



ENTRE LA INGENIERÍA Y LAS CIENCIAS BIOMÉDICAS, UNA PROPUESTA INTERDISCIPLINAR

Diana R. Varón Serna, Julio César Caicedo Eraso, Félix Octavio Díaz Arango

**Universidad de Caldas
Manizales, Colombia**

Resumen

Esta propuesta se plantea como alternativa para integrar los diferentes contextos en el que se desempeñara el futuro egresado de la ingeniería de sistemas de la universidad de Caldas. Permitiendo a este mediante la fundamentación y el desarrollo de talleres el desarrollo de laboratorios y proyectos que incluyen el análisis, diseño e implementación de soluciones reales al vincular docentes y estudiantes de ingeniería y medicina.

La aplicación de la ingeniería a las ciencias biomédicas ha consolidado una serie de disciplinas interdisciplinarias teóricas y tecnológicas para la modelización de sistemas fisiológicos, estudio de señales bio-eléctricas, instrumentación biomédica, medios de diagnóstico, monitorización, terapia, sistemas de ayuda funcional, diseño de prótesis, implementación de sistemas de información, sistemas de electro-medicina y telemedicina.

Particularmente, en el programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de Caldas, desde el año 2014, creo un curso electivo denominado "Fundamentos de Ingeniería Biomédica", orientado por profesores que cumplen con ambas áreas de actuación.

Actualmente, las ciencias biomédicas son fundamentadas en la medicina basada en la evidencia, requiriéndose de avances tecnológicos, lo que ha generado oportunidades para nuevos desarrollos ingenieriles. Una dificultad notoria en la aplicación de la ingeniería a las ciencias biomédicas es la comunicación entre profesionales, ya que sus lenguajes son diferentes. De allí la importancia que el estudiante en ingeniería adquiera los fundamentos, conozca la terminología técnica que le permita plantear soluciones al sector salud.

Palabras clave: ingeniería de sistemas y computación; ciencias biomédicas; interdisciplinariedad

Abstract

This article presents an alternative to integrate the different contexts for the future Systems and Computer Science Engineering professionals of the University of Caldas. To allow foundation and development of workshops and laboratories development projects including analysis, design and implementation of real solutions by linking teachers and students of engineering and biomedical sciences.

The engineering application to biomedical sciences has established a series of theoretical and technology for modeling physiological systems interdisciplinary disciplines, study of bio-electric signals, biomedical instrumentation, diagnostics, monitoring, treatment, support systems functional design prosthesis, information systems implementation, electro-medical systems and telemedicine.

The Systems and Computer Science Engineering program of Universidad de Caldas created in 2014 an elective course called "Fundamentals of Biomedical Engineering", guided by professors that meet both areas of activity: Engineering and Biomedical Sciences.

Biomedical sciences are grounded in evidence-based medicine, requiring technological progress, which has created opportunities for new engineering developments. A difficulty in applying engineering to biomedical science is communication between professionals of this two areas, because their specific languages are different. Hence, the importance of engineering students acquire the basics, learn the technical terminology that allows you to propose solutions to the health sector.

Keywords: systems and computer engineering; biomedical sciences; interdisciplinarity

1. Introducción

Los problemas fundamentales que enfrenta la humanidad, obligan a estudiarlos como un todo, demandando el concurso de todas las potencialidades del conocimiento humano, y exigiendo enfocarlos como complejos, inseparables y retroalimentados; de tal forma que surge la necesidad de abordar una visión integral e interdisciplinaria para resolverlos, que plantea cambios en la educación y la investigación con nuevos enfoques ínter y trans-disciplinarios. (Carvajal, 2010), a nivel universitario es necesario crear asignaturas y desarrollar programas interdisciplinarios, más flexibles con las expectativas del mundo actual; y permitir que la dinamización de la interdisciplinariedad progrese para beneficio de toda la humanidad (Van del Linde, 2007).

Actualmente, las ciencias biomédicas son fundamentadas en la Medicina basada en la Evidencia (MBE) y soportada por los avances tecnológicos, ello ha generado oportunidades para los nuevos desarrollos ingenieriles en este campo. El programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de Caldas, viene ofertando desde el año 2014, el curso electivo denominado “Fundamentos de Ingeniería Biomédica”. Generalmente la carga de establecer la comunicación recae sobre el ingeniero, presentándose diferencias conceptuales, por un lado de medidas cuantitativas y precisas de los ingenieros, y por el otro, cualitativas y empíricas de los profesionales en ciencias biomédicas, estos últimos suelen considerar a los ingenieros como simples subordinados de la parte técnica y tecnológica.

