

LABORATORIO DE MARCHA: TRABAJO MULTIDISCIPLINARIO DE 3 UIDETS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA PARA UN DESARROLLO EXTENSIONISTA

F.A. Ferrari¹, S.E. Lozada¹, U. Urcola¹, J.O. Vera¹, J.I. Gialonardo¹, G. Zocco¹, J.R. Osio², J.A. Rapallini², E. Williams³, M. Pendón³, R. Couselo³, A. Giles⁴, R. Bogliotti⁴, M.C. Cordero¹, M.Barrientos¹, G.Reberverri¹, M.Leutvoyler¹, C.Re², A.Armanelli², M. Franzotti², F. Mattessich²

¹ UIDET UNITEC, Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación en el uso de TIC de la Facultad de Ingeniería de la U.N.L.P, Calle 48 y 116, La Plata, Argentina; ² UIDET CeTAD FIUNLP, ³ UIDET "Formulación y Evaluación de Proyectos", FIUNLP, ⁴ Departamento de Fisiatría APRILP.
flavioaferrari@gmail.com

Palabras clave: Laboratorio de Marcha, Biomecánica de la Marcha, Discapacidad neurolocomotora, Patologías de la marcha.

Introducción

Se presenta una experiencia de trabajo conjunto y multidisciplinario ejecutada en el marco de un Proyecto de Extensión Universitaria denominado Laboratorio de Marcha y Análisis del Movimiento APRILP.

Para su concreción se han reunido profesionales y alumnos de años superiores de diferentes disciplinas bajo la coordinación y dirección de la UIDET UNITEC. Intervienen otras dos UIDETs de la Facultad de Ingeniería en aspectos relacionados con cuestiones electrónicas específicas (UIDET CeTAD) y para lograr el financiamiento necesario para la implementación del sistema completo (UIDET "Formulación y Evaluación de Proyectos").

Organizaciones Intervinientes

UIDET UNITEC, UIDET CeTAD y UIDET "Formulación y Evaluación de Proyectos"

La UIDET UNITEC (Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación en el uso de TIC) es una unidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, cuya creación oficial se produce en setiembre de 2009, dedicada fundamentalmente a llevar adelante proyectos de Extensión Universitaria, sin dejar de lado otras actividades como la investigación, transferencia de conocimientos y docencia. Algunos profesionales y alumnos universitarios integrantes de la misma coordinan y dirigen el proyecto del Laboratorio de Marcha de bajo costo para APRILP. Son, fundamentalmente, profesionales y alumnos de la Carrera de Ingeniería Electrónica.



Figura1 Organigrama de la UIDET UNITEC de la FIUNLP

La UIDET CeTAD es un centro que realiza tareas de investigación en electrónica e informática, concretando transferencias hacia otras instituciones e impulsando la formación de capitales humanos en las tres áreas de incumbencia del mismo: co-diseño hardware-software, microelectrónica y computación en paralelo.

La UIDET "Formulación y Evaluación de Proyectos" de la FIUNLP, a través de un acuerdo de colaboración con UNITEC es la encargada de obtener el financiamiento necesario para el desarrollo del proyecto comprometido. Lo hace también, a través del trabajo realizado por sus profesionales integrantes y alumnos de la Carrera de Ingeniería Industrial becados al efecto. Se encuentran trabajando en la solicitud de varios subsidios de diferente origen. En todas las UIDETs se promueve la colaboración de alumnos de Ingeniería de los últimos años de la carrera para el desarrollo de competencias a través del aprendizaje por proyectos, que los acerquen a la realidad de sus futuras actividades laborales y profesionales.

APRILP, la entidad solicitante

La Asociación Pro Rehabilitación Infantil La Plata (APRILP) nace en 1959 como una entidad sin fines de lucro para enfrentar las importantes epidemias de poliomielitis de aquella época. Surge de un grupo de padres que se habían visto afectados de cerca por esa enfermedad. Se forma así la Comisión de Padres, quienes solicitan al Gobierno local les ceda algún lugar donde poder funcionar. Luego de reiteradas gestiones se les otorga el terreno de Plaza Italia entre diagonal 77 y 43 de La Plata. Con el tiempo, la poliomielitis se fue erradicando y se reconvirtió el emprendimiento para trabajar con otras patologías neurolocomotoras incorporando el equipo técnico y humano necesario para prestar servicios de rehabilitación a la comunidad.

APRILP es actualmente una Organización Social y Civil (OSC), donde sus autoridades son elegidas por asambleas. Todos los tratamientos son gratuitos y se articulan actividades con distintos hospitales de la región, como el Hospital San Martín y el Hospital de Niños: estas instituciones indican un tratamiento y luego derivan al paciente a APRILP, debido a que es un centro de referencia regional.

