

Artículo

# Experiencias de proyectos de cátedra desarrollados en la Práctica Clínica Biomédica y su vinculación con la red salvadoreña de salud

Chair project experiences of the biomedical clinic practicum and their entailment to the Salvadoran health system

Luis Roberto Barriere Avalos<sup>1</sup>  
luis.barriere@udb.edu.sv

ISSN 1996-1642 Universidad Don Bosco, año 13, N° 22, Julio-diciembre 2019  
Recibido: 6 de julio de 2018 Aprobado: 10 de septiembre de 2018

## Resumen

Este artículo recoge las experiencias de proyectos de cátedra realizados en la asignatura de Práctica Clínica Biomédica, de la Ingeniería en Biomédica de la Universidad Don Bosco, y su vinculación con la red salvadoreña de salud. Estas experiencias, desarrolladas por más de 15 años, han usado métodos de investigación documental y exploratoria; pero también se han basado en buenas prácticas de la Ingeniería Clínica fundamentada en las competencias obtenidas en niveles intermedios y avanzados del programa de Ingeniería Biomédica de la Universidad. Con esto se ha logrado desarrollar opciones, tomar decisiones y buscar soluciones para contribuir al perfeccionamiento del servicio clínico y el desarrollo del sistema sanitario nacional. Además, se han presentado a instituciones públicas que brindan servicios de salud o han sido expuestos en eventos científicos nacionales e internacionales.

**Palabras Clave:** Ingeniería biomédica, investigación, buenas prácticas, proyecto de cátedra, universidad, El Salvador.

## Abstract

This paper presents the chair experiences carried out in the Biomedical Clinical Practicum, in the Biomedical Engineering Program, and their entailment to the Salvadoran health network. These experiences, carried out for more than 15 years, have used documentary and exploratory research, but also have been based on Clinical Biomedical best practices, considering the intermediate and advanced levels of competences gotten in the biomedical engineering at Universidad Don Bosco. With these, the chair projects looked for options, decision-taking and solutions in order to help improve the clinical service and the development of the national health system. Besides, these chair projects and their results have been presented to health-provider public institutions as well as national and international academic events.

**Keywords:** Biomedical engineering, research, best practices, chair project, university, El Salvador

---

<sup>1</sup>Profesor en la Escuela de Biomédica de la Universidad Don Bosco.

## Introducción

La Universidad Don Bosco ha desarrollado la carrera de Ingeniería Biomédica por más de 30 años y dicha carrera ha sido reconocida como un programa de formación superior innovador e importante para el desarrollo del sistema de salud nacional y la prestación de servicios clínicos en El Salvador. Como dato estadístico para la región centroamericana, según indicadores de WHO<sup>19</sup> (2015), se contabilizaba una densidad poblacional de Ingenieros Biomédicos del 0.31 por cada diez mil personas en El Salvador, mientras que para toda la región Centroamericana apenas alcanzaba un valor del 0.020 Ingenieros Biomédicos. Esta referencia se basa en los recursos profesionales formados por otras tres Universidades de la Región Centroamericana que poseen planes de estudios vinculados a Ingeniería Biomédica. Este dato justifica la falta de profesionales en Ingeniería Biomédica en El Salvador y en toda la Región Centroamericana.

Por otro lado, es importante señalar que, en el programa de Ingeniería Biomédica en la Universidad Don Bosco, la matrícula en los últimos cinco años se ha mantenido en un promedio anual por ciclo de 188 estudiantes activos y con tendencia a crecimiento en matrícula con un promedio del 11% anual<sup>20</sup>.

El programa de Ingeniería Biomédica posee dos planes de estudio vigentes desde el año 2017, esto debido al proceso quinquenal de revisión curricular. De modo que se tiene un Plan 2009 por "Objetivos" que finalizará en 2021, de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Educación, y un nuevo plan de estudios basado en Competencias 2017. Ambos planes de estudio poseen la asignatura de Práctica Clínica en su último año de estudios (quinto año), ya que a estas alturas, el estudiantado ya ha desarrollado, como producto de su formación, todos los conocimientos y competencias para lograr establecer proyectos de solución a problemas típicos en la red nacional de salud de El Salvador.

