

Asignatura: **Instrumentación Biomédica**

Código: 10-09216

RTF

10

Semestre: Octavo

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías aplicadas

Horas de Práctica

30

Departamento: Bioingeniería

Correlativas:

- Electrónica Digital II
- Electronica Analogica
- Transductores Y Sensores

Contenido Sintético:

- Introducción a la Instrumentación Biomédica.
- Instrumentación Biomédica en el Sistema Cardiovascular.
- Instrumentación Biomédica en el Sistema Respiratorio y en Sistemas de Anestesia.
- Instrumentación Biomédica en el Sistema Neurológico.
- Instrumentación Biomédica en el Sistema Renal.
- Instrumentación Biomédica en Cirugía y en el ámbito quirúrgico.
- Instrumentación Biomédica en Fisioterapia.
- Instrumentación Biomédica en Laboratorios de Análisis Clínicos.

Competencias Genéricas:

- CG2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG5. Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.
- CG7. Competencia para comunicarse con efectividad.

Aprobado por HCD: 960-HCD-2025

RES: Fecha: 1/12/2025

Competencias Específicas:

- CE1A: Comprender el proceso de esterilización.
- CE2: Interpretar y comprender señales e imágenes médicas y biológicas
- CE5: Investigar, diseñar, desarrollar, implementar o adecuar, en sus diferentes contextos y/o entornos, herramientas tecnológicas de instrumentación biomédica para su uso previsto y correcto. Mantener en óptimas condiciones de funcionamiento la Instrumentación Biomédica tanto de medición de parámetros fisiológicos y/o biológicos, como de tratamiento (en los que se requiere intervenir con energías en sus diversas formas) en los que se requiere de Instrumentación.
- CE7: Procesar señales e imágenes médicas y biológicas.
- CE8B1: Conocer el funcionamiento, características, criterios de selección y modelización de los dispositivos eléctricos y electrónico principales a emplear en Ingeniería Biomédica.
- CE8C: Diseñar, calcular y proyectar equipamientos e instrumental de tecnología biomédica utilizados en el área de salud.
- CE9: Proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de instalaciones, equipamientos e instrumental de tecnología biomédica, procesamiento de señales biomédicas y sistemas derivados de biomateriales utilizados en el área de salud.

Presentación

La actual oferta de recursos tecnológicos disponibles hace que se abran nuevos caminos en la investigación y desarrollo de dispositivos que puedan ir un paso más allá en el diagnóstico y terapéutica relacionados a la actividad médica. Es en este rumbo que la captación de señales biológicas y la forma en que se manipularán para su posterior evaluación y toma de decisiones por parte del personal de salud nos ofrece un campo con muchas posibilidades de desarrollo en lo que será el futuro campo de trabajo del Ingeniero Biomédico.

En este desafío de adquisición y posterior manejo de bio-señales cada vez más sensibles, cada vez más específicas, la Instrumentación Biomédica es la clave del proceso; incorporando las etapas de adquirir, filtrar, digitalizar y dejar disponibles señales tan pequeñas como ondas de EEG o ECG y ofreciendo la oportunidad de crear bases de datos para interpolar resultados y obtener diagnósticos específicos según múltiples características poblacionales de manera casi instantánea.

La materia Instrumentación Biomédica se inserta en el cuarto año y octavo cuatrimestre de la carrera de Ingeniería Biomédica. Los contenidos de la asignatura han sido seleccionados teniendo en cuenta el perfil del egresado de esta Carrera, y coordinados tanto verticalmente con las asignaturas previas y posteriores como horizontalmente con las otras asignaturas que se dictan en el mismo cuatrimestre.

En concordancia con el perfil del futuro profesional, esta asignatura aportará los principios de funcionamiento del instrumental electrónico de uso mas frecuente en el ámbito hospitalario, como así también nociones de las normas generales de seguridad en equipos usados en la práctica médica, además de las normas particulares de cada equipo.