El lugar consta de una institución madre que es el Centro de Rehabilitación con sus consultorios, que realizan kinesiología, terapia ocupacional, fonoaudiología, psiquiatría, psicología, fisioterapia y pediatría; y de un ala que está constituida por los talleres de costura, tapicería, computación, plástica. Además funciona un taller protegido donde se realizan actividades de carpintería, pintura, porcelana fría, venta de libros. Lo producido se comercializa para sustento del Centro.

La institución tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades neurolocomotoras y propender al desarrollo del bienestar biopsicosocial brindando una rehabilitación integral e integradora.

¿Qué es un laboratorio de marcha?

El Laboratorio de Marcha es un sistema integrado que permite registrar variables asociadas al movimiento y fuerzas generadas durante la marcha de un paciente (tanto niño como adulto) en función del tiempo utilizado para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades del sistema locomotor [1-5].

El nivel de detalle y la calidad de la información provista por el equipofacilita el reconocimiento preciso de los principales problemas funcionales y su relación con la causa que los genera, información que al ser evaluada permite la interpretación de la disfunción [1]. La adecuada interpretación diagnóstica sustenta la propuesta de tratamiento más efectiva para el paciente. La selección del tratamiento puede involucrar la planificación de programas de rehabilitación kinésica funcional, la planificación quirúrgica de alta precisión orientada al menor número de tiempos operatorios y de internaciones posibles, el diseño de programas de rehabilitación postoperatoria de gran efectividad, la decisión de un tratamiento farmacológico o la evaluación de equipamiento ortésico y de asistencia [4,5].

En resumen, entre sus aplicaciones se pueden mencionar:

- Planificación de un programa de rehabilitación pre y post-operatorio.

- Reducción de tiempos quirúrgicos y tiempos de internación.
- Disminución de la cantidad de intervenciones al paciente.
- Evaluación de la necesidad de equipos de asistencia (prótesis, muletas, plantillas, etc.).

Un **análisis de la marcha** completo tiene una duración de dos a tres horas y comprende las siguientes etapas:

Examen Ortopédico. A cada paciente se le realiza examen ortopédico registrándose datos referentes a movilidad articular de cadera, rodilla, tobillo y pie. También se tienen en cuenta las contracturas musculares, deformidades angulares y torsionales de los miembros inferiores y apreciación del pie con y sin apoyo.

Adicionalmente se realiza la medición de la longitud de los miembros inferiores anotando si existen disimetrías.

Preparación del paciente El kinesiólogo adhiere en diferentes puntos clave del cuerpo del paciente marcadores reflectantes que permiten al sistema registrar los movimientos, Figura 2.



Figura2 Marcadores reflectantes

Gracias a ellos es posible realizar el análisis de la marcha, ya que permiten al software identificar puntos de interés para el médico en el paciente. Estos marcadores reflectantes pueden ser de dos tipos: Marcadores Activos, capaces de emitir luz por sí mismos o Marcadores Pasivos, fabricados con un material tal que al ser iluminados con luz (infrarroja, por ejemplo) brillan intensamente.

Registro de Video, Imágenes y Pisada. El paciente camina mientras se lo filma con un conjunto de cámaras de video (entre 4 y 8 cámaras) de alta velocidad (30 a 240 cuadros por segundo) desde distintos planos que registran el movimiento de los marcadores. Al pisar la placa sensible se envía información de la pisada. Un sistema de registro de video permite captar imágenes de frente y de perfil y realizar una observación y estudio en cámara lenta y de forma repetida tantas veces como sea necesario. Asimismo al obtener un registro objetivo facilita poder valorar y comparar a un mismo paciente en diferentes situaciones (p.ej. con o sin ortesis, con o sin uso de ayudas externas) o entre diferentes momentos (p. ej. pre y post intervención o seguimientos periódicos).



Figura 3. Registro de la pisada y registro en video de la marcha

Estos datos son transferidos a través de una red a una computadora central. El análisis computarizado de la marcha permite integrar las informaciones obtenidas en las valoraciones (revisión de la historia clínica, exploración física y análisis visual de la marcha) junto a un análisis cuantitativo de la misma. El análisis cuantitativo permite obtener una descripción de la cinemática y de la cinética del movimiento; pudiendo ser completado por un registro de la actividad muscular (EMG) durante la marcha [2].

Objetivo del proyecto conjunto

El objetivo es la implementación de un Laboratorio de Marcha de bajo costo (replicable y escalable) destinado a la institución A.P.R.I.L.P, a través del diseño desarrollado en UNITEC con la colaboración de la UIDET CeTAD, y su ejecución en la medida de los recursos económicos que se obtengan a través de la labor de la UIDET "Formulación y Evaluación de Proyectos".

