

Desarrollo de la línea de ingeniería clínica en el programa de Ingeniería Biomédica de la EIA-CES: pasado, presente y futuro

Carlos Ruiz Ibáñez^{1,2}, Juan David Henao Toro², Sara Aristizábal Taborda²,
Diana Villegas Yepes², Jesús María Soto Castaño^{1,ψ}

¹Línea de Ingeniería Clínica. Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica EIA-CES (GIBEC), Colombia

²Semillero de Investigación en Ingeniería Clínica con énfasis en Telemedicina. Programa de Ingeniería Biomédica EIA-CES, Colombia

Recibido 18 de octubre de 2008

En el presente año se celebra el décimo aniversario del inicio de actividades del programa de Ingeniería Biomédica del convenio Escuela de Ingeniería de Antioquia-Universidad CES; programa de alta aceptación nacional e internacional que orienta sus recursos académicos e investigativos hacia cuatro áreas de actuación: biotecnología en salud y biomateriales, biomecánica e ingeniería en rehabilitación, bioinstrumentación, señales e imágenes médicas y por último, ingeniería clínica (IC). En esta edición de la revista se le brindará un homenaje a la IC, por lo cual describiremos, con detalle, su desarrollo en las funciones sustantivas del programa: docencia, investigación y extensión.

Acorde con las competencias profesionales del programa, un ingeniero clínico es el ingeniero encargado del desarrollo e implementación de soluciones científicas, tecnológicas y administrativas en las empresas reguladoras, promotoras y prestadoras de servicios de salud, así como en las empresas proveedoras de equipos e insumos que contribuyan con la buena gestión y desarrollo de los procesos de salud. Esto, a través de una amplia gama de conocimientos que le permitan al profesional explorar en áreas adicionales a la gestión de la tecnología como lo son la telemedicina, la gestión hospitalaria y la infraestructura física.

El origen de la línea se remonta a la creación del programa de Ingeniería Biomédica. A través de un estudio realizado a diversas IPS (Institución Prestadora de Servicios de Salud), a empresas desarrolladoras y a proveedores de suministros para el sector salud, se detectó la necesidad de formar ingenieros encargados de la gestión de la tecnología biomédica. A su vez, dicho estudio desencadenó el desarrollo curricular de la asignatura IC y su nacimiento como esfera de actuación. De esta forma, con el impulso del convenio y ambas instituciones, estudiantes y egresados han explorado satisfactoriamente esta área, aun desde muy temprano, por medio de los semilleros de investigación, semestres de práctica, trabajos de grado, cursos de extensión y proyectos de investigación.

Prácticas empresariales

La IC ha sido un importante referente para el desarrollo de prácticas y pasantías por parte de los estudiantes, y un área profesional de énfasis para los egresados. Inicialmente, los practicantes empresariales del programa con énfasis en IC fueron los primeros en explorar esta área en el ambiente integral de la salud; generando un gran impacto en los departamentos hospitalarios, en la industria tecnológica, el sector gubernamental y los grupos de investigación, nacionales e internacionales. Se destaca igualmente, que la IC es una de las áreas donde mayor número de estudiantes realizan sus semestres de proyectos especiales (SPE) y de práctica según énfasis (PSE). Sus principales actividades se han relacionado con la gestión de tecnología de equipamiento médico, comercialización y soporte de tecnología biomédica, desarrollo de

sistemas de información médica y análisis e implementación de normatividad. Tal ha sido el impacto de los practicantes, que en la actualidad, como profesionales, administran, gestionan y coordinan los Departamentos de Ingeniería y Mantenimiento de las mismas instituciones en las cuales iniciaron su proceso formativo profesional. El programa, los estudiantes y los egresados han establecido contactos académicos y laborales en diversas organizaciones en diferentes ciudades y países. Se destacan a nivel nacional el Hospital Pablo Tobón Uribe, COHAN, Metrosalud, Hospital General de Medellín y el Hospital Universitario San Vicente de Paul. A nivel internacional se destaca el Biomedical Engineering Department del Texas Children's Hospital (EE.UU), Instrumentation and Technical Services de la Universidad de Vermont (EE.UU) y la Universidad Nacional de Entre Ríos (Argentina).