Sin embargo, las tendencias actuales en ciencias biomédicas necesitan del desarrollo y utilización de la ingeniería como un esfuerzo conjunto, con el fin de mejorar, en primera medida, los canales de comunicación interdisciplinares, lo que redundara en mejoría de equipos, técnicas y dispositivos al servicio de la salud. Las actividades académicas de integración disciplinar contribuyen a afianzar valores en profesores y estudiantes: flexibilidad, confianza, paciencia, intuición, pensamiento divergente, sensibilidad hacia las demás personas, aceptación de riesgos, movilidad en la diversidad, y aceptación de nuevos roles, entre otros (Torres, 1996).

2. Objetivos

- Mostrar nuevos y creativos enfoques para diferentes profesionales universitarios a nivel de ingeniería
- Identificar grupos de trabajo interdisciplinares para el desarrollo de nuevas tecnologías desde la ingeniería de sistemas y computación.
- Socializar los trabajos interdisciplinares realizados entre docentes y estudiantes de dos áreas programas disciplinares distintos la Universidad de Caldas
- Describir la experiencia adquirida hasta el momento en cuanto al análisis e investigación en estas áreas

3. Metodología

Se involucró en el proceso de enseñanza-aprendizaje, el contacto directo con profesionales del área de la salud, quienes plantearon problemas y requerimientos reales para que los estudiantes propongan soluciones. Adicionalmente, la propuesta se articula al trabajo interdisciplinar entre estudiantes de ingeniería y de ciencias biomédicas, específicamente entre los miembros del Semillero de Investigación en Ingeniería y Ciencias Biomédicas (SIInBio) de la Universidad de Caldas.

Esta propuesta interdisciplinar incluye el conocimiento básico de instrumentación biomédica y terapéutica con generalidades de fisiología y anatomía humana, errores en las mediciones, análisis estadístico en ciencias biomédicas, sensores, biopotenciales, bioamplificadores, procesamiento de señales biológicas, medición de eventos fisiológicos, instrumentación en laboratorio clínico, telemedicina y bioética.

En la orientación de dicha asignatura se trabajan talleres de electrónica mediante la elaboración de montajes de equipos biomédicos, visitas a empresas del sector y entrenamiento en la toma de medidas para encontrar propuestas investigativas por parte de los ingenieros con aplicación en el campo de la salud.

Para parte interdisciplinaria se invita a profesionales o estudiantes de alguna ciencia biomédicas para que presenten algún tipo de problema o proyecto a desarrollar donde sea requerido el apoyo desde las diferentes áreas de la ingeniería. Se propone un proyecto real por parte de los profesionales en ciencias biomédicas a los estudiantes de ingeniería y estos a su vez, aprenden a comunicar en el lenguaje específico del área problema y finalmente proponen y desarrollan una solución real. Esta solución puede tener desarrollo de hardware, software y, análisis de bioestadísticas.

Para una primera experiencia, se propuso el siguiente problema: Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el sobrepeso y la obesidad se definen como la grasa anormal o excesiva que se acumula y puede perjudicar la salud (WHO, 2013). El índice de masa corporal (IMC) es usado habitualmente para determinar peso insuficiente, el sobrepeso y la obesidad, se define por una medición antropométrica del peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la altura en metros (kg/m^2) (WHO 2013). Sin embargo el IMC no es un predictor preciso del grado de gordura, cuando el IMC es de $20 \text{ kg}/\text{m}^2$, la masa grasa correspondiente puede variar desde 5% a 40% del peso. Por el contrario, si la masa grasa es de 20% del peso corporal, el valor de IMC podría estar en cualquier lugar entre 15 y $30 \text{ kg}/\text{m}^2$. Comparando los resultados de IMC con la grasa corporal (medido por cualquier técnica) no son muy similares debido a que la altura en un adulto permanece prácticamente constantes (Ellis KJ 2001). Dos personas pueden tener el mismo IMC, pueden pesar lo mismo pero su porcentaje de grasa varía, así si con el IMC se cataloga a una persona normal puede que midiendo el porcentaje de grasa este en pre-obeso, y viceversa. Por otro lado, el análisis de bioimpedancia eléctrica (ABE) es una técnica sencilla, de costo relativamente económico comparado con técnicas de referencia como hidrodensimetría y dilución de isótopos, además es de bajo riesgo y si permite determinar grasa. Sin embargo en Colombia el acceso a dicha técnica para el consultorio común no es accesible. Las medidas antropométricas como estatura, peso y circunferencias corporales (muslo, brazo, cintura, cadera) son fáciles de tomar, económicas y mucho más accesibles que la AB. El propósito es desarrollar y validar una ecuación antropométrica para diagnóstico de la grasa corporal utilizando ABE como técnica de referencia.