En la actualidad APRILP realiza la tarea de diagnóstico y tratamiento sin herramientas tecnológicas para realizar el análisis de la marcha y no posee forma alguna de registrar datos para comparaciones futuras. Para lograr el objetivo será necesario especificar los elementos componentes: Cámaras, Marcadores Reflectantes, Placa sensible al pisado, Interfaz entre Cámaras y Computadora, Software, Accesorios e Instalación del Laboratorio. Se describen a continuación:

- **Cámaras.** Se intenta adquirir cámaras digitales del tipo «JVC Everio Gz-hm40» que reúnen los requisitos mínimos de al menos 30fps y FullHD para lograr imágenes de alta calidad, y detectar adecuadamente los marcadores sobre el paciente realizando distintas medidas sobre las capturas. Existen, hoy en día, otras cámaras llamadas «deportivas» que no poseen display, lo que disminuye significativamente su costo, siendo sus prestaciones también aceptables de acuerdo a los requerimientos especificados. Es posible montar un laboratorio de marcha con un mínimo de 2 (dos) cámaras hasta un máximo, en general, de 6 (seis). En principio, se utilizarán 4 cámaras.
- **Marcadores reflectantes.** Se utilizarán marcadores del tipo Activo, que serán diseñados y desarrollados por el grupo de trabajo haciendo uso de: LED's blancos, Interruptor ON/OFF, Baterías, Encapsulado transparente y Sistema de abrojo para adosar al paciente. Se los ha elegido para poder utilizar cámaras de video estándar y no cámaras infrarrojas de los equipos comerciales, de forma de disminuir los costos del proyecto.
- **Placa sensible para pedigráfica.** Se dispone de una placa desarrollada como Trabajo Final de la Carrera de Ingeniería Electrónica que puede ser utilizada para el presente proyecto con mínimas modificaciones. Posee una etapa de interfaz con la PC USB y Software.