Trabajos de grado

Esta relación entre los practicantes y las instituciones auspiciadoras ha permitido que la línea desarrolle trabajos de grado para mejorar diversos procesos tecnológicos de las instituciones, así como proveer desarrollos en tecnología biomédica. En estos trabajos de grado, la diversidad cognitiva y aplicativa de la IC ha resultado en una variedad de enfoques temáticos entre los que se destacan principalmente estudios descriptivos con enfoque educativo, desarrollo e implementación de herramientas para la gestión de tecnología de equipamiento médico con apoyo de las IPS de Medellín, el análisis de la salud ocupacional y la seguridad industrial, el diseño de tecnología biomédica y hospitalaria, la evaluación de la seguridad tecnológica y los estudios de factibilidad [1-21].

Específicamente, en la gestión tecnológica se han explorado los aspectos iniciales para un programa de metrología [1], el diagnóstico y evaluación de la práctica de la IC [2-3], el desarrollo de guías de adquisición de tecnología biomédica para IPS [4], y la identificación de modelos de gestión en IC [5]. Por su parte, en el desarrollo de tecnología se destaca el desarrollo de un sistema de electrocardiografía con aplicación en telemedicina [6], un simulador de ambulancia que actualmente se utiliza en la capacitación del personal del sector salud en la Universidad CES [7], el diseño de un aula inteligente para personas con síndrome de Down [8], la aplicación y validación de sistemas de telemedicina en dermatología [9] y psiquiatría [10], el diseño y construcción de prototipos de tecnologías de soporte en radioterapia [11], disfunciones motrices [12] y ginecología [13]. Se destaca también el programa de proyección y responsabilidad social suscrito entre la EIA y la Corporación Hogar Sendero de Luz en donde el programa de Ingeniería Biomédica ha brindado su aporte a través del diseño de tecnología hospitalaria de soporte relacionada con el transporte de alimentos, ropa [14] y adultos mayores [16]. Además, el análisis de los puestos de trabajo [15], la seguridad industrial y la salud ocupacional [17] han sido igualmente temas de enfoque en esta alianza. Con respecto a la seguridad tecnológica, un análisis técnico aplicado en el 2005 a las instituciones CES Sabaneta (Instituto Colombiano de Medicina Tropical, Clínica Odontológica y Consultorios Dermatológicos), Clínica CES Prado y Hospital Pablo Tobón Uribe, permitió identificar las fortalezas y debilidades de las instalaciones eléctricas con base en la correspondiente normatividad [18].

Por último, algunos trabajos de grado evidencian el interés en la aplicación de metodologías administrativas y económicas como proyección para el emprendimiento. Dentro de ellos están las evaluaciones económicas y los estudios de factibilidad en la fabricación de bolsas para recolección y almacenamiento de sangre [19], la prestación de servicios de consultoría en el área de la salud [20] y la comercialización de colchones antiescaras [21].

Investigación aplicada

El desarrollo de trabajos de grado con ideas innovadoras y otros con claras metodologías investigativas aplicadas, han sido la base para el desarrollo investigativo de la línea, la cual se encuentra configurada como línea del Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica EIA-CES (GIBEC). Uno de sus primeros proyectos se remonta al año 2003 con el trabajo de grado: "Diseño e implementación de un sistema de telemedicina intrainstitucional para atención del paciente dermatológico" [9], que dio inicio a una de las líneas de trabajo actuales en IC: la telemedicina.

A partir de la co-financiación por parte del programa de Ingeniería Biomédica y de Colciencias, en junio de 2006 inició el proyecto Telederma, el cual tuvo como objetivo el desarrollo y la implementación de sistemas web para la teleconsulta dermatológica con base en el estándar de información médica DICOM desde el Centro Dermatológico del CES de Sabaneta [22-24]. Este trabajo, en colaboración con el Grupo de Investigación en Bioingeniería (GIB), de las Universidades CES y EAFIT, condujo al inicio de uno de los proyectos más ambiciosos a la fecha dentro del programa: Mantis-Grid (M-G), que busca implementar una plataforma basada en tecnologías *Grid* que permita la gestión e integración de repositorios distribuidos de imágenes médicas DICOM, para apoyar procesos de formación e investigación en el área biomédica a través de la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada (RENATA). Adicionalmente, en este

proyecto participan dos Grupos de Investigación de la Universidad EAFIT, nuevos miembros de Grupo de Investigación GIBEC y se cuenta con el apoyo del Biomedical Imaging Resource Group de la Mayo Clinic, Rochester EE.UU. A la fecha, los resultados preliminares del proyecto han sido presentados en el III Congreso Nacional en Bioingeniería e Ingeniería Biomédica [25-26] y en el Encuentro Internacional de e-Ciencia y Educación apoyadas por redes de tecnología avanzada [27], organizado por RENATA.