4. Una propuesta interdisciplinaria entre la ingeniería y las ciencias biomédicas

La interdisciplinariedad puede verse como una estrategia pedagógica que implica la interacción de varias disciplinas entendida como el diálogo y la colaboración de estas para lograr la meta de un nuevo conocimiento (Van del Linde, 2007).

Esta propuesta se plantea como alternativa para integrar los diferentes contextos en los cuales se desempeñará el futuro egresado de la ingeniería de sistemas de la

universidad de Caldas. Permitiendo a este mediante la fundamentación y el desarrollo actividades tales como laboratorios en los cuales puede interactuar con profesores, estudiantes y equipos utilizados en el campo de la salud, realizar proyectos que incluyen el análisis, diseño e implementación de soluciones reales de ingeniería biomédica a nivel de prototipo colocando en práctica los conocimientos adquiridos durante su proceso de formación en electrónica.

Buscando generar un análisis coherente integral y sistematizado desde diferentes áreas del conocimiento que conduzcan a la producción de aportes verificables que den respuesta a los planteamientos sociales. Lo anterior, partiendo de la primicia que ninguna disciplina por separado, pueda dar resultados integrales (Carvajal 2010).

5. Resultados

La solución de la primera experiencia real fue la siguiente: se evaluaron 26 adultos jóvenes del Eje Cafetero con edades entre los 20 y 26 años, con IMC normal y sobrepeso pero sin comorbilidades. Los criterios de exclusión fueron tener marcapasos, implantes de silicona o prótesis metálicas (Kyle et al 2003). La **Tabla 1** muestra las características demográficas de los sujetos. Se midieron las variables antropométricas de peso, estatura, circunferencias de cintura, cadera, femoral (muslo) y braquial (brazo). Se midió la masa grasa corporal por ABE.

Tabla 1. Características de los sujetos (n=26)

Variabes	Media	Desviación Estándar
Peso	67.6	10.0
Estatura	170.5	6.3
IMC	23.2	2.8

La **Ecuación 1** muestra el resultado de la regresión lineal múltiple de la masa grasa (MG) por a partir de 6 posibles predictores: peso (P), estatura (E), cintura (Ct), cadera (Cd) muslo (M) y brazo. El brazo fue eliminado de la ecuación porque un análisis previo de correlación mostro que el modelo es más adecuado si no se incluye esta medida como predictor (11% mejor).

$$MG \text{ (kg)} = 19,58 + 0,38P - 0,43E - 6,88E-3Ct + 0,28M + 0,31Cd \text{ (1)}$$

$$r^2=0,92; \text{ Error de estimación de } 1,66364$$

La diferencia significativa fue evaluada por error estándar de estimación (EEE) obtenido por regresión lineal simple (**Figura 1**) y el método grafico de Bland & Altman (1986) (**Figura 2**).

Figura 1. Regresión Lineal Promedio MLG MM&PP.

