

Asignatura: **Transductores y Sensores**

Código: 10-09213

RTF

8

Semestre: Séptimo

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías Básicas

Horas de Práctica

22

Departamento: Electrónica

Correlativas:

- Electrónica
- Teoría de Redes y Control

Contenido Sintético:

- Conceptos básicos de los transductores y sensores.
- Medición de variables mecánicas — Térmicas, Sólido, Fluido, etc.
- Medición de variables espaciales
- Medición de tiempo y frecuencia
- Medida de variables electromagnéticas
- Medida de variables ópticas
- Medición de variables químicas
- Medición de radiaciones ionizantes
- Medición de variables biomédicas
- Acondicionamiento de señal en Sensores

Competencias Genéricas:

- CG2 - Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG6 - Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo
- CG9 - Aprender en forma continua y autónoma

Aprobado por HCD: 994-HCD-2023

RES: Fecha: 12/11/2023

Competencias Específicas:

- CE8.A1: Comprender los principios de la física e interpretar dichos fenómenos en situaciones reales y aplicables a la ingeniería biomédica.
- CE8.A2: Comprender los principios básicos de química aplicables a la Ingeniería biomédica.
- CE8.B1: Conocer el funcionamiento, características, criterios de selección y modelización de los dispositivos eléctricos y electrónicos principales a emplear en Ingeniería Biomédica.

Presentación

Transductores y Sensores se inserta como asignatura obligatoria en el cuarto año de la carrera de Ingeniería Biomédica. Los contenidos han sido seleccionados teniendo en cuenta el perfil del egresado de esta carrera y coordinados tanto con las asignaturas previas como con las del mismo cuatrimestre y las posteriores, incluidas las materias optativas.

La asignatura es también optativa de la carrera de Ing. Electrónica, insertándose en el 9° cuatrimestre.

Para poder extraer información del mundo físico necesitamos convertir distintas formas de energía en una señal eléctrica a fin de que después pueda ser procesada con los recursos de la electrónica y la computación en una información de utilidad para una aplicación determinada. Esa es la misión de los Transductores y Sensores. Según el campo de aplicación, serán de utilidad tanto para la Instrumentación Biomédica como para distintos tipos de procesos industriales que involucren la medición de parámetros físicos.

Dado que por su naturaleza misma el uso de los sensores es común y transversal a prácticamente todas las especialidades de las Ingenierías, se ha procurado un balance entre la infinidad de tecnologías disponibles, la mayor o menor relevancia en la industria, y la profundidad de tratamiento de cada una. Por el mismo motivo se procura mediante los ejemplos de aplicación, ejercicios de cálculo y trabajos prácticos abarcar la mayor cantidad y diversidad posible de aplicaciones.

Contenidos

1. Conceptos básicos de los transductores y sensores.

Terminología y definiciones. Sensor vs transductor. Características de diseño: de la propiedad física o principio de transducción, eléctricas, mecánicas. Características de performance: estáticas, dinámicas, ambientales. Criterios de selección. Ensayos de performance. Calibración, estándares. Dimensiones y unidades. Clasificación de sensores por tecnología utilizada vs por parámetro a medir o sensar.

2. Medición de variables mecánicas - Térmicas.

Significado físico de la temperatura. Escalas. Temperaturas de referencia. Calibración en termometría. Selección de sensores de T° . Condiciones que afectan la medición de T° . Comparación entre distintos tipos de sensores: termocuplas, termistores: NTC, PTC. RTD. Sensores integrados. Sensores a diodo. Pirómetros de radiación.

3. Medición de variables mecánicas - Sólidos

3.1 Deformación.

Principio de operación. Unidades. Distintas tecnologías: metal, semiconductor, película delgada, capacitivo, piezoeléctrico, fotoelástico. Criterios de selección. Montaje, Instrumentación. Factores que afectan la medición con Strain Gages. Calibración, precisión.