La enseñanza se realizará partiendo de lo básico a lo específico centrándose fundamentalmente sobre puntos críticos y comunes a los equipos, sin caer en ninguno en particular para que el alumnado tenga una sólida y amplia formación de los principios de funcionamiento de cada uno de ellos. El nivel alcanzado deberá ser el suficiente para que el estudiante pueda profundizar por sí solo en detalle cualquier equipo específico dentro del área estudiada.

Durante el desarrollo de Instrumentación Biomédica el alumno adquirirá los conocimientos de las bases de diseño y funcionamiento de instrumentación utilizada a menudo en la medicina ya sean estos para diagnóstico y/o tratamiento de los sistemas fisiológicos humanos, aportando al educando conceptos que le permitirán enfrentar los desafíos reales e interactuar con otros profesionales de esta área.

Contenidos

Unidad 1: Introducción a la Instrumentación Biomédica.

Generalidades de la Instrumentación electrónica utilizada para diagnóstico y/o tratamiento de los diversos sistemas fisiológicos humanos. Principales parámetros fisiológicos humanos: rango y valores típicos. Interfases paciente-máquina y máquina-operador.

Electrodos. La interfase electrodo-electrolito. Polarización. Electrodo polarizables y no polarizables. Electrodo de cloro-cloruro de plata. Circuito equivalente y comportamiento del electrodo. La interfase electrodo-piel y los ruidos de movimiento, circuitos equivalentes.

Normas aplicables.

Unidad 2: Instrumentación Biomédica en el Sistema Cardiovascular.

Anatomía y función del corazón. La onda de presión: generación, propagación y forma de onda.

Medición de presión Invasiva: con catéter y sensor interno y externo. Medición de caudal y volumen de sangre.

Mediciones de presión No Invasiva: por sonidos de Korotkoff y por método oscilométrico. Mapa de Presión.

Generación y propagación de la estimulación eléctrica en el corazón. Potenciales en la superficie del cuerpo: electrocardiograma y derivaciones. Instrumentación: el electrocardiógrafo, monitoreo multiparamétrico.

Fibrilación ventricular. Instrumentación: el desfibrilador y/o cardioversor. Estimulación cardíaca, marcapasos. Normas aplicables.

Unidad 3: Instrumentación Biomédica en el Sistema Respiratorio y en Sistemas de Anestesia.

Compliance y Resistencia respiratoria. Modelo matemático. Variables físicas a medir: tiempo, presión, flujo y volumen. Sensores para mediciones respiratorias.

Sistemas para diagnóstico: Espirometría, Pletismografía y Rinomanometría. Características técnicas y normativa vigente.

Ventiladores Mecánicos. Conceptos básicos, características técnicas, normativa vigente, descripción de fallas, mantenimiento y programación elemental del equipo.

Oximetría y CO₂.

Anestesia y analgesia. Gases anestésicos y suministro mediante respiradores. Sistemas abiertos, cerrados y semicerrados. Monitoreo de gases y de planos cerebrales anestesiados. Sistemas de evacuación de Gases Anestésicos.

Unidad 4: Instrumentación Biomédica en el Sistema Neurológico.

La célula nerviosa, distintos tipos. Anatomía y fisiología del cerebro. Biopotenciales del cerebro: el EEG o Electroencefalograma. Distintos tipos de ondas. EEG normales y patológicos. Potenciales evocados.

El registro del EEG, el electroencefalograma. Estimulación cerebral, el electroshock.

Unidad 5: Instrumentación Biomédica en el Sistema Renal.

Funciones y fisiología del riñón. Hemodiálisis: diagrama de bloques. Descripción del sistema básico. Parámetros de control. Sistemas de control de temperatura y presión negativa. Ultrafiltración. Sistemas de seguridad: detección de hemoglobina y de aire.

Otros sistemas de diálisis. Instalaciones. Bioseguridad. Osmosis inversa. Normas aplicables.

Unidad 6: Instrumentación Biomédica en Cirugía y en el ámbito quirúrgico.

Principios físicos de la electrocirugía. Formas de onda y rango de frecuencias. Rangos de tensión y corriente. Efectos quirúrgicos del electrobisturí. Comparación de escalpelo vs electrobisturí.

