



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
**SYLLABUS**  
INGENIERIA  
ELECTRONICA

NOMBRE DE LA DOCENTE:

ESPACIO ACADÉMICO (Asignatura): BIOINGENIERIA I

Obligatorio (X) : Básico (X) Complementario ( )

Electivo ( ) : Intrínsecas (X ) Extrínsecas ( )

CÓDIGO: 52

NUMERO DE ESTUDIANTES:

GRUPO:

NUMERO DE CRÉDITOS: 3

TIPO DE CURSO: TEÓRICO PRACTICO TEO-PRAC: X

Alternativas metodológicas:

Clase Magistral ( X ), Seminario ( X ), Seminario – Taller ( X ), Taller ( X ), Prácticas ( X ), Proyectos tutoriados ( X ), Otro: Aprendizaje colaborativo, aprendizaje autónomo, enseñanza problémica.

HORARIO:

| DIA | HORAS   | SALÓN |
|-----|---------|-------|
|     | 2 horas |       |
|     | 2 horas |       |

I. JUSTIFICACIÓN

La asignatura de Bioingeniería 1, desarrolla habilidades teóricas y prácticas que le permiten al estudiante aplicar los principios eléctricos, electrónicos para entender, modificar, diseñar e implementar bio-instrumentos que puedan registrar funciones fisiológicas y asistir en el tratamiento y diagnóstico de pacientes. La bioinstrumentación trata sobre los instrumentos empleados para obtener información al aplicar energía a los seres vivos, y también a aquellos dispositivos destinados a ofrecer una ayuda funcional o a la sustitución de funciones fisiológicas o de órganos. Los bio-instrumentos se emplean para diagnóstico, monitorización, terapia, electrocirugía y rehabilitación.

Los equipos de medida y registro de bioseñales tales como electrocardiógrafos, electroencefalógrafos, electromiógrafos, tensiómetros, cardiotacómetros, pulsioxímetros, termómetros, etc., se encuentran ampliamente en el ambiente hospitalario y son el soporte tecnológico para que a través de sus medidas, el médico pueda emitir el diagnóstico del funcionamiento de un sistema o de un órgano del cuerpo humano, para entrar a implementar un determinado tratamiento o terapia.

II. PROGRAMACIÓN DEL CONTENIDO (¿El Qué? Enseñar)

OBJETIVO GENERAL

Estudiar los principios básicos de la bioinstrumentación empleada en medicina en los cuales se utilizan dispositivos electrónicos de tal manera que el estudiante adquiera destrezas para el diseño de sistemas y/o equipos de instrumentación electrónica que permitan adquirir, registrar, medir, analizar y hacer procesamiento análogo o digital a cualquier bioseñal procedente del cuerpo humano.

Objetivos Específicos

Utilizar amplificadores de instrumentación y filtros activos de circuitos integrados para el procesamiento análogo de los bioseñales.

Adquirir los conocimientos sobre la clasificación de la bioinstrumentación

Adquirir conocimientos sobre los mecanismos, normas y criterios sobre seguridad eléctrica

Estudiar los sensores y transductores empleados en la bioinstrumentación

Estudiar y comprender el origen de los biopotenciales

Diseñar instrumentos análogos

Aplicar los conceptos de instrumentación para hacer medición, registro, análisis y procesamiento de bioseñales procedentes del sistema cardiovascular: ECG (Electrocardiografía), FCG (Fonocardiografía), RC (Ritmo cardiaco).

Estudiar los bioamplificadores aplicados al diseño la bioinstrumentación.

#### RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Interpretar señales biomédicas y relacionarlas con los fenómenos fisiológicos subyacentes.

Acondicionar señales biomédicas con criterios de sensibilidad, confiabilidad, repetibilidad, ausencia de interferencias, filtrado y con las restricciones que impone no distorsionar la información útil.

Conocer las técnicas de análisis y estimación espectral de señales biomédicas.

Reconocer y evaluar los parámetros clínicos de interés.

