proyectos específicos:

El primero está vinculado a la electromiografía superficial, área de vital importancia en el diagnóstico de la marcha patológica, la evaluación muscular y, por ende, la Rehabilitación. Recientemente se adquirió un electromiógrafo de 16 canales inalámbrico, MioLAB, con el cual se puede evaluar la actividad muscular del paciente asegurando plena libertad de movimientos, logrando naturalidad en la evaluación y mejorando la certeza en el diagnóstico. Este tipo de tecnologías permiten evaluar el comportamiento muscular en pacientes con patologías en la marcha, tal como ocurre en la parálisis cerebral, enfermedad que aún presenta altos índices de prevalencia en la población infantil. Además, sirve para el diagnóstico de patologías vinculadas a la transmisión nerviosa y al control muscular, áreas de interés de la fisiatría, fisioterapia y ortopedia. De esta forma, conociendo el patrón muscular de la marcha del paciente y comparándolo con los datos entregados por CineMED (en cuanto a ángulos articulares), se puede realizar una evaluación más global al paciente; lo que finalmente otorgará a los médicos mayores elementos de juicio para el adecuado tratamiento de las enfermedades.

El segundo proyecto cuenta con el apoyo de la *Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia* (CTA), en el marco del concurso IDEAR II. SocketMED busca desarrollar un dispositivo que cuantifique las presiones en el socket de los pacientes amputados con el fin de tomar correctivos en la alineación de las prótesis. Dicho proyecto es un claro ejemplo de la capacidad de investigación y desarrollo con la que cuenta el laboratorio, ya que involucra el aporte de la mayor parte del equipo de trabajo de la línea.

El tercer proyecto es PiezoMED II, segunda etapa del proyecto homónimo, que se dirige al desarrollo del mismo dispositivo utilizando sistemas de comunicación inalámbricos.

Desde que nació el programa de Ingeniería Biomédica EIA-CES hasta la fecha, se han venido utilizando las herramientas disponibles para la solución de los problemas y necesidades del sector salud y se ha promovido, a su vez, el desarrollo de equipos y tecnología propios. Este compromiso ha motivado la formación de investigadores y apasionados por los temas de cada una de las líneas de trabajo del programa siendo los grupos de profundización los espacios donde se logra. La línea de Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación cuenta con su propio grupo en el que participan investigadores y estudiantes de Ingeniería Biomédica desarrollando trabajos que aportan a los proyectos integradores o a la preparación de trabajos de grados. Dentro de estos se encuentra el diseño de un mecanismo para prótesis de rodilla policéntrica y el diseño de un dispositivo para la evaluación de la técnica del nado. Esta es la cuna de los futuros proyectos de investigación y de los futuros especialistas en Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación.

El proyecto del programa de Ingeniería Biomédica, la EIA y la Universidad CES es el desarrollo de un Centro de Rehabilitación Integral donde los pacientes tengan una adecuada interacción con el personal de Fisioterapia, Medicina, Psicología e Ingeniería Biomédica. Este espacio se creará con el fin de ofrecer una atención integral que permita una rehabilitación plena. Este sueño ya se ha iniciado con la construcción del nuevo bloque del CES de Sabaneta, donde se instalará, entre otros, el Centro de Rehabilitación. De esta forma, el programa y las instituciones demuestran con hechos su compromiso con la sociedad, y el férreo interés por impulsar la Ingeniería Biomédica brindando profesionales competentes en la creación de soluciones de ingeniería para la salud humana.