Descripción del equipo. Accesorios. Ensayo y mantenimiento. Ensayo de Operación. Medición de Potencia. Problemas típicos. Fallas de retorno. Retorno a través de electrodos de monitoreo. Salida aislada vs salida referida a tierra.

Interferencias electromagnéticas. Sustancias inflamables o explosivas. Seguridad en electrocirugía.

Normatización: aspectos salientes de la norma IEC 60601-2-2.

Sistemas de esterilización: el autoclave a vapor, ciclos, tipos de temperatura usuales, aireación y secado.

Sistemas por UV, Óxido de Etileno y Formaldehído.

Unidad 7: Instrumentación Biomédica en Fisioterapia.

Efectos del campo electromagnético en el cuerpo humano. Equipos de onda corta y microondas. Electromagnetoterapia.

Efectos del ultrasonido en el cuerpo humano. Equipo de ultrasonido.

Fototerapia: equipos láser. Principios de funcionamiento. Tipos de láser.

Dosimetría energética. Formas de aplicación. Electroestimulación: iontoforesis, electroanalgesia, otros usos y equipos.

Unidad 8: Instrumentación Biomédica en Laboratorios de Análisis Clínicos.

Instrumental de laboratorio de análisis clínico. Generalidades de un laboratorio de análisis químico: concepto; procesos que se realizan en un laboratorio; muestras que se analizan. Clasificación.

Equipamiento mínimo según la especialidad. Equipos accesorios en un laboratorio.

Bioseguridad. Conceptos básicos. Niveles. Equipo mínimo de protección personal.

Normas mínimas de bioseguridad en un laboratorio.

Metodología De Enseñanza

Las etapas dictado y elaboración de temas que cubran las competencias de esta asignatura están sustentadas mediante el Aprendizaje Basado en Proyectos, con esta metodología de enseñanza se propicia que el alumnado desarrolle actitudes de aprendizaje para la adquisición de conocimientos, capacidad de resolución de problemas y habilidades de trabajo en equipo, con los docentes en el rol de tutores o facilitadores.

La asignatura se desarrollará a través de la modalidad de teórico-prácticos, cuya base de sustentación será la exposición dialogada. Se complementará con actividades de laboratorio, donde se aplicarán los conocimientos adquiridos. En este entorno se fomentará el trabajo grupal, para que el estudiante confronte ideas, y las relacione con el conocimiento adquirido y las nuevas situaciones con las que se encuentra. Se fomentará que los grupos tengan invitados relacionados con empresas o trabajos profesionales reconocidos en la temática del trabajo, con el fin de lograr un acercamiento a la realidad profesional.

El plantel docente confeccionará una Guía de Trabajo Práctico que será entregada a los estudiantes con anticipación a la actividad correspondiente. Esta Guía se conformará de la siguiente manera: en primer lugar se expondrán los objetivos del trabajo, solicitando al estudiante que lea atentamente los mismos, con el fin de otorgarle una idea en conjunto de la presente actividad. A continuación se detallarán los pasos a seguir para realizar la actividad. Se trabajará fundamentalmente en la interpretación y manejo de los datos de casos reales, su relación con la teoría aprendida y la interrelación de distintas disciplinas, abordando todas sus etapas, desde el proyecto, diseño, implementación y/o mantenimiento o testeo y normalización según el caso.

Evaluación

Se evaluará la integración y relación de conceptos trabajados en las clases teóricas, teórico-prácticas y actividades de laboratorio, mediante la participación de los estudiantes en las exposiciones de los temas asignados.

Habrán 3 (tres) evaluaciones parciales y una defensa del Trabajo Integrador que se desarrolló durante el dictado de la materia; se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- a. pertinencia conceptual en el caso elegido a resolver.
- b. originalidad en la solución propuesta.
- c. aplicabilidad real según el caso desarrollado.
- d. objetivos del caso logrados en tiempo y forma satisfactoria.
- e. interés y compromiso con el caso elegido.
- f. calidad del prototipo realizado, considerado como MVP (Minimum Viable Product - Producto Mínimo Viable);

- g. desempeño efectivo en el equipo de trabajo;
- h. calidad del informe escrito según las pautas explicitadas en clase;
- i. calidad de presentación oral según las pautas explicitadas en clase;
- j. calidad del prototipo realizado.