3.2. Peso, Fuerza, Torque.

Definiciones. Unidades. Sensores de fuerza: capacitivos, a reluctancia, a strain gage, piezoeléctrico, a elemento vibrante. Celdas de carga. Sensores de torque: a strain gage, reluctivos, fotoeléctrico, inductivos a desplazamiento de fase.

4. Medición de variables mecánicas - Fluidos

4.1 Presión.

Conceptos básicos. Unidades de medida. Ensayo y calibración de sensores de presión. Elementos de sensado: diafragma, cápsula, tubo Bourdon, etc. Sensores capacitivos, inductivos, a reluctancia, potenciométricos resistivos. Sensores a Strain Gage. Sensores piezoeléctricos. Servo-Sensores. Sensores con elementos vibrantes. Llaves de presión. Característica comparativa de performance. Medición de vacío.

4.2 Caudal.

Definiciones. Unidades. Mecánica de fluidos: líquidos y gases. Métodos de sensado: presión diferencial, mecánico, termal, magnético, oscilante, ultrasonido. Implementación de sensores: placa orificio, tubo Venturi, turbina, hélice/rotor, etc. Caudal de sólidos o mezclas.

4.3 Nivel.

Nivel en líquidos y en sólidos. Definiciones. Unidades de medida. Métodos de sensado: presión, pesado, flotadores, conductividad, capacitivo, transferencia de calor, óptico, oscilación amortiguada, ultrasonido, microondas, radioactividad.

4.4 Sonido

Conceptos básicos de sonido, ultrasonido, infrasonido. Unidades. Micrófonos: a condensador, piezoeléctricos, dinámicos. Hidrófonos. Calibración. Sensado de ultrasonido: piezoeléctrico, magnetoestrictivo. Sensado de infrasonido.

5. Medición de variables espaciales

5.1 Desplazamiento Lineal y Angular, Posición.

Definiciones. Unidades. Sensores: capacitivos, inductivos, reluctivos o LVDT. potenciométricos, ópticos. Codificadores (encoders) lineales y angulares. Sensado remoto: radar y sonar. Posición y actitud: giróscopos e inclinómetros.

5.2 Proximidad

Concepto de proximidad o presencia de un objeto. Mecanismo de sensado: inductivos sensibles a metales ferromagnéticos o no, capacitivos, luz visible o infrarroja, microondas,

ultrasonido. Llaves o contactos de posición. Criterios de selección. Montaje. Ensayo de performance.

5.3 Velocidad, Aceleración, Vibraciones.

Velocidad: definiciones, unidades. Velocidad lineal: electromagnético, rueda de medida. Velocidad angular (tacómetros): electromagnéticos, ópticos. Aceleración: definiciones, unidades. Acelerómetros: capacitivo, piezoeléctrico, potenciométrico, reluctivo, servoasistido, a Strain Gage, a elemento vibrante. Conceptos básicos sobre vibraciones. Sensores e instrumentación utilizada. Introducción al análisis de las vibraciones.

6. Medición de tiempo y frecuencia

Medición del tiempo: Evolución de los relojes y cronometraje. Osciladores atómicos. Definición del Segundo. Hora universal coordinada. Mediciones de intervalos de tiempo. Mediciones de Sincronización. Medición de frecuencia: Precisión y estabilidad de frecuencia. Estándares de frecuencia. Calibración y métodos de medición.

7. Medición de variables electromagnéticas

7.1 Electricidad

Medición de voltaje. Medición de corriente eléctrica. Medición de potencia. Medición del factor de potencia. Medición de fase. Medición de energía. Conductividad y Resistividad Eléctrica. Medición de carga. Mediciones de capacitancia. Permeabilidad e Histéresis. Medición de inductancia. Medición de distorsión. Medición de ruido.

7.2 magnetismo

Campo magnético. Unidades. Medida de campos en: vacío o gas, cuerpos ferromagnéticos sin entrehierro, cuerpos ferromagnéticos con entrehierro Métodos de sensado: Hall, magnetorresistivo, magnetrón. Campos variables: diversos métodos que usan inducción electromagnética.