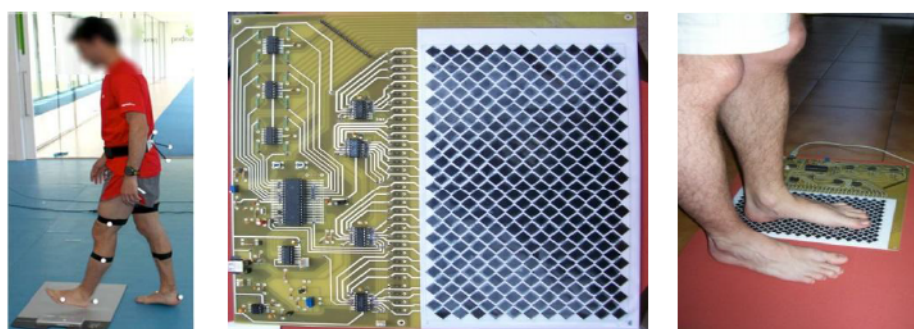


Figura 4. Placa sensible para pedigráfica

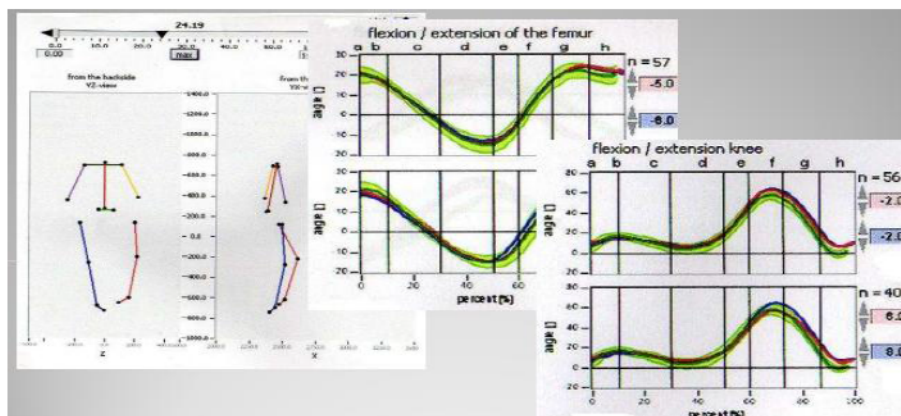


Figura 5 Software de procesamiento

- **Interfaz.** Será necesario desarrollar una interfaz para la comunicación de las cámaras con el Software. Esta deberá contar con la posibilidad de tomar la información de varias cámaras y permitirle al Software accionar sobre ellas.
- **Software.** El Software a diseñar deberá ser capaz de procesar la información y presentar por medio de videos, gráficos y tablas el resultado del análisis. Deberá ser capaz de almacenar los análisis realizados para comparaciones futuras [2,7].
- **Accesorios.** Junto con el Análisis de Marcha se pretende implementar la medición de las siguientes variables:
 Registro en tiempo real de Actividad Cardíaca y Presión Arterial
 Registro de la Actividad Muscular
 El registro en tiempo real de la actividad cardíaca y presión arterial del paciente permitirá conocer bajo qué circunstancias se efectúa el estudio. Por medio de un Electromiograma se tendrá a disposición información sobre el músculo que interviene en cada etapa de la marcha del paciente, para determinación de diferentes patologías asociadas a la musculatura [6,7].
- **Instalación del Laboratorio.** Será necesario acondicionar el lugar definitivo de instalación. Deberá estudiarse el color de las paredes, iluminación, material para el piso y pasarela del Laboratorio en APRILP, para luego instalar las cámaras, las placas sensibles y la computadora central. Para su correcta instalación y mantenimiento se deberá realizar su calibración. Con este fin se construye un Cubo de Calibración, que consta (en sus aristas) con marcadores reflectantes en puntos determinados que hacen las veces de patrón para el software, permitiendo una medida fiel.



Conclusiones

Figura 6 Cubo de calibración

Con el fin de proporcionar una herramienta de diagnóstico y tratamiento para pacientes con dificultades neurolocomotoras a instalar en APRILP La Plata, de modo de prestar atención

gratuita a quien sea derivado para ello, se ha logrado la colaboración de tres unidades de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, que han arribado al anteproyecto descrito anteriormente. El desarrollo de este equipamiento constituye un hecho altamente relevante puesto que en nuestro país sólo existe un Laboratorio de Marcha con fines diagnósticos y terapéuticos, que se encuentra bajo el ámbito de FLENI (Fundación para la Lucha contra las Enfermedades Neurológicas de la Infancia) en la localidad de Escobar.

El valor comercial de uno de estos equipos supera los 150.000 euros, por lo que implementar un Laboratorio de Marcha de Bajo costo constituye un proyecto de relevancia permitiendo el acceso a todos los pacientes que lo soliciten.

El anteproyecto se ha basado en el desarrollo de un equipo modular, escalable y replicable, con el fin de ir incrementando prestaciones a medida que se obtengan los recursos para su financiamiento.

APRILP se verá beneficiado con la implementación del Laboratorio de Bajo costo para Análisis de la marcha y del movimiento para pacientes con enfermedades neurolocomotoras para atención, en particular, de pacientes sin recursos de la Provincia de Buenos Aires, derivados de diferentes nosocomios. Contará con un proceso automatizado en la toma de datos y además tendrá la posibilidad de llevar un registro de estos datos.

Se ha trabajado con la comunidad especializada en fisioterapia y rehabilitación neurolocomotora para implementar el Laboratorio de Marcha según sus necesidades específicas.

Por último se ha trabajado en el desarrollo de competencias y compromiso social en los alumnos que participan en el proyecto.

Agradecimientos

UNITEC agradece al Biolng. Marcos Crespo y al Lic. Alfredo Toledo su predisposición para acercarnos a la tecnología implementada en el Laboratorio de Marcha de FLENI, y por su gentil asesoramiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Crespo, M. Laboratorio de marcha y análisis de movimiento. Principios básicos y aplicaciones clínicas. Arch. Neurol. Neuroc. Neuropsiquiatr. 2009, 18,(2), 49-55
2. Crespo, M. Desarrollo de herramientas de análisis y modelización en el laboratorio de marcha y estudio de movimientos de FLENI. XI Jornadas Internacionales de Ingeniería Clínica y Tecnología Médica. 2006.
3. Manzanos García, A. Análisis de la marcha. Revisión de los sistemas de análisis utilizados en la actualidad. XXXIII documento de la Sociedad Española de Fisioterapia en Pediatría. SEIP. 2010.
4. Gage, J.R: Gait Analysis in Cerebral Palsy. 2ª Ed. London, MacKeith Press, 2004.
5. Presedo A. Introducción al Análisis Cuantitativo de la Marcha. Apuntes del Seminario Fisiología y Tratamiento de los problemas ortopédicos en pacientes con Parálisis Cerebral. Postgrado de Fisioterapia en Pediatría. Universidad Internacional de Cataluña. Febrero 2012.
6. Villa Moreno, A.; Gutiérrez Gutiérrez, E., Pérez Moreno, J.C. Consideraciones para el análisis de la marcha humana. Técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría. Revista Ingeniería Biomédica. volumen 2, número 3, enero-junio 2008, págs. 16-26.
7. Cifuentes, C; Martínez, F.; Romero, E. Análisis teórico y computacional de la marcha normal y patológica: Una revisión. Revista Med, vol. 18, núm. 2, julio-diciembre, 2010, pp. 182-196 Bogotá, Colombia