Condiciones de aprobación

Condiciones para la regularidad de la asignatura

Se tendrá en cuenta el régimen de estudiante vigente, aprobado por el Honorable Consejo Directivo de la FCEFyN.

El Trabajo Integrador, se presentará generando un informe escrito con su respectiva presentación oral. Se calificará a los estudiantes en una escala de 0 a 10 puntos. La aprobación exige un mínimo de 4, correspondiente al 60% correcto del contenido.

Se podrá recuperar sólo una de las instancias parciales, siendo condición, para rendir, haber aprobado las otras.

Condiciones para la promoción de la asignatura

1. Tener aprobadas las asignaturas correlativas.
2. Asistir al 80% de las clases teóricas y prácticas.
3. Aprobar todas y cada una de las instancias parciales de evaluación con nota no inferior a 7 (siete).
4. Presentar y aprobar el Trabajo Integrador con nota no inferior a 7 (siete)

Actividades Prácticas Y/O De Laboratorio

Objetivo

Otorgar a los estudiantes un medio para la interpretación y modo de actuar ante situaciones reales.

Propuesta metodológica

Al inicio de cada ciclo de clases se publicará el cronograma de actividades que incluirá los trabajos prácticos, y actividades de laboratorio relacionados a los mismos, incluso de ser necesario visitas para pruebas o prácticas de los prototipos. El centro del dictado estará basado en la realización de un proyecto práctico tipo prototipo, dónde se puedan detallar no sólo los pasos de diseño, selección de componentes, uso de herramientas de diseño asistido, implementación, testeo, pruebas sino también la concepción según las normativas vigentes de seguridad.

Resultados de aprendizaje

A continuación se indican las competencias y los resultados de aprendizaje relacionados:

Competencias	Resultados de aprendizaje
CG2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).	<ul style="list-style-type: none">• Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería específicamente desde el punto de vista de la Instrumentación Biomédica.• Aplicar los conocimientos adquiridos en materiales, informática, electrónica, transductores y sensores y otros campos relevantes para desarrollar soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades de cada caso particular.
CG5. Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.	<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar alternativas o mejoras de diseños en sistemas reales o prototipos implementados aplicando conocimientos de publicaciones científicas de referencia (IEEE – bioengineering).
CG7. Competencia para comunicarse con efectividad.	<ul style="list-style-type: none">• Aprender a comunicarse de manera efectiva en el ámbito de la ingeniería biomédica, desarrollando la capacidad de comunicarse con profesionales de diferentes disciplinas adaptando el lenguaje técnico esos diferentes perfiles.• Aprender a escuchar, transmitir información de manera clara y concisa y presentar sus ideas, proyectos e informes de manera convincente y pertinente en forma oral y escrita.

CE1A: Comprender el proceso de esterilización.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar conocimiento de los diversos equipos y alternativas tecnológicas para implementar este tipo de servicios en entornos reales hospitalarios.
CE2: Interpretar y comprender señales e imágenes médicas y biológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender las magnitudes y características de las diferentes señales biológicas humanas para poder seleccionar / implementar el tipo de sensor e instrumentación que permita su adquisición.
CE3: Gestionar, planificar y controlar la gestión integral de tecnología médica en los ámbitos de salud para lograr condiciones de uso seguro de la misma, optimizando el uso de recursos disponibles	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar y adecuar la gestión de selección de tecnología biomédica, utilizando datos de equipos comerciales simulando su uso en entornos reales hospitalarios. • Realizar comparativas tecnológicas de cada equipo entendiendo el significado de cada variable y su valoración en el contexto del sistema dónde se utilizará. • Diseñar sistemas de gestión de mantenimiento teniendo en cuenta la normativa vigente específica de cada equipamiento o su entorno de utilización y las normativas generales de seguridad.
CE7: Procesar señales e imágenes médicas y biológicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar las aptitudes que permitan diseñar / utilizar filtrados y procesados adecuados según la utilización de cada señal. • Diseñar/evaluar sistemas de muestreo y digitalización que permitan el correcto procesamiento de las diferentes señales.
CE8B1: Conocer el funcionamiento, características, criterios de selección y modelización de los dispositivos eléctricos y electrónicos principales a emplear en Ingeniería Biomédica.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar sistemas de monitoreo y/o alarmas adaptativos para mejorar las incidencias de falsos positivos en los sistemas multiparamétricos por medio del uso de la ciencia de datos.