REFERENCIAS

- [1] Roldán A.A, García R.S. Modelo Físico del Sistema Cardiovascular. Trabajo de Grado para optar al título de Ingenieros Biomédicos. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Instituto de Ciencias de la Salud. 2002.
- [2] Osorno J.B., Barros J.F., Roldan A, García S, Salazar A. Physical model of the cardiovascular system. Dynasim. Memorias 3er Congreso Virtual de Cardiología T.C.V.C., Buenos Aires, Argentina, septiembre-noviembre 2003.
- [3] Osorno J.B., Barros J.F., Roldan A, García S, Salazar A. Modelo Físico del Sistema Cardiovascular-DYNASIM. XX Congreso Nacional de Cardiología, Cartagena de Indias, Colombia, *Revista Colombiana de Cardiología*, noviembre 2003, 11(3) 150-156, mayo-junio 2004.
- [4] Osorno J.B., Barros J.F., Roldan A, García S, Salazar A. Modelo Físico del Sistema Cardiovascular-Dynasim. Memorias I Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, Medellín, Colombia, septiembre 2003.
- [5] Osorno J.B., Barros J.F., Roldan A, García S, Salazar A. Feria de Innovación y Ciencia de ACIEM (Asociación Colombiana de Ingenieros Eléctricos, Electrónicos y Mecánicos), Medellín, Colombia, abril 2003.
- [6] Osorno J.B., Barros J.F., Roldan A, García S, Salazar A. II Feria TecnoCom, enfocada a las áreas de electrónica, telecomunicaciones e informática, Medellín, Colombia, mayo 2003.
- [7] Uribe M, Saldarriaga I.C., Bernal M, Reyes S, Torres RA, Torres A. Diseño y construcción de una articulación de codo controlada por potenciales bioeléctricos. *Revista CES Medicina*, 16(2) 39-42, agosto-diciembre 2002.
- [8] Torres A, Valencia I.C. Diseño y construcción de una prótesis de miembro inferior con materiales compuestos. Memorias II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica. Bogotá, Colombia, septiembre 2005.
- [9] Lamus C, Meza C, Moreno F. Diseño y construcción del prototipo de un control remoto intraoral como apoyo a pacientes con discapacidad de miembro superior. XV Muestra de Trabajos de Ingeniería, INGENIAR Internacional 2005, Medellín, Colombia, mayo 2005.
- [10] García C, Meza C, Moreno F. Diseño y construcción del prototipo de un control remoto intraoral como apoyo a pacientes con discapacidad de miembro superior. Memorias II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica. Bogotá, Colombia, septiembre 2005.
- [11] Gómez A, Restrepo CA. Prototipo de Mano Mecatrónica. XV Muestra de Trabajos de Ingeniería, INGENIAR, Internacional, Medellín, Colombia, mayo 2005.
- [12] Calle J, Moreno F, Baquero R, Gómez A. La expresión gráfica en la fabricación de prototipos. Descripción del proceso de un prototipo de mano derecha. *Revista CES Medicina*, 16(2) 21-26, agosto-diciembre 2002.
- [13] Torres A. Sistema para el análisis de marcha y Diseño y construcción de prótesis para miembro inferior. Feria de Ciencia y Tecnología "Física y Tecnología para Todos" Biblioteca Temática EPM. Medellín, noviembre 2005.
- [14] Díaz C; Beltrán H. Diseño y construcción de un dispositivo para el análisis de la marcha humana. Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Biomédicos. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Instituto de Ciencias de la Salud CES. 2004.
- [15] Díaz C, Torres A, García L. Sistema para la medición presiones plantares por medio de procesamiento de imágenes PodoMED; Memorias II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, Bogotá, Colombia, 2005.
- [16] Torres A, Díaz C.A., Alvarez N, García L.F. Análisis de movimiento en 2D. Integración de la ortopedia y la fisioterapia con la ingeniería, IV Jornadas Universitarias de Investigación CES, Medellín, Colombia, 2005.
- [17] Díaz C, Torres A, García L. Diseño y construcción de un dispositivo destinado al análisis de la marcha en dos dimensiones CineMED, Memorias II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, Bogotá, Colombia, 2005.
- [18] García L, Díaz C, Torres A, Torres R. Sistema de plantillas instrumentadas a la valoración del calzado PiezoMED I, IV Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica CLAIB, Isla Margarita, Venezuela, 2007.
- [19] Romero D. Diseño y construcción de una plataforma dinamométrica. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Biomédico. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Instituto de Ciencias de la Salud CES. 2006.