

# Programa de Talleres Intertrimestrales de los Laboratorios de Docencia en Ingeniería Biomédica de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

A. Jiménez González

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D.F., México

**Resumen**— Se presentan (1) el programa de talleres intertrimestrales de los Laboratorios de Docencia en Ingeniería Biomédica (LDIB, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa) y (2) los resultados obtenidos a cuatro trimestres de su implementación. Actualmente se cuenta con 10 talleres enfocados en proporcionar a los alumnos de Licenciatura de adiestramiento en el uso de la tecnología y software disponibles en los LDIB (i.e. osciloscopio, analizadores de seguridad eléctrica, hoja de cálculo, Octave, Matlab, sistemas para adquisición de variables fisiológicas y microcontroladores), con lo que se pretende proveerlos de habilidades prácticas para sus cursos o reforzar los conocimientos adquiridos en ellos. Los alumnos han mostrado gran interés hacia los talleres y diferentes profesores han propuesto nuevos talleres, lo que ha permitido mantener vigente al programa y generar una oferta atractiva para los estudiantes. Actualmente se trabaja en versiones intermedias y avanzadas de los talleres que serán impartidas en los próximos ciclos intertrimestrales.

**Palabras clave**— Adiestramiento y experimentación en Ingeniería Biomédica, equipamiento para medición biomédica

## I. INTRODUCCIÓN

Los Laboratorios de Docencia en Ingeniería Biomédica (LDIB) de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAMI) se componen de tres espacios físicos equipados para (1) el desarrollo de instrumentos para mediciones biomédicas (analógicos, digitales, virtuales o híbridos), (2) la caracterización objetiva de transductores o sistemas de medición (de diseño propio o comercial), (3) la creación de interfaces gráficas de usuario (para el control de equipos, la adquisición de señales fisiológicas y/o el procesamiento digital de señales e imágenes), (4) la práctica con equipos especializados de uso clínico, y (5) el estudio de sistemas fisiológicos mediante métodos no-invasivos [1]. Esto en un entorno de trabajo eléctricamente seguro, con acceso a internet para consultar una base de datos con las versiones electrónicas de los manuales de usuario [2], y con infraestructura suficiente para que los estudiantes puedan participar activamente en el trabajo experimental.

Para este fin, considerando la variedad de perfiles para el trabajo experimental en las unidades de enseñanza aprendizaje (UU.EE.AA.) de la Licenciatura en Ingeniería Biomédica (LIB) de la UAMI, los LDIB ofrecen dos opciones de trabajo: un Laboratorio de Instrumentación y Mediciones Biomédicas (LIMB) y un par de laboratorios de uso general (LUG). En el LIMB se cuenta con 6 puestos de trabajo fijos completamente equipados con sistemas de medición electrónica (multímetro, generador de señales,

fuentes de voltaje y osciloscopio), polígrafos configurables y transductores para la medición no-invasiva de múltiples variables fisiológicas, sistemas de conversión analógico-digital, equipo de cómputo y licencias de software para adquisición de señales (Acqknowledge), procesamiento digital de señales e imágenes (Matlab), instrumentación virtual (LabVIEW) y anatomía y fisiología humana (A.D.A.M.) [1]. Por su parte, en los LUG se cuenta con 8 mesas de trabajo en las que los usuarios pueden personalizar su “setup” y (1) utilizar equipos de medición electrónica para realizar actividades como clorar electrodos, caracterizar transductores de temperatura o presión sanguínea, armar las etapas de un sistema para medir la presión sanguínea o (2) trabajar con equipos clínicos especializados (maniqués de entrenamiento y simuladores de parámetros fisiológicos, ventilador pulmonar, desfibriladores, equipos para química sanguínea y potenciales evocados) y usarlos como sistemas de referencia o para el estudio de la fisiología humana.