CE8C: Diseñar, calcular y proyectar equipamientos e instrumental de tecnología biomédica utilizados en el área de salud.	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar en el trabajo final todas las características desarrolladas y aprendidas logrando desde el sensado hasta la visualización de la variable seleccionada.
CE9: Proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de instalaciones, equipamientos e instrumental de tecnología biomédica, procesamiento de señales biomédicas y sistemas derivados de biomateriales utilizados en el área de salud	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el uso y aplicación de simuladores y equipos comerciales de testeo y prueba. • Uso y manejo de herramientas de simulación por SW o en red de equipos comerciales orientadas a la aplicación clínica o validación funcional de cada sistema. • Diseñar sistemas de gestión de mantenimiento teniendo en cuenta la normativa vigente específica de cada equipamiento o su entorno de utilización y las normativas generales de seguridad.

Bibliografía Obligatoria

- Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. J. Webster, Editor – J. Wiley & Sons.1988
- Medical Instrumentation, Applications and Design - J. Webster, Editor – Houghton & Mifflin.1992
- The Biomedical Engineering Handbook – J. D. Bronzino, Editor – CRC / IEEE Press.1995
- Introducción a la Bioingeniería. J.M. Poblet. Editor – Ed. Marcombo 1988.
- Electromedicina - 2da ed- C. Del Aguila- Editorial Hasa.1994
- II Curso de Electromedicina – LIADE,1990
- Biomedical Equipment; use maintenance and management. J. J. Carr – Prentice Hall.1992
- Design and Development of Medical Electronic Instrumentation. D. Prutchi & M. Norris, Editor – J. Wiley,2004
- Handbook of Blood Pressure Measurement. LA Geddes – Humana Press.1992
- Biomecánica Arterial - R. Armentano, E. Cabrera Fisher – Ed. Akadia,1994
- Análisis Instrumental 2 ed – D. Scoog. D. West- MacGraw Hill.1989
- Centre for Excellence in Universal Design. (s/f). Universal Design—The 7 Principles. <https://universaldesign.ie/what-is-universal-design/the-7-principles/>

Referencias especializadas por unidad temática

1. Introducción a la instrumentación biomédica

- Kallet RH. 2020 Year in Review: Mechanical Ventilation During the COVID-19 Pandemic. Respiratory Care. 2021. [Link] <https://doi.org/10.4187/respcare.09257>
- Martinek R, et al. Advanced Bioelectrical Signal Processing Methods for Cardiac Signals. BioMed Eng Online. 2021. [Link] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8346990/>

Unidad 2. Electrodo

- Wu H, et al. Electrochemical Growth of Ag/AgCl Reference Electrodes on Silicon Substrates. Micromachines. 2023. [Link] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10347207/>
- Lin X, et al. Self-adhesive and biocompatible dry electrodes with maltitol for long-term biopotential monitoring. InfoMat. 2024. [Link] <https://doi.org/10.1002/idm2.12198>
- Nagwade P, et al. Prospects of soft biopotential interfaces for wearable devices. Soft Sci. 2023. [Link] <https://www.oaepublish.com/articles/ss.2023.12>

Unidad 3. Biopotenciales

- Palumbo A, et al. Biopotential Signal Monitoring Systems in Rehabilitation: A Review. Sensors. 2021. [Link] <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/21/7172>
- van der Bijl K, et al. Automatic ECG Quality Assessment Techniques. Appl Sci. 2022. [Link] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9689601/>

Unidad 4. Sistema cardiovascular: biomecánica (PA, flujo, caudal)