La asignatura Práctica Clínica define el perfil de egreso como Curso en donde los estudiantes analizan, comprenden, evalúan y desarrollan metodologías de apreciación técnica y económica relativos a problemas de diseño en instalaciones hospitalarias o tecnologías biomédicas, logrando de esta manera ampliar una valoración ingenieril que desarrolle soluciones en relación con los criterios establecidos de evaluación de tecnología, y contra el desempeño de otras alternativas de solución similares<sup>21</sup>.

<sup>19</sup>World Health Organization u Organización Mundial de la Salud (OMS) en castellano.

<sup>20</sup>Datos administrativos de sistema PortalWeb de la Universidad Don Bosco. Enero 2017.

<sup>21</sup>Asignatura de Práctica Clínica, según Plan de Estudios Biomédicos 2017- 2021 de la Universidad Don Bosco.

## Metodología empleada en la Práctica Clínica Biomédica

En un primer momento y previo al desarrollo del curso, el docente responsable de la asignatura investiga en el sistema nacional de salud de El Salvador, sobre los diferentes tópicos vinculados a las competencias del perfil de egreso del programa que se deben desarrollar, conociendo de antemano el sistema de evaluación del aprendizaje<sup>22</sup> y las áreas de formación y competencias que posee el estudiante al nivel de quinto año, sus esferas de actuación y áreas de desempeño.

El curso posee un fuerte componente de desarrollo de Ingeniería Clínica<sup>23</sup> y de Instrumentación Biomédica, por lo que muchos de los objetivos a cumplir están orientados a los siguientes temas:

1. Verificación y validación de cumplimiento de normas y estándares internacionales en ambientes clínicos.
2. Análisis y evaluación de procesos del mantenimiento y gestión de tecnologías en hospitales.
3. Desarrollo de metodologías de sensibilización y uso efectivo de la tecnología médica sanitaria.
4. Análisis de problemas de diseño en instalaciones clínicas y sus posibles soluciones.
5. Evaluación y valorización de procesos técnicos-ingenieriles.

Generalmente los grupos responsables de los proyectos de cátedra se establecen según la dificultad (entre dos a tres integrantes por grupo de trabajo), y el período de seguimiento del desarrollo del proyecto es de cuatro meses, mismo período para un ciclo lectivo (16 semanas). La mayoría de los proyectos son desarrollados en hospitales de la red nacional de El Salvador y con pocas excepciones en áreas vinculantes a la salud nacional (como por ejemplo, la Dirección Nacional de Medicamentos (DNM) que en 2016 solicitó apoyo en el desarrollo de prototipos de instrumentos de prueba y medición de calidad de insumos médicos tales como jeringas y catéteres).

En los últimos cinco años se ha trabajado en un total de 25 proyectos de cátedra, desarrollados en hospitales de segundo y tercer nivel de atención de las redes nacionales del Ministerio de Salud y el Instituto Salvadoreño del Seguro Social. Estas son instituciones con las cuales la Universidad Don Bosco ha suscrito Convenios de cooperación académica, brindando como producto final informes técnicos de los resultados de la evaluación y sus respectivas recomendaciones, que son transferidas a las Direcciones de cada hospital en donde se desarrolló el proyecto.

Entre los principales temas desarrollados están:

1. Verificaciones y validaciones de estándares en ambientes clínicos críticos en las Unidades de Cuidados Intensivos de adultos y neonatos, Salas de Operaciones Electivas de hospitales como:

---

<sup>22</sup>Sistema de Evaluación del Aprendizaje según Plan de Estudios del programa por competencias 2017 de Ingeniería Biomédica.

<sup>23</sup>Ingeniería Clínica: sub-especialidad de la Ingeniería Biomédica que desarrolla la gestión de tecnologías Biomédica o sanitarias.