Conocer el funcionamiento físico y electrónico básico de sensores de instrumentación médica.

| PROGRAMA SINTÉTICO   |
|--|
| <p>Conceptos Básicos de la Bioinstrumentación.</p> <p>Seguridad Eléctrica.</p> <p>Sensores y Transductores de uso en Biomedicina.</p> <p>Sistemas de Acondicionamiento y Adquisición de Señales Bioeléctricas.</p> <p>Biopotenciales.</p> <p>Amplificadores de Bioinstrumentación.</p> <p>Electrocardiografía.</p> <p>Instrumentación Electrónica para Electrocardiografía.</p> <p>Electroencefalografía.</p> <p>Instrumentación Electrónica para Electroencefalografía.</p> <p>Electromiografía.</p> <p>Instrumentación Electrónica para Electromiografía.</p> <p>Presión Arterial.</p> <p>Instrumentación Electrónica para Presión Arterial y Cuidados Intensivos.</p> <p>Instrumentación Electrónica para Cirugía.</p>  |
| III. ESTRATEGIAS (El ¿cómo?)   |
| Metodología Pedagógica y Didáctica   |
| <p>Debido a que el curso se desarrolla a través de las clases magistrales, los temas tratados en cada sesión se hacen de manera general. Es necesario que el estudiante, en forma individual o en grupo, lea y estudie los detalles de cada tema en los textos escogidos y en especial del libro guía Notas de Clase. Los textos relacionados en la bibliografía son suficientes para todo el curso. Para los temas novedosos, se escogen textos complementarios que permitan estudiar más detalladamente los temas que corresponden al desarrollo de diseños, adicionalmente se desarrollarán ejemplos de ejercicios y se propondrán ejercicios para ser desarrollados en actividades extra-clase por parte de los estudiantes.</p> <p>Para ayudar a resolver las tareas o las dudas surgidas en clase, el estudiante cuenta con la asesoría del profesor en los horarios definidos para tal fin. Como una ayuda al estudio autónomo del estudiante, se asignarán tareas en cada sesión que permitirán profundizar en los conceptos planteados en las sesiones de clase y que serán evaluados a los estudiantes escogidos al azar en clase. Algunas de las sesiones se desarrollarán utilizando videos y diapositivas para facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje.</p> |

|                          | Horas |    |    | Horas profesor/<br>semana | Horas<br>Estudiante/<br>semana | Total Horas<br>Estudiante/<br>semestre | Créditos |
|--------------------------|-------|----|----|---------------------------|--------------------------------|--|----------|
| <b>Tipo de<br/>Curso</b> | TD    | TC | TA | (TD + TC)                 | (TD + TC +TA)                  | X 16 semanas                           |          |
| Teórico                  | 3     | 1  | 2  | 4                         | 6                              | 96                                     |          |

Trabajo Presencial Directo (TD): trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

Trabajo Mediado \_ cooperativo (TC): Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

Trabajo Autónomo (TA): Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)

## BIBLIOGRAFÍA

### Textos Principales

Aidley, DJ. The physiology of excitable cells. London: Cambridge University Press, 1983.

Conway, EJ. Nature and significance of concentration relations of potassium and sodium ions in skeletal muscle. *Physiol Rev.* 1957.

Beebe D. Signal Conversion. Biomedical Digital Signal Processing. Editorial Prentice Hall. University of Wisconsin. Madison, Wisconsin E.U.A. 1993.

Booch, G. Análisis y Diseño Orientado a Objetos con Aplicaciones. Segunda edición, Adisson Wesley / Díaz de Santos, 1995.

D. Jennings, A. Flint, B.C.H. Firton and L.D.M. Nokes. Introduction to Medical Electronics Applications. School of Engineering University of Wales, College of Cardiff. London, 1995.

Edman, A, Grampp, W. Ion permeation through hyperpolarization-activated membrane channels (Q-channels) in the lobster stretch receptor. *Pflugers Arch* 1989.

Enderle, J., Blanchard, S.,Bronzino, J. Introduction to Biomedical Engineering. Academy Press, New York, 2000.

Goldman, DE. Potential, impedance and rectification in membranes. *J Gen Physiol* 1943.

Hernández, M., Fernández, O. Adquisición y Presentación de Señales Biomédicas Utilizando Programación Basada en Multihebras. Tendencias Actuales en Bioingeniería. Sociedad Venezolana de Bioingeniería. Ramírez C - Bravo A Editores. VI Coloquio Nacional de Bioingeniería, UNET. San Cristóbal, Estado Táchira. 2000.