- Athaya T, et al. Noninvasive Methodologies to Estimate the Blood Pressure Waveform: A Review. Sensors. 2022. [Link] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9145242/>
- Nedel WL, et al. Accuracy and precision of oscillometric noninvasive blood pressure measurement in critically ill adults: Systematic review and meta-analysis. Adv Interv Ther. 2022. [Link] <https://www.ait-journal.com/Accuracy-and-precision-of-oscillometric-noninvasive-blood-pressure-measurement-in%2C155233%2C0%2C2.html>
- Bijender, et al. Flexible Resistive Sensing for Noninvasive Blood Pressure Monitoring. ACS Omega. 2024. [Link] <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c04786>

Unidad 5. Sistema cardiovascular: electrofisiología (ECG, desfibrilación, marcapasos)

- Anbalagan T, et al. Analysis of various techniques for ECG signals in healthcare applications: A review. Biomedical Signal Processing and Control. 2023. [Link] <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.104068>
- Ali STA, et al. Towards Reliable ECG Analysis: Addressing Validation and Generalization Pitfalls. Applied Sciences. 2024. [Link] <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/21/10078>
- Zhang Z, et al. Review of ECG data feature processing and classification. Proc. SPIE. 2022. [Link] <https://doi.org/10.1117/12.2660732>

Unidad 6. Sistema neurológico (EEG/MEG, PE, neuromodulación)

- Palumbo A, et al. (EEG/EMG/ECG) Review – Sensors 2021 (aplica a EEG/PE). [Link] <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/21/7172>
- Joutsen A, et al. ECG signal quality in intermittent long-term dry electrode recordings. Sci

Rep. 2024. (metodologías extrapolables a EEG) [Link]
<https://www.nature.com/articles/s41598-024-56595-0>

Unidad 7. Sistema respiratorio (espirometría, oxímetro, respiradores)

- Silverston P. Pulse oximetry in primary care: factors affecting accuracy and interpretation. Br J Gen Pract Open. 2022. [Link] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8884444/>
- FDA. Executive Summary: Review of Pulse Oximeters and Racial Bias in Accuracy. 2022. [Link] <https://www.fda.gov/media/162709/download>
- El-Hadj A, et al. Design and simulation of mechanical ventilators. Alexandria Engineering Journal. 2021. [Link] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8226155/>

Unidad 8. Anestesiología (capnografía, gases anestésicos)

- Wollner E, et al. Impact of capnography on patient safety in high- and low-income settings: scoping review. Br J Anaesth. 2020. [Link] <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.04.087>
- Assunção ASL, Cunha LDM. Barriers and Facilitators to the Use of Capnography in PACU: Scoping Review. Nursing Reports. 2025. [Link] <https://doi.org/10.3390/nursrep15080292>

Unidad 9. Sistema renal. Hemodiálisis

- Thajudeen B, et al. Advances in Hemodialysis Therapy. Cureus. 2023. [Link] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10241346/>
- Bieber SD, et al. Home Hemodialysis: Core Curriculum 2021. Am J Kidney Dis. 2021. [Link] [https://www.ajkd.org/article/S0272-6386\(21\)00644-2/fulltext](https://www.ajkd.org/article/S0272-6386(21)00644-2/fulltext)
- Nobakht E, et al. Precision Dialysis: Leveraging Big Data and AI. Kidney Int Rep. 2024. [Link] <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2024.06.010>

Unidad 10. Cirugía (electrobisturí, seguridad)

- El-Sayed MM, et al. Principles and safe use of electrosurgery in minimally invasive surgery. Gynecology and Pelvic Medicine. 2021. [Link] <https://cdn.amegroups.cn/journals/ales/files/journals/35/articles/6583/public/6583-PB13-2975-R3.pdf>
- IEC 60601-2-2:2017 + A1:2023. High-frequency surgical equipment – particular safety requirements. IEC Webstore. 2021/2023 (referencia normativa). [Link] <https://webstore.iec.ch/en/publication/72959>

Unidad 11. Neonatología (incubadoras, servocunas)