Continuando con esta dinámica y con el aporte de los trabajos de grado a la producción investigativa, en 2005 se presentó el trabajo: “Estudio descriptivo de la ingeniería clínica para proponer un plan de estudios para la especialización en ingeniería clínica” [2] en donde se revisó el estado de la técnica en IC junto con los programas educativos de postgrado más reconocidos, evaluándose, además, la percepción y la oportunidad de desempeño de la IC en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Todo esto con el fin de sentar las bases para el desarrollo de un programa de especialización en IC. De este trabajo se obtuvo una visión sobre el creciente interés de los técnicos, los tecnólogos y los ingenieros en realizar estudios específicos en IC, así como el interés de los administradores hospitalarios en incorporar a sus instituciones ingenieros con este perfil [28]. Este interés se refleja a través de la incorporación de ingenieros biomédicos a hospitales, clínicas, organizaciones hospitalarias y empresas desarrolladoras y proveedoras de suministros para la salud, en donde realizan actividades específicas de la IC como la gestión, la asesoría y el apoyo a los procesos normativos. Cabe destacar que parte de este trabajo fue presentado en las X Jornadas Internacionales de Ingeniería Clínica y Tecnología Médica [29] organizado por la Universidad Nacional de Entre Ríos (Argentina), y en el Simposio de Gestión de Tecnologías en Salud [30] organizado por la Universidad CES, el American College of Clinical Engineering y el Hospital General de Medellín.

Semillero de investigación

Siguiendo estas actividades investigativas, en el año 2007, se conformó el semillero de investigación en IC con énfasis en Telemedicina; espacio destinado a los estudiantes y egresados del programa que desean acercarse a la IC, con el fin de desarrollar habilidades en investigación y de profundizar en temas de interés a través de la generación de trabajos de grado y de la participación en proyectos de investigación. Del trabajo dentro del semillero surgió un trabajo de grado, presentado en el 2008, orientado al desarrollo de un protocolo de telemedicina para la consulta siquiátrica [10] con énfasis en el desarrollo y la implementación de una aplicación web en tiempo real que permite la comunicación mediante video-conferencia entre el paciente, el médico consultante y el médico asesor, para poder proveer el servicio de diagnóstico y de control a los pacientes a distancia, especialmente en zonas rurales. Los resultados obtenidos fueron validados por siquiatras usuarios de la aplicación con resultados prometedores. A su vez, en el 2008 se presentó el trabajo de grado: “Evaluación técnica y clínica de la tecnología biomédica en procesos de adquisición” asesorado por jefes de las secciones de IC del Hospital Pablo Tobón Uribe y la Clínica CES [31]. El trabajo ofrece una estructura detallada sobre conceptos técnicos y clínicos que sirven de base para la toma de decisiones en los procesos de adquisición dentro del ambiente de trabajo de las IPS. Pretende, así mismo, incentivar dentro de los departamentos de IC la implementación de procesos metodológicos de evaluación de tecnologías en salud con el objetivo de adquirir tecnología biomédica con base en la mejor evidencia científica y técnica disponible. Dentro de los procesos más relevantes se destacan el Mini-HTA (Mini-Healthcare Technology Assessment), la búsqueda de evidencia científica y la evaluación crítica.

En paralelo a estos esfuerzos del programa de Ingeniería Biomédica, en 2008, a partir de la creación del Grupo de Investigación en Evaluación de Tecnologías en Salud de la Universidad CES se desarrolló el proyecto de investigación: “Identificación de evidencia científica para procesos de evaluación de tecnologías en salud”, en el cual se identificaron y clasificaron las fuentes de información disponibles a nivel mundial sobre la evidencia científica que apoya procesos de evaluación de tecnologías en salud. Dentro de estas fuentes se destacan agencias de evaluación de tecnologías en salud, bases de datos, organizaciones de estudios económicos y de tecnología biomédica. Conjuntamente se desarrolló una aplicación orientada a los usuarios, que permite acceder de manera eficiente a estas fuentes permitiendo ingresar mayores fuentes y clasificaciones. Cabe destacar que la relevancia de este proyecto se enmarca en el interés de las instituciones involucradas en prestar servicios de asesoría y consultoría en la evaluación de las tecnologías en salud con base en la evidencia científica acumulada en estas fuentes de información. A la fecha estas actividades se encuentran dentro del portafolio de servicios ofrecido por el Programa.