Hodgkin, AL, Horowitz, Y. The influence of potassium and chloride ions on the membrane potential of single muscle Fibres. *J Physiol Lond.* 1959.

Hodgkin, AL, Katz, B. The effects of sodium ions on the electrical activity of the giant axon of squid. *J Physiol Lond.* 1949.

Hodgkin, AL, Keynes, RD. Active transport of captions in giant axons from sepia and loligo. *J Physiol Lond* 1955.

Hodgkin, AL, Rushton, WAH. The electrical constants of crustacean nerve fibre. *Proc Roy Soc* 1946.

Junge, D. Nerve and muscle excitation. Sunderland: Sinauer Associates; 1992.

Kandel, ER. Cellular basis of behavior. An introduction to behavioral neurobiology. San Francisco: WH Freeman; 1976

Katz, B. Nerve muscle and synapse. New York: McGraw-Hill; 1966.

Myer, Kutz. Standard Handbook of Biomedical Engineering and Design. McGraw-Hill, New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul,Singapore, Sydney, Toronto. 2003.

Moore, J, Zouridakis, G., Biomedical Technology and Devices Handbook. Boca Raton London New York Washington, D.C. 1999.

Olson, W. Basic Concepts of Medical Instrumentation. Medical Instrumentation, 2004. Application and Design. John G. Webster Editor. Third Edition. New York, E.U.A. 1998.

Pallas, R. Transductores Bioeléctricos. Introducción a la Bioingeniería. Varios autores bajo la coordinación de Mompin J. Serie Mundo Electrónico, Editorial Marcombo. Barcelona, España. 1988.

Ramirez-Rodriguez, C., Vladimirova T. A hierarchical fuzzy neural system for ECG classification. En 3rd European, Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing (EUFIT'95). Acchen, Alemania, Pag. III 1668-1672, agosto 1995.

Ramírez-Rodríguez, C.A. Detección de Episodios de fibrilación auricular utilizando redes neuronales multicapa. En I Congreso Venezolano de Ingeniería Eléctrica. Mérida, Venezuela, octubre 1998.

Semmlow, John I., Robert Wood Johnson Medical School, New Brunswick, New Jersey, U.S.A., Rutgers University Piscataway, New Jersey, U.S.A. Biosignal and Biomedical Image Processing MATLAB-Based Applications. New York, 2004.

Thomas, RC. Membrane current and intracellular sodium changes in a snail neuron during extrusion of injected sodium. J Physiol Lond 1969.

Valentinuzzi, M. Objetivos de la Bioingeniería. Introducción a la Bioingeniería. Varios autores bajo la coordinación de Mompin J. Serie Mundo Electrónico, Editorial Marcombo. Barcelona, España. 1988.