Los recursos disponibles en los LDIB son variados, y en la mayoría de los casos su uso adecuado requiere de adiestramiento. Sin embargo, por cuestiones de tiempo, este adiestramiento es difícil de proporcionar durante el ciclo escolar (i.e. 12 semanas). En consecuencia, cuando llega el momento de hacer uso de los equipos en una sesión experimental de tres horas, los estudiantes enfrentan dificultades técnicas que en ocasiones provocan retrasos en el desarrollo de las prácticas y dificultan el logro de los objetivos, lo que puede generar en ellos sentimientos de frustración y hacer poco atractivo el trabajo experimental.

En respuesta a esta situación, desde abril del 2014 los LDIB han puesto en marcha un programa de talleres intertrimestrales dirigido a los alumnos de la LIB. Estos talleres, propuestos e impartidos por profesores del programa de Ingeniería Biomédica, tienen como objetivo adiestrar a los alumnos en el uso de los recursos disponibles en los LDIB (equipo y software), con lo que se pretende que desarrollen habilidades prácticas para las UU.EE.AA. del programa que van a cursar o que refuercen las habilidades adquiridas en aquellas que han cursado. Así, el propósito de este trabajo es presentar el programa de talleres intertrimestrales de los LDIB y los resultados preliminares obtenidos a cuatro trimestres de haber iniciado.

## II. METODOLOGÍA

### A. Diseño e Implementación

Los talleres se han diseñado para impartirse durante una semana del periodo intertrimestral, en módulos de tres o

cuatro horas de duración durante uno, dos, tres o cinco días. El enfoque, duración y nivel del taller es definido por el(los) profesor(es) responsable(s), que lo diseña(n) siguiendo una plantilla en la que se especifica la siguiente información: título, nombre del responsable o responsables, UU.EE.AA. para las que el taller será útil, duración total en horas y nivel (i.e. principiante, intermedio o avanzado), cupo (se recomienda un máximo de doce asistentes), antecedentes deseables (teóricos o prácticos), objetivos, contenido, modalidades de conducción y datos de contacto.

La participación en el programa de talleres es voluntaria, y cada trimestre la Coordinación de los LDIB (CLDIB) invita a los profesores de la LIB a proponer e impartir un taller. En esa invitación (1) se les recuerdan los objetivos del programa y los nombres de los talleres impartidos en el intertrimestre previo, (2) se les informa sobre los resultados obtenidos y la fecha límite para enviar su propuesta y (3) se les envía el archivo con la plantilla para que, aquellos que estén interesados en participar, puedan elaborar su plan de trabajo con facilidad.

Una vez que el profesor(a) responsable genera el plan de trabajo para su taller, lo hace llegar a la CLDIB para que se le asignen un horario y laboratorio. Dicha asignación se realiza en función de los recursos requeridos, e.g. si el taller requiere de detectar eventos fisiológicos mediante los polígrafos, se le asigna un horario en el LIMB. Por su parte, si el taller sólo requiere del equipo de medición electrónico como fuente y osciloscopio, se le asigna un horario en uno de los LUG. De esta manera, al llegar la fecha límite, y sabiendo cuántos talleres serán impartidos, la CLDIB organiza los horarios y publica el programa (y los planes de trabajo) en el aula virtual de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería (bajo el nombre de Talleres Intertrimestrales en Ingeniería Biomédica) [3], en la página WEB de la Sociedad de Alumnos en Ingeniería Biomédica de la UAMI y en los LDIB (en formato impreso). Además, la Coordinación de la Licenciatura en Ingeniería Biomédica (CLIB) les envía un correo electrónico a todos los alumnos de la Licenciatura avisando sobre la publicación del programa de talleres.

Los alumnos pueden consultar los planes de trabajo a través del aula virtual y se inscriben a los talleres de su preferencia bajo el principio de “el primero en llegar es el primero en ser atendido”. Para ello contactan directamente al profesor responsable enviándole un correo electrónico, quien a su vez les informa sobre detalles del taller y les proporciona información adicional. Después, durante el taller, los alumnos trabajan en forma individual o en equipo siguiendo un esquema de teoría-práctica que se implementa mediante presentaciones con diapositivas, notas y ejercicios (en formato digital o impreso) que se entregan a los asistentes en cada sesión.