- Mishra U, et al. Thermoregulation, incubator humidity, and skincare practices in ULBW infants: narrative review. Front Pediatr. 2024. [Link] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11269412/>
- Koppen R, et al. Weaning small babies from incubator to cot. J Paediatr Child Health. 2024. [Link] <https://doi.org/10.1016/j.jpch.2024.04.004>
- Chen Z, et al. Effect of incubator humidity on morbidity and mortality in preterm infants. BMC Pediatr. 2025. [Link] <https://bmcpediatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12887-025-05538-3>

Unidad 12. Fisioterapia (US terapéutico, láser, electroestimulación)

- Vo K, et al. Advances in Wearable Biosensors for Healthcare (electroestimulación y

biofeedback). Biosensors. 2024. [Link] <https://www.mdpi.com/2079-6374/14/11/560>
• García-Serrano S, et al. Low-level laser therapy: current evidence and applications in rehabilitation. Lasers Med Sci. 2021. [Link] <https://doi.org/10.1007/s10103-021-03332-9>

Unidad 13. Instrumental de laboratorio de análisis clínico

• Rauh M, et al. Total Laboratory Automation and AI in Clinical Chemistry: Current Status and Perspectives. Clin Chim Acta. 2022. [Link] <https://doi.org/10.1016/j.cca.2022.10.021>
• Zaninotto M, et al. Pre-analytical variables in laboratory medicine: 2020 update. Clin Chem Lab Med. 2020. [Link] <https://doi.org/10.1515/cclm-2020-0095>

Unidad 14. Seguridad y normatización

• FDA. Pulse Oximeters: Limitations and Accuracy—Executive Summary. 2022. (implicancias de seguridad IEC/ISO). [Link] <https://www.fda.gov/media/162709/download>
• IEC TRF 60601-2-21:2021. Test Report Form for high-frequency surgical equipment. IEC. 2021. [Link] <https://webstore.iec.ch/en/publication/72959>

Bibliografía Ampliatoria

- Respiratory Care (Respiratory Care 2001; 46(5):531-539) ;AARC Clinical Practice Guideline - Static Lung Volumes: 2001 Revision & Update
- MedGraphics White Paper: Assessment of the Medical Graphics CPX EXPRESS and CPX/D Automated Respiratory Gas Analysis Systems, Scott Walschlager M.S., David Edwards M.S.and Michael Berry Ph.D., Wake Forest University 1996
- Invensys. Sensor system catalog. 2005.
- Lachmann B., Open the lung and keep the lung open - Intensive Care Medicine, 1992; 18: 319 – 321
- Siemens Medical Solutions AG, Technical Documentation for Servo Ventilator 300. Ver 3.1, 2003.
- Lachmann B., Danzmann E., Ventilator settings and gas exchange in RDS - Parkash editorial: Applied physiology in clinical respiratory care -pp 141 - 176
- Rappaport S.: Randomized, prospective trial of pressure-limited versus volume-controlled ventilation in severe respiratory failure. Crit. Care Med. 1994. 22: 22- 32
- Anesthetic Equipment- scavenging Systems for Excess Anesthetic Gases ANSI/Z79.11-1982
- Requirements for Oxygen Analyzers for Monitoring Patient Breathing-Mixtures ANSI/Z79.10-1979
- Minimum Performance and Safety requirements for Components and Systems of Continuous-Flow Anesthesia Machines for Human Use - ANSI/Z79.8 - 1979
- Breathing machines for Medical Use - ANSI/Z79.7-1976

Recursos web

- DATABASE OF PHYSIO SIGNALS

<https://archive.physionet.org/physiobank/database/>

- SOFTWARE DE SIMULACIÓN

<https://la.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/10858-ecg-simulation-using-matlab>

- ANALOG DEVICE -DESIGN CENTER <https://www.analog.com/en/design-notes/>

• MATACHANA – ACADEMIA – ESTERILIZACIÓN
<https://www.matachana.com/formacion-es/aula/>

- FLUKE KNOWLEDGE CENTER

<https://www.flukebiomedical.com/knowledge-center/application-notes-white-papers>