- a. Hospital Médico Quirúrgico del ISSS
  - b. Hospital 1° de Mayo del ISSS
  - c. Hospital General del ISSS
  - d. Hospital Rosales
  - e. Hospital de Niños Benjamín Bloom
  - f. Hospital de la Mujer
  - g. Hospital San Rafael
  - h. Hospital Zacamil
2. Análisis y evaluación de procesos del mantenimiento y gestión de tecnologías en hospitales:
- a. Hospital San Rafael
  - b. Hospital Rosales
  - c. Hospital Zacamil.
3. Desarrollo de metodologías de sensibilización y uso efectivo de la tecnología médica sanitaria en Hospital San Rafael.
4. Análisis de problemas de diseño en instalaciones clínicas y sus posibles soluciones en hospitales:
- a. Médico Quirúrgico del ISSS
  - b. Hospital 1° de Mayo del ISSS
  - c. Hospital General del ISSS
  - d. Hospital de la Mujer
  - e. Hospital San Rafael
  - f. Hospital Zacamil
5. Evaluación y valorización de procesos técnicos-ingenieriles en el Hospital San Rafael.
6. Desarrollo de prototipos en base a investigación previa de evaluación de áreas (UCIN<sup>24</sup>) o en base a solicitud de una Institución:
- a. Hospital 1° de Mayo del ISSS
  - b. Hospital de niños Benjamín Bloom
  - c. Hospital de la Mujer
  - d. Hospital San Rafael
  - e. Hospital Zacamil
  - f. Dirección Nacional de Medicamentos (DNM)

La Ingeniería Clínica aplicada necesita de metodologías de investigación para elaborar, definir y sistematizar el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos que se deben seguir durante el desarrollo de un proceso de investigación Clínico-Técnico-Ingenieril para la fundación del conocimiento de las buenas prácticas biomédicas en ambientes clínicos-hospitalarios.

Los jóvenes investigadores organizan su investigación mediante la formulación y definición de un problema de investigación asignado por el docente de la asignatura (desde la guía de asignaciones de la propia asignatura). Esto los ayuda a enfocarse en el proceso de investigación y establecer conclusiones que reflejen y sean acordes con la realidad, de la mejor manera posible.

En investigación, una hipótesis es una explicación sugerida de un fenómeno o problema que necesita una evaluación y alternativas de posibles soluciones.

---

<sup>24</sup> UCIN: abreviación de Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal.

Una hipótesis nula es una presunción que el investigador trata de refutar. Normalmente, la hipótesis nula representa la visión actual o explicación de un aspecto del mundo que el investigador debe afrontar. Por lo anterior, la metodología de la investigación consiste en que el estudiante investigador aporte una hipótesis alternativa, como una manera de explicar el problema estudiado (Huertas, 2002).

El grupo de estudiantes investigadores pone a prueba la hipótesis nula, lo que significaría estar más cerca de encontrar una respuesta a un problema específico asignado. En general, la hipótesis de investigación se basa en observaciones que provocan la sospecha de que la hipótesis nula no siempre es correcta. La elección del método de investigación es crucial para las conclusiones que se pueden hacer sobre el problema analizado. También es importante elegir un método de investigación que se encuentre dentro de los límites de lo que el grupo de trabajo de jóvenes investigadores puede hacer y se le permite verificar por parte del sistema nacional de salud. Tiempo, dinero, viabilidad, ética y disponibilidad para medir el problema correctamente son ejemplos de temas que limitan la investigación de cátedra.

Para demostrar una hipótesis, la investigación cuantitativa muchas veces utiliza pruebas estadísticas para determinar que la hipótesis es correcta. La prueba con datos estadísticos puede mostrar si la hipótesis nula es más probablemente correcta que la hipótesis de investigación. Una prueba de medición estadística puede incluso llevar el proceso de investigación en una dirección totalmente nueva, en base a los resultados.

Por lo anterior, obtener un resultado certero depende de varios factores del proceso de investigación, no sólo de que el grupo de jóvenes investigadores obtenga el resultado esperado, sino que debe estar sustentado en la validez y fiabilidad del método de medición: ¿cuán buena fue la medida en reflejar el mundo real y qué más podría haber afectado los resultados?