### B. Evaluación del taller

Esta tarea se enfoca en la evaluación del taller desde la perspectiva del asistente, por lo que los responsables de

realizarla son los alumnos. Para ello, al terminar el taller, los alumnos reciben un cuestionario que deben completar cuidadosamente. El cuestionario se compone de siete puntos que, divididos en 25 preguntas, están dirigidos a recopilar información sobre: (1) las UU.EE.AA. cursadas durante el trimestre, (2) los elementos del taller que le fueron atractivos al alumno y que lo motivaron a inscribirse, sus puntos de vista sobre (3) el proceso de difusión y la comunicación con el(la) responsable, (4) el contenido temático, organización y desarrollo del taller, (5) los materiales utilizados por los profesores (impresos y/o electrónicos), (6) sus expectativas para el trimestre siguiente y (7) su interés en continuar asistiendo a los talleres en los LDIB.

La descripción detallada de cada pregunta ocuparía demasiado espacio, así que este documento sólo se enfoca en aquellas que nos han ayudado a identificar los elementos de interés en los alumnos y a realizar los ajustes necesarios al programa de talleres que nos permitan mantener una oferta atractiva y de buena calidad. Así, con relación al punto 2 del párrafo anterior, el cuestionario le presenta al alumno una lista (nombre y contenido del taller, nombre del responsable, duración, recursos a utilizar, laboratorios a utilizar, requisitos del taller, cupo y preparación para una UU.EE.AA.) y le pide que marque aquellos que lo motivaron a inscribirse. Después, referente al punto 4, se le pregunta al alumno si el nivel del taller coincidió con lo que se había publicado, si el tiempo asignado fue suficiente y con actividades prácticas adecuadas, si el laboratorio fue adecuado, si el profesor(a) responsable fue claro en la impartición del mismo y si el alumno se sintió motivado a asistir a la segunda sesión del taller. Finalmente, para el punto 6, el alumno indica si asistiría a otro taller (o a una versión avanzada del mismo) o si tiene alguna sugerencia para un nuevo taller en los LDIB.

Al terminar la semana de talleres intertrimestrales, y después de que la CLDIB ha revisado las respuestas de los alumnos, se les hacen llegar los cuestionarios a los profesores participantes para que tomen nota de las observaciones de los alumnos y que realicen los ajustes necesarios a sus talleres.

## III. RESULTADOS

La tabla I muestra la lista de talleres impartidos durante los periodos intertrimestrales de invierno, primavera y otoño del 2014, e invierno del 2015 (14-I, 14-P, 14-O y 15-I respectivamente) en los LDIB. La columna uno indica el nombre del taller, la columna dos indica su duración la primera vez que se impartió y actualmente ( $d_{ini}$ ,  $d_{actual}$ ), la columna tres indica los trimestres en que fue impartido, la columna cuatro presenta el nombre del profesor responsable de impartir el taller y la columna cinco presenta el total de estudiantes que han asistido a los talleres durante los cuatro trimestres de existencia del programa. Tras cuatro trimestres de haber iniciado el programa se han impartido diez talleres diferentes y, mientras el programa de talleres en los LDIB

TABLA I  
TALLERES IMPARTIDOS EN LOS LDIB DURANTE LOS INTERTRIMESTRES DE INVIERNO, PRIMAVERA Y OTOÑO DEL 2014 (14-I, 14-P Y 14-O) E INVIERNO DEL 2015 (15-I)