#### Textos Complementarios

Notas de clase del profesor

| V. ORGANIZACIÓN / TIEMPOS (¿De qué forma?) |  |                         |
|--|--|-------------------------|
| Espacios, Tiempos, Agrupamientos           |  |                         |
| 1  | <b>CONCEPTOS BÁSICOS DE LA BIOINSTRUMENTACIÓN</b><br>Introducción<br>1. Estructura general de un sistema de instrumentación biomédica<br>1.1. Medida<br>1.1.1. Sensor<br>1.1.2. Acondicionamiento de la señal<br>1.1.3. Dispositivo de salida<br>1.1.4. Elementos auxiliares<br>1.2. Características de la instrumentación biomédica<br>1.3. Modos de funcionamiento alternativos<br>1.3.1. Modo de adquisición directo – indirecto<br>1.3.2. Modo de adquisición continuo – muestreado<br>1.3.3. Sensores generadores y moduladores<br>1.3.4. Modo de Adquisición Análogo y Digital<br>1.3.5. Modo de trabajo en Tiempo Real – Tiempo Retardado<br>1.4. Restricciones en las mediciones<br>1.5. Clasificación de la instrumentación biomédica<br>1.5.1. Norma Internacional de Clasificación de Instrumentos Biomédicos<br>1.5.2. Norma Colombiana de Clasificación de Instrumentos Biomédicos<br>1.5.3. Clasificación de Instrumentos Biomédicos según la Norma<br>1.6. Características estáticas generales de los equipos de instrumentación biomédica<br>1.6.1. Exactitud (Accuracy)<br>1.6.2. Precisión<br>1.6.3. Resolución<br>1.6.4. Reproducibilidad, Repetitividad<br>1.6.5. Control Estático<br>1.6.6. Sensibilidad<br>1.6.7. Desplazamiento del Origen<br>1.6.8. Deriva de la Sensibilidad<br>1.6.9. Linealidad<br>1.6.10. Rangos de Entrada<br>1.6.11. Impedancia de Entrada<br>1.6.12. Histéresis<br>1.7. Características dinámicas generales de los equipos de instrumentación biomédica<br>1.8. Criterios de diseño<br>1.9. Proceso de desarrollo comercial de la instrumentación biomédica<br>1.10. Especificaciones generales del equipo<br>1.10.1. Especificaciones del sensor de entrada<br>1.10.2. Especificaciones de Procesado de la señal<br>1.10.3. Especificaciones de salida<br>1.10.4. Fiabilidad y posibles errores<br>1.10.5. Especificaciones físicas y diversas | 1ª, 2ª, 3ª y 4ª semanas |
| 2  | <b>SENSORES Y TRANSDUCTORES DE USO EN BIOMEDICINA</b><br>Introducción<br>2.1. Clasificación de los sensores<br>2.1.1. Sensores físicos   | 5ª, 6ª y 7ª semanas     |

|   |   |                        |
|---|---|------------------------|
|   | 2.1.2. Sensores químicos<br>2.1.3. Electrodo de biopotenciales<br>2.2. Dispositivos de dirección, posición, distancia y movimiento<br>2.2.1. Transductores de desplazamiento<br>2.3. Transductores fotoeléctricos<br>2.4. Sensores de temperatura   |                        |
| 3 | <b>SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE SEÑALES BIOELÉCTRICAS</b><br>Introducción<br>3.1. Problemática de la captación de las señales bioeléctricas<br>3.1.1. Características generales de las señales bioeléctricas<br>3.1.2. Fuentes de ruido e interferencias en un bioamplificador<br>3.1.2.1. Interferencias capacitivas<br>3.1.2.1.1. Acoplamiento capacitivo con el paciente<br>3.1.2.1.2. Acoplamiento capacitivo con el equipo de medida<br>3.1.2.2. Interferencias inductivas<br>3.1.2.3. Potencial de contacto electrodo – piel<br>3.1.2.4. Interferencias provocadas por otros potenciales bioeléctricos<br>3.1.2.5. Interferencias provocadas por otros sistemas fisiológicos<br>3.1.2.6. Interferencias provocadas por cargas electroestáticas. Interferencias triboeléctricas<br>3.1.2.7. Fuentes internas de ruido<br>3.1.2.7.1. Interferencias debidas a la fuente de alimentación<br>3.1.2.7.2. Ruido generado por los componentes electrónicos<br>3.2. Diagrama de bloques de un bioamplificador<br>3.2.1. Preamplificador<br>3.2.1.1. Selección del modelo de amplificación<br>3.2.1.2. Amplificación diferencial<br>3.2.1.3. Ruido de red diferencial<br>3.2.1.4. Conexión de un amplificador de Bioinstrumentación<br>3.2.1.5. Tierra virtual<br>3.2.1.6. Realimentación activa<br>3.2.1.7. Técnicas de reducción de interferencia en modo común<br>3.2.1.8. Elección del preamplificador<br>3.2.2. Amplificador de aislamiento<br>3.2.2.1. Amplificadores aislados por acoplamiento óptico<br>3.2.2.2. Amplificadores aislados mediante acople por transformado<br>3.2.3. Sistemas de alimentación<br>3.2.3.1. Conversor DC-DC con aislamiento<br>3.2.3.2. Fuente de alimentación a partir de la batería | 8°, 9° y 10° semanas   |
| 4 | <b>ELECTROCARDIOGRAFOS</b><br>Introducción<br>4.1. El corazón<br>4.2. Anatomía del corazón<br>4.3. Sistema Cardiovascular<br>4.4. Función de bomba del corazón: Ciclo cardiaco<br>4.5. Fundamentos electrofisiológicos<br>4.6. Electrocardiograma<br>4.6.1. Diagrama en bloques de un ECG.<br>4.6.2. Funcionamiento de etapas<br>4.6.3. Cálculos de diseño<br>4.6.4. Tipos de derivaciones<br>4.6.4.1. Derivaciones del plano frontal<br>4.6.4.2. Derivaciones bipolares<br>4.6.4.3. Derivaciones monopares de las extremidades   | 11°, 12° y 13° semanas |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | 4.7. Implementación mediante simulador de un ECG |  |
|  | 4.7.1. Mediciones                                |  |