Generalmente, las observaciones son denominadas “evidencias empíricas” y la lógica o el pensamiento crítico ingenieril nos deben conducir a las conclusiones; cualquiera debería poder verificar la observación y la lógica para ver si ellas también llegan a las mismas conclusiones, dentro del problema analizado.

Los errores en las observaciones pueden provenir de problemas en la medición, interpretaciones erróneas, sucesos aleatorios improbables, criterios ingenieriles mal aplicados, entre otros. Todo ello como parte fundamental en el desarrollo del perfil ingenieril Biomédico que aplica buenas prácticas Biomédicas de Ingeniería Clínica (Wright, 2002) en ambientes clínicos reales.

El método evaluado en cada proyecto conlleva la siguiente estructura:

1. Identificación del problema asignado.
2. Recolección de información para su análisis.
3. Búsqueda de soluciones simples y creativas.
4. Pasar de la idea a un diseño preliminar.
5. Evaluación y selección de las mejores alternativas.
6. Preparación de reportes, planos (si fuese necesario) y especificaciones.
7. Implementación del diseño (electrónico o informático) si aplicase en el proyecto.
8. Defensa grupal del trabajo desarrollado.

## Resultados y conclusiones

El sistema salvadoreño de salud necesita en gran medida apoyo en el área de la Ingeniería Biomédica. Actualmente se lucha contra la imagen de que el Ingeniero Biomédico debe trabajar en áreas técnicas de electromedicina, situación que sub-utiliza la capacidad de recursos y competencias de un Ingeniero Biomédico graduado de la Universidad Don Bosco.

1. Con este tipo de proyectos se logra proyectar los alcances y capacidades de investigación que posee un estudiante avanzado de Ingeniería Biomédica, logrando establecer alternativas de solución a problemas reales estudiados y analizados en base a una práctica y metodología investigativa.
2. La práctica clínica logra establecer ese grado de confianza que necesita el estudiante avanzado, dado que puede resolver problemas típicos de ambientes clínicos, logrando sentirse parte de un sistema de salud que le necesita y contribuir a minimizar la vulnerabilidad por la falta de evaluaciones Biomédicas y estandarización.
3. El contacto continuo con el sistema clínico hace que el estudiante interactúe con un sistema clínico con personal especializado en el área de salud, complementando su experiencia ingenieril para la resolución de problemas reales.
4. Poder encausar las habilidades de los jóvenes estudiantes en proyectos clínicos reales, hace que el nivel de desarrollo académico se fortalezca, logrando sensibilizar al sistema nacional en la importancia de nuestros futuros profesionales.
5. A la fecha, muchos trabajos desarrollados por los estudiantes y docente asignado, han sido parte de trabajos presentados en Congresos Nacionales e Internacionales, mostrando las buenas prácticas y aplicación de conocimientos ingenieriles en ambientes clínicos reales.
6. Con este tipo de metodología de investigación de cátedra se logra que nuestros estudiantes analicen un problema, para luego planificar como solucionarlo y en base a ello lograr una o más propuestas que logren en base a un análisis costo-beneficio seguridad del paciente y ambientes clínicos, así como obtener la mejor solución posible.
7. Es evidente que este tipo de proyectos ayudan a formar ingenieros más competentes, dada la integración de los conocimientos multidisciplinarios teóricos y la práctica en ambientes clínicos reales.

## Referencias

- Huertas, D. (2002). La Formulación de Hipótesis. Universidad de Chile: Editorial Moebio.
- World Health Organization (2017). Human Resources for Medical Devices, the role of Biomedical Engineers. WHO Medical Series. Geneva: WHO Medical Series. Tomado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255261/9789241565479-eng.pdf>
- World Health Organization (2015). Global Health Data repository. Consultado en <http://apps.who.int/gho/data/view.main.BIOENGHWF8v>
- Wright, P. (2002). Introduction to Engineering, 3rd ed. John Wiley & Sons