Nombre del taller	Duración (horas)	Trimestre				Responsable	No. total de asistentes
		14-I	14-P	14-O	15-I		
Adquisición de señales con Matlab (ASM)	3, 6	X	X	X	X	Dr. Juan Ramón Jiménez Alaniz (jajr@xanum.uam.mx)	44
Análisis de seguridad eléctrica a equipos médicos (ASEEM)	9, 15	X	X	X		Dra. Rocío Ortiz Pedroza (mrop@xanum.uam.mx)	17
Introducción a la adquisición de señales cardiovasculares (IASC)	9, 12	X	X		X	Dra. Aída Jiménez González (aidaj@xanum.uam.mx)	34
Octave para análisis de circuitos eléctricos (OACE)	6, 6	X	X		X	Dra. Norma Castañeda Villa (ncv@xanum.uam.mx)	21
Osciloscopio: teoría y práctica (OTP)	4, 8	X	X			M. en I. Oscar Yáñez Suárez (yaso@xanum.uam.mx)	28
Matlab/Octave con aplicaciones biomédicas (MOAB)	20, 20		X		X	Dra. Raquel Valdés Cristerna (ravn@xanum.uam.mx)	19
Aplicaciones biomédicas con microcontroladores (ABM)	9		X			Dr. Luis Jiménez Ángeles (ljimenez@ci3m.mx)	10
Microcontroladores PIC (MPIC)	9		X			M. en I. Joel Jiménez Cruz (jcjr@xanum.uam.mx)	6
Robótica móvil (RM)	8, 8		X		X	M. en I. Joel Jiménez Cruz (jcjr@xanum.uam.mx)	15
Fórmulas, estadística y simulación con la hoja de cálculo (FESHHC)	9, 12			X	X	Dra. Jatziri Gaitán González (mjgg@xanum.uam.mx)	6

dio inicio con ASM, ASEEM, IASC, OACE Y OPT durante el ciclo 14-I, ha incorporado nuevas propuestas por parte de algunos profesores durante los trimestres 14-P y 14-O. Así, durante el trimestre de primavera se incorporaron 4 talleres nuevos (MOAB, ABM, MPIC Y RM) y uno más durante el trimestre de otoño (FESHHC). Con relación al trimestre 15-I, aunque no hubo un taller nuevo, se repitieron algunos que no se habían impartido durante el ciclo de talleres anterior. Finalmente, respecto a la última columna, puede verse que el número de total de alumnos asistentes a cada taller es diferente, y que mientras se tiene un total de seis asistentes al taller de FESHHC (que se ha impartido dos veces), hay un total de 44 alumnos que han asistido al taller de ASM (que se ha impartido cuatro veces).

El perfil y duración de los talleres, así como los antecedentes solicitados al alumno varían de taller a taller. De esta manera, como se observa en la tabla I, los asistentes a los talleres (1) han aprendido a manejar el osciloscopio, los analizadores de seguridad eléctrica, la hoja de cálculo, Octave, el Toolbox de adquisición de señales de Matlab con las tarjetas A/D de National Instruments y los sistemas para adquisición de variables fisiológicas marca Nihon Kohden y Biopac, (2) han trabajado en aplicaciones biomédicas con programación Matlab/Octave o microcontroladores y/o (3) han experimentado con robótica móvil. Así, tenemos talleres enfocados a enseñar al alumno desde el manejo del osciloscopio hasta el manejo de equipo biomédico especializado como analizadores de seguridad eléctrica, o desde el uso de herramientas de software libre como Octave hasta programas con Licencia como Matlab o la Hoja de Cálculo, con duraciones en los talleres que actualmente se encuentran entre seis y veinte horas, y que van dirigidos a

alumnos en diferentes etapas de la Licenciatura (desde el primer hasta el doceavo trimestres).

Respecto al perfil de los responsables de los talleres, se puede describir como el de profesores de tiempo completo en la UAMI, con formación en Ingeniería Biomédica a nivel Licenciatura y Posgrado, y trabajando en líneas de investigación en diferentes ámbitos de la Ingeniería Biomédica, por lo que enfocan los talleres hacia la solución de problema biomédicos de interés para los alumnos.