|  |   |                    |     |
|--|---|--------------------|-----|
| 5  | <b>ELECTROENCEFALOGRAFOS</b><br>Introducción<br>5.1. El cerebro<br>5.1.1. Electrogénesis cerebral, anatomía del cerebro<br>5.1.2. Electrogénesis cortical<br>5.1.3. Sincronización de la actividad cerebral<br>5.2. Captación del EEG. Ondas del EEG<br>5.2.1. Tipos de electrodos<br>5.2.2. Sistemas de posicionamiento de los electrodos superficiales. Protocolo 10-20<br>5.3. Montajes de un TUNE-UP mediante simulador<br>5.3.1. Mediciones y verificaciones de cálculos en simulador.   | 14º semana         |     |
| 6  | <b>ELECTROMIOGRAFOS</b><br>Introducción<br>6.1. Fundamentos fisiológicos. Anatomía del músculo<br>6.2. Cualidades del valor diagnóstico del EMG<br>6.3. Equipo instrumental. Características técnicas<br>6.4. Potenciales característicos en EMG<br>6.5. Aplicaciones clínicas<br>6.5.1. Electromiografía normal<br>6.5.1.1. Electromiografía de fibra única<br>6.5.4. Técnicas de estudio de la unión neuromuscular<br>6.5.4.1. Respuesta a estímulo único<br>6.5.4.2. Respuesta a la estimulación repetitiva<br>6.6. Montaje de un EMG mediante simulador<br>6.6.1. Mediciones y verificaciones de cálculos en simulador. | 15ª semana         |     |
| 7  | <b>PRESIÓN ARTERIAL Y OTROS</b><br>7.1. Presión Arterial.<br>7.2. Instrumentación Electrónica para Presión Arterial y Cuidados Intensivos.<br>7.3. Instrumentación Electrónica para Cirugía.  | 16ª semana         |     |
| VI. EVALUACIÓN (¿Qué? ¿Cuándo? ¿Cómo?)   |   |                    |     |
| ASPECTOS PARA EVALUAR DEL CURSO:   |   |                    |     |
| 1. Evaluación del desempeño docente  |   |                    |     |
| 2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita. |   |                    |     |
| 3. Autoevaluación.   |   |                    |     |
| 4. Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.  |   |                    |     |
| PRIMERA<br>NOTA  | Talleres, Trabajos, Quiz, Parcial   | Hasta semana<br>6  | 35% |
| SEGUNDA<br>NOTA  | Talleres, Trabajos, Quiz, Parcial   | Hasta semana<br>13 | 35% |
| EXAMEN<br>FINAL  | Evaluación escrita y sustentación de trabajo final  | Semana 17 y<br>18  | 30% |
| Aspectos para Evaluar del Curso  |   |                    |     |
| ASPECTOS PARA EVALUAR DEL CURSO:   |   |                    |     |
| 1. Evaluación del desempeño docente  |   |                    |     |
| 2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita. |   |                    |     |

3. Autoevaluación.

4. Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.

|                                      |       |        |       |
|--------------------------------------|-------|--------|-------|
| Datos del Docente                    |       |        |       |
| Nombre :<br>Pregrado :<br>Posgrado : |       |        |       |
|                                      |       |        |       |
| Asesorías: Firma de Estudiantes      |       |        |       |
| Nombre                               | Firma | Código | Fecha |
| 1.                                   |       |        |       |
| 2.                                   |       |        |       |
| 3.                                   |       |        |       |
| Firma del Docente                    |       |        |       |
| FECHA DE ENTREGA:                    |       |        |       |