8. Medición de variables ópticas

Conceptos fundamentales. Unidades. Métodos de sensado: fotovoltaico, fotoconductor, fotoemisor, termoeléctrico, piroeléctrico, fibras ópticas. Sensores específicos: célula fotovoltaica, fotomultiplicadores, fototransistor, LDR. Sensores de interrupción. Sensores por reflexión.

9. Medición de variables químicas

9.1 Sensores Químicos.

Electrodos de vidrio. PH. Sensores de gases: catarómetros, a cristales de cuarzo piezoeléctricos, catalíticos, capacitivos, resistivos, potenciométricos, amperométricos. Sensores a fibra óptica. Biosensores.

9.2 Humedad.

Conceptos básicos. Humedad en sólidos, líquidos y gases. Punto de rocío. Unidades. Principios de sensores: higrométricos, psicrométricos, de punto de rocío, sensor remoto. Calibración.

10. Medición de radiaciones ionizantes

Fenómenos Físicos utilizados para la Detección de Radiación. Características esperadas de un Detector de Radiación. Tipos y Características de los Detectores de Radiación. Dosímetros más utilizados. Componentes Básicos de un Detector de Radiación.

11. Medición de variables biomédicas

Introducción a los sensores y transductores biomédicos. Sensores de biopotencial (ECG, EEG, EMG). Sensores ópticos (sensores de oximetría de pulso, fotopleletismografía (PPG), espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS). Sensores mecánicos. Criterios de selección de sensores biomédicos. Calibración de sensores y evaluación del rendimiento. Colocación de sensores y acondicionamiento de señales. Tendencias emergentes en sensores biomédicos

12. Acondicionamiento de señal en Sensores.

Problemática del acondicionamiento de señal en sensores. Parámetros eléctricos relevantes al interfaseado. Discusión del circuito puente. Interferencias, blindaje, filtrado. Amplificadores para sensores. Linealización. Traslación y Transmisión de señal.

Metodología de enseñanza

Las etapas de construcción y elaboración de conocimientos son sustentadas mediante la exposición dialogada como estrategia didáctica y el empleo de proyección de diapositivas, videos, pizarrón y guía de estudio como materiales didácticos.

La fase de ejercitación y aplicación de los contenidos de la asignatura, se fundamenta tanto en el desarrollo teórico como en el práctico del presente curso. En estas instancias el trabajo individual y grupal, permite la conformación de ideas y el establecimiento de relaciones entre el conocimiento adquirido y situaciones nuevas planteadas desde otras problemáticas de la misma disciplina.

Las actividades de laboratorio, le permitirán al alumno una mejor comprensión de los temas tratados en las clases teóricas, la posibilidad de corroborar sus hipótesis y desarrollar nuevas conclusiones.

Las visitas a fábricas o instituciones donde se utilicen intensivamente sensores ampliará horizontes sobre las aplicaciones y simultáneamente una mayor comprensión de la realidad industrial de nuestro medio.

Modalidad de dictado:

Las actividades previstas son Clases Teóricas/Prácticas con ejercitación y demostraciones experimentales intercaladas, Trabajos Prácticos de laboratorio con uso intensivo/extensivo de sensores (no menos de 2 por ciclo de dictado), visitas a empresas o instituciones de

nuestro medio, un trabajo especial o monografía, clases de consulta, y tres parciales. El cronograma con detalle de actividades se publicará antes de comenzar el cuatrimestre y estará disponible para los alumnos desde el primer día de clases.

Duración del dictado de la Asignatura: 16 semanas.

Carga horaria total: 96 horas

Carga horaria semanal: 6 horas.

Frecuencia: dos veces por semana 3 h por día.

Régimen de dictado: Cuatrimestral. 1er. Cuatrimestre del año, 7° de la carrera para IB, 9° para IE

Evaluación

Tres Parciales (**P**) con evaluación combinada de: desarrollo descriptivo