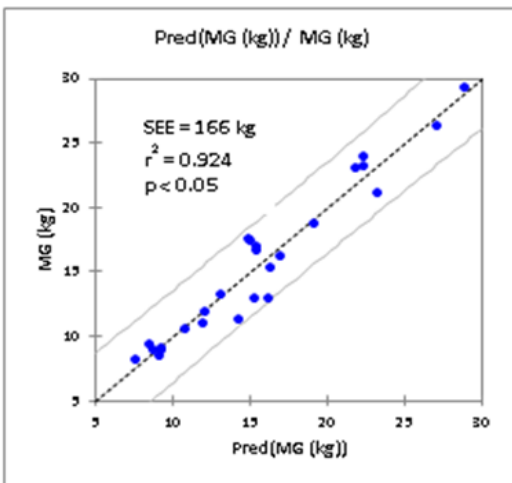
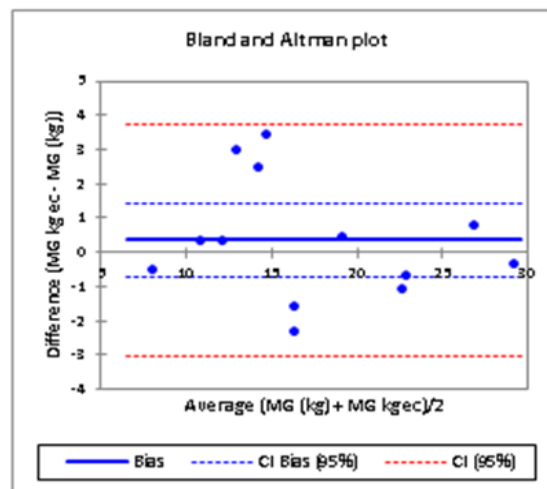


Figura 2. Correlación MLG PP&MM. Método Bland & Altman.



Por lo anterior, el ingeniero que piensa dedicarse a plantear soluciones ingenieriles para las ciencias biomédicas, debe tener una fundamentación básica sobre estas.

5. Conclusiones

Como resultados de esta apuesta interdisciplinaria, tenemos varios de nuestros estudiantes e inclusive egresados, desarrollando en su quehacer ingenieril proyectos que requieren formación en ciencias biomédicas, ya no como simples subordinados técnicos sino como miembros reconocidos y pares dentro los equipos interdisciplinares.

Esta nueva propuesta ha permitido a nuestros estudiantes estudiar un nuevo contexto para su futura vinculación laboral, puesto que el egresado de la ingeniería de sistemas de la universidad de Caldas. Identifica los requerimientos en el manejo de información, no sólo en los registros clínicos sino igualmente en la adquisición, análisis e interpretación de potenciales eléctricos producidos por eventos fisiológicos, imágenes e información de carácter epidemiológico, en los cuales podrá ofrecer sus aportes.

Todo ello enmarcado en las nuevas tendencias en innovación, desarrollo y utilización por parte del ingeniero y el personal del área de la salud en un esfuerzo conjunto, estos aportes evidencian la integración del conocimiento al entender los diferentes fenómenos, conceptos y procesos realizados desde la experimentación, análisis, desarrollo de talleres y visitas a empresas del sector de elaboración de equipos biomédicos.

6. Referencias

- Bland & Altman (1983). Measurement in Medicine: the Analysis of Method Comparison Studies.

- Carvajal Escobar, Y. (2010). Interdisciplinariedad: Desafío para la educación superior y la investigación, Luna Azul no.31 No. 31(Rev. 2010-05-11)
- Kyle et al (2003). Body Composition Interpretation: Contributions of the Fat-Free Mass Index and the Body Fat Mass Index. Vol. 19, pp 7-8
- Torres Santome, J. (1996). Globalización e interdisciplinariedad: El currículum integrado. Madrid: Morata, 1996. 72 p.
- Van del Linde, G. (2007). ¿Por qué es importante la interdisciplinariedad en la educación superior? Cuadernos de Pedagogía
- World Health Organization, 2013. Obesity and overweight, Fact sheet N°311

Sobre los autores

- **Diana R. Varón Serna.** Ingeniera Electrónica, Tecnóloga en Mantenimiento de Equipo Biomédico, Instructor en Primeros Auxilios y Soporte Vital Básico. Profesora, Facultad de Ingeniería, Universidad de Caldas. Email: diana.varon@ucaldas.edu.co
- **Julio César Caicedo Eraso.** Doctor en Ciencias Biomédicas, Especialista en Gerencia Educativa, Especialista en Telecomunicaciones, Ingeniero Electrónico. Profesor, Facultad de Ingeniería, Universidad de Caldas. Email: julioc.caicedo@ucaldas.edu.co
- **Félix Octavio Díaz Arango.** Candidato a Doctor en Ciencias Económicas y Administrativas (Universidad para la Cooperación Internacional - UCI), Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Magister en Gerencia de Programas Sanitarios en Inocuidad de Alimentos, Ingeniero de Alimentos. Profesor, Facultad de Ingeniería, Universidad de Caldas. Email: felix.diaz@ucaldas.edu.co

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

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)