Continuando con el trabajo del Semillero en el área de la telemedicina, en 2008 se desarrolló en conjunto con la línea de señales e imágenes médicas (con énfasis en óptica biomédica) del Grupo de Investigación GIBEC, el proyecto: “Evaluación de la igualación del color entre los dispositivos de presentación de imágenes en telemedicina”, que apunta al desarrollo de un método para comprobar la igualación del color que presentan los monitores empleados en

sistemas de telemedicina. De tal forma, la percepción de las imágenes médicas presentará mínimas diferencias de color independientemente del monitor utilizado en el servicio. Los resultados de este proyecto están actualmente en uso en el Centro Dermatológico CES Sabaneta.

Extensión

Con la creación del Departamento de Extensión del Programa, la IC inicia un proceso educativo y de proyección; en 2007 se inician los cursos de extensión con el curso de “Evaluación de Tecnologías en Salud” enfocado en la adquisición de herramientas para la toma de decisiones administrativas por medio de la aplicación de metodologías de evaluación de tecnologías en salud. En 2008, se presenta el “Diplomado online en Gestión y Soporte de Equipos Médicos”, desarrollado en conjunto con la Universidad de Vermont (EE.UU) y presentado en las XII Jornadas Internacionales de Ingeniería Clínica y Tecnología Médica [32], organizado por la Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina, y en el III Congreso Nacional en Bioingeniería e Ingeniería Biomédica [33]. Este diplomado tuvo como objetivo brindar las herramientas necesarias para la solución de problemas básicos comunes en la tecnología biomédica a través de la información y el conocimiento específico en tecnología biomédica e IC. Este mismo año se inició el curso de “Metrología y Mantenimiento de Equipos Biomédicos” para formular procesos de aseguramiento metrológico y mantenimiento de equipos biomédicos para IPS.

En la actualidad, la línea continúa consolidándose en diversos frentes, se destaca el desarrollo de laboratorios de IC que apoyan los procesos de docencia, investigación y extensión a través de la interacción con una amplia gama de tecnologías biomédicas y de infraestructura hospitalaria. En el área de educación continua sobresale el montaje del segundo módulo del diplomado online en Gestión y Soporte de Equipos Médicos, así como el ofrecimiento de este a nuevos países tales como España, Perú y Costa Rica.

En la prestación de servicios, la línea continúa asesorando a diversas IPS en la adquisición de tecnologías en salud. En esta área en especial, se trabaja en conjunto con el grupo de Investigación en Evaluación de Tecnologías en Salud en la conformación de un centro de Evaluación de Tecnologías en Salud lo que permite brindar evidencia objetiva, a los encargados de la compra de tecnología biomédica, sobre el impacto integral de estas tecnologías en la sociedad y en el sistema de salud. Por último, se trabaja en el desarrollo de un programa de postgrado que satisfaga las necesidades, cada vez más exigentes del medio, el cual ha aprendido a reconocer el potencial y la repercusión que tienen los ingenieros biomédicos al interior de las organizaciones del sector salud.

REFERENCIAS

- [1] Osorio M.I. Guía de principios y generalidades de metrología para el Centro Cardiovascular Colombiano, Clínica Santa María, Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2005.
- [2] Ruiz C.G. Estudio descriptivo de la ingeniería clínica para proponer un plan de estudios para la especialización en ingeniería clínica. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2005.
- [3] Gil C.A., Parra J.M. Evaluación y diagnóstico en el campo de ingeniería clínica del Hospital Regional San Juan de Dios E.S.E. del municipio de Rionegro. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2005.
- [4] Martínez A., Yepes I. Guía para la adquisición de tecnología biomédica en una IPS. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2007.
- [5] Gil M. Modelo de la gestión tecnológica clínica y hospitalaria en instituciones prestadoras de servicios de salud de mediana y alta complejidad en la ciudad de Medellín. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2007.
- [6] Gómez J.C., Ramírez J.C. Desarrollo de un prototipo de electrocardiógrafo con aplicación a telemedicina. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2002.
- [7] Klemas L.J.D. Simulador de ambulancia para transporte terrestre tipo II: Fase I: diseño de plataforma de simulación. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2002.
- [8] Londoño J.D. Diseño de un aula inteligente orientada al desarrollo y estimulación de niños con síndrome de Down. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2006.
- [9] Betancur A.M., Castaño C. Diseño e implementación de un sistema de telemedicina intrainstitucional para atención del paciente dermatológico. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2003.
- [10] Castaño P., Londoño N. Protocolo de telemedicina para la consulta psiquiátrica. Trabajo de grado, Ingeniero Biomédico, EIA-CES, 2008.
- [11] Carmona A.M., Pregonero C.A. Diseño y construcción de un prototipo de marco estereotáctico para radioterapia fraccionada. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2003.