La Fig. 1 muestra la elección que hicieron los alumnos sobre los elementos del taller que lo motivaron a inscribirse durante el ciclo 14-I. El eje *x* corresponde a las opciones ofrecidas (**N**ombre, **R**esponsable, **D**uración, **R**ecursos, **L**aboratorios, **R**equisitos del taller, **C**upo, **P**reparación para una UU.EE.AA. u **O**tros), el eje *z* a las siglas del taller

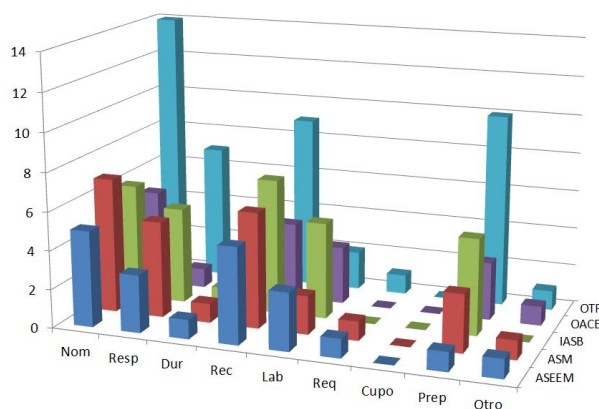


Fig. 1. Elementos utilizados por los estudiantes para elegir un taller durante la primera sesión del ciclo de talleres en los LDIB (ciclo 14-I).

(como se indica en la tabla I) y el eje y representa el número de alumnos que eligieron cada opción por taller encuestado. Como puede verse, de los nueve elementos considerados, cinco fueron dominantes (i.e. Nom, Resp, Rec, Lab y Prep) durante el ciclo 14-I, mientras que los referentes a la duración, requisitos, cupo y otros factores parecieron ser irrelevantes para los alumnos en la toma de su decisión.

La Fig. 2 muestra una imagen del taller OTP, donde el profesor está instruyendo a los alumnos en el manejo del osciloscopio para el estudio de un circuito resistencia-capacitor (RC). La fotografía fue tomada en uno de los LUG durante el ciclo 14-P, donde los estudiantes trabajaron en equipos de dos o tres personas y armaron su "setup", compuesto de osciloscopio, generador de señales, fuente de voltaje y multímetro digital.

La Fig. 3 muestra parte de un puesto de trabajo en el LIMB utilizado en el taller IASC durante el ciclo 14-P, donde los alumnos trabajaron en equipos de dos personas y utilizaron polígrafos marca Nihon Kohden y sistemas Biopac para la obtención no-invasiva de señales cardiovasculares correspondientes a los sonidos cardiacos, la onda de pulso y el electrocardiograma.

#### IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo ha presentado el programa de Talleres intertrimestrales en Ingeniería Biomédica de los LDIB de la UAM-Iztapalapa y los resultados preliminares obtenidos tras cuatro trimestres de su puesta en marcha. El programa se ha puesto en marcha durante una semana del periodo intertrimestral, tiempo en que los alumnos pueden enfocarse en actividades experimentales que les ayuden a (1) adquirir práctica o (2) ser introducidos en el uso de cierto equipo o programa de computadora, o (3) desarrollar aplicaciones más elaboradas con base en lo que aprendieron durante el