- [12] Domínguez C. Diseño y construcción de prototipo de grúa para manipulación y transporte de pacientes con disfunciones motrices totales o parciales. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2004.
- [13] Mejía A., Restrepo A. Diseño y construcción de una silla ergonómica para la realización de procedimientos ginecológicos y obstétricos (parto y examen ginecológico). Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2004.
- [14] Gómez D., Ochoa M.R. Diseño de un sistema para el transporte de alimentos y recolección de ropas: Hogar Sendero de Luz. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2006.
- [15] Panta G.I. Análisis de los puestos de trabajo para el personal asistencial de adultos mayores: Corporación Hogar Sendero de Luz. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2006.
- [16] Amador C., Gaviria L. Diseño de un prototipo para el sistema de transporte vertical de adultos mayores entre niveles de piso caso: Hogar Sendero de Luz. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2006.
- [17] Morales J.C., Marín J.E. Diseño e implementación de un programa de seguridad industrial y salud ocupacional para el mejoramiento asistencial de ancianos (Corporación Hogar Sendero de Luz). Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2006.
- [18] Correa L.S. Evaluación técnica de la instalación eléctrica hospitalaria en Medellín. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica EIA-CES, 2004.
- [19] Aristizabal E. Evaluación económica de la fabricación de bolsas para recolección y almacenamiento de sangre total en Medellín. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2006.
- [20] Escobar V. Estudio de factibilidad (Plan de negocios) para la creación de una empresa dedicada a prestar servicios de consultoría en el área de la salud ocupacional. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2006.
- [21] Pérez D., Ramírez L.M. Diseño de un plan de negocios para la comercialización de colchones antiescaras. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2006.
- [22] Ruiz C., García A., Zuluaga A., Trujillo A. Desarrollo de aplicación Web para Tele dermatología basada en DICOM: desarrollo de modelos de datos. 1er Foro Colombiano de Tecnologías de Información y Comunicaciones para el sector salud y 2° Encuentro Iberoamericano de HL7 en informática médica normalizada. Bogotá, Colombia, agosto 2007.
- [23] Ruiz C.G., Zuluaga A., Trujillo A. Telemedicina: Introducción, aplicación y principios de desarrollo. Revista CES Medicina 2007; 21, 1, 77-93.
- [24] Ruiz C.G., Trujillo A., García A. Aproximación a la representación en XML de objetos DICOM para fotografía médica digital. Revista EIA, 8, 147-163, diciembre 2007.
- [25] García A., Ruiz C., Valencia E., Peláez A., García M., Montoya E., Ramírez J.C. Representación de objetos DICOM en XML para uso en repositorios distribuidos. En Memorias III Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, 2008.
- [26] García A., Ruiz C., Valencia E., Peláez A., García M., Montoya E., Ramírez J.C. Modelación de la plataforma Mantis-GRID para la gestión e integración de repositorios distribuidos de imágenes médicas. En Memorias III Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, 2008.
- [27] Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada RENATA. Encuentro internacional de e-ciencia y educación apoyadas por redes de tecnología avanzada. Mantis-GRID: Una plataforma para la gestión de Imágenes Médicas DICOM. Disponible en: <http://www.renata.edu.co/component/content/article/22-especiales/51-encuentro-internacional-de-e-ciencia-y-educacion-apoyadas-por-redes-de-tecnologia-avanzada.html>. 2008.
- [28] Ruiz C.G., Soto J. Ingeniería clínica: introducción, percepción y práctica en el área metropolitana de Medellín. Rev CES Med., 20, 1, 35-48, 2006.
- [29] Ruiz C.G., Soto J. Ingeniería clínica: introducción, percepción y práctica en el área metropolitana del Valle de Aburrá. XI Jornadas Internacionales de Ingeniería Clínica y Tecnología Médica. Paraná, Argentina, 2006.
- [30] Ruiz C.G., Soto J. Ingeniería Clínica: introducción, percepción y práctica en el área metropolitana del Valle del Aburra. Simposio Gestión de Tecnologías en Salud CES-HGM-ACCE, Medellín, Colombia, 2007.
- [31] Carvajal M. Evaluación técnica y clínica de la tecnología biomédica en procesos de adquisición. Trabajo de grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, 2008.
- [32] Molina T., Clark, T., Valencia J.E. *et al.* Desarrollo de un diplomado on-line en gestión y soporte de equipos médicos. XII Jornadas Internacionales de Ingeniería Clínica y Tecnología Médica. Paraná, Argentina, 2006.
- [33] Ruiz C., Clark, T., Valencia J.E. *et al.* Desarrollo de un diplomado on-line en gestión y soporte de equipos médicos. III Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, Pereira, Colombia. 2008.