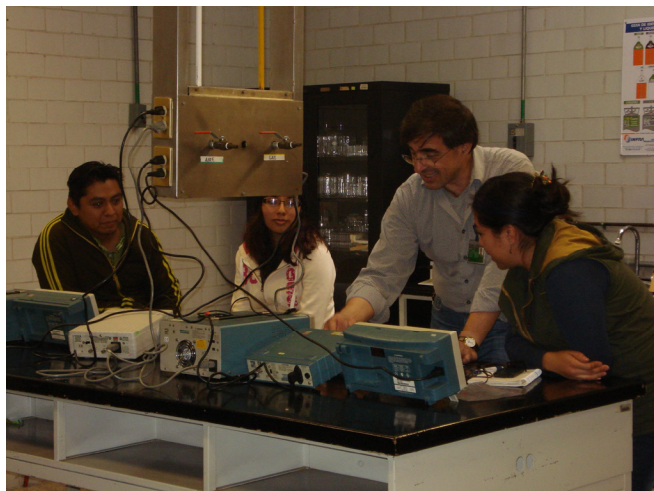


Fig. 2. Taller de osciloscopio: teoría y práctica (OTP). Impartido durante el intertrimestre 14-P en uno de los laboratorio de uso general de los LDIB. El profesor del taller está instruyendo a tres estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería Biomédica en el manejo del equipo para el estudio de un circuito RC.

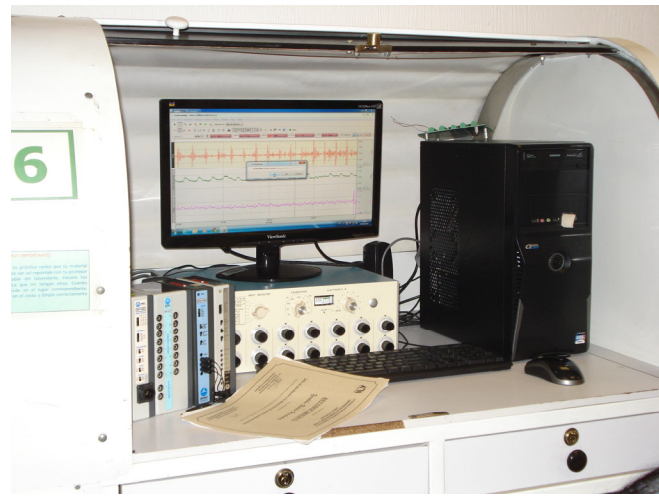


Fig. 3. Trazos cardiovasculares obtenidos durante el taller de introducción a la adquisición de señales cardiovasculares (IASC). Taller impartido durante el ciclo 14-P en el LIMB, un laboratorio equipado para instrumentación y mediciones biomédicas de tipo no-invasivo perteneciente a los LDIB.

trimestre, reforzando sus conocimientos sin tener que preocuparse por una calificación, bajo la supervisión de sus profesores y utilizando la vasta infraestructura disponible en los LDIB. A la fecha, el programa cuenta con 10 talleres y la respuesta de alumnos y profesores ha sido entusiasta, lo que ha permitido mantener vigente el programa e incorporar profesores con propuestas nuevas y atractivas para los estudiantes. La mayoría de los alumnos inscritos asiste consistentemente y su retroalimentación ha sido fundamental en la realización de los ajustes necesarios para que el proceso de enseñanza-aprendizaje les sea atractivo y beneficioso en sus estudios. La experiencia ha sido positiva y prometedora, lo que puede resultar de interés para los programas de LIB en otras instituciones de educación superior.

Actualmente se está trabajando en el programa para el ciclo 15-P, donde se ofrecerán siete talleres. Para el trabajo a futuro se contemplan la implementación de versiones intermedias y avanzadas de los talleres y, considerando la masa crítica de 200 asistentes en estos 4 trimestres, la generación de mecanismos de evaluación que nos permitan medir el impacto del programa en el desempeño académico de los estudiantes y en el proceso de enseñanza- aprendizaje.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Jiménez, M. R. Ortiz, and J. A. Martínez, "Installation and outfitting of a Laboratory for Instrumentation and Biomedical Measurement," in *Proc. 3rd European Medical and Biological Engineering Conference, EMBEC05*, Prague, Czech Republic, 2005.
- [2] A. Montenegro Avellaneda and A. Jiménez González, "Página Web dinámica para los Laboratorios de Docencia en Ingeniería Biomédica de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa," in *Memorias del XXVIII Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*, Acapulco, México, pp. 97-100, 2005.
- [3] Talleres intertrimestrales en Ingeniería Biomédica. Disponible en <http://ixil.izt.uam.mx/aulacbi/course/view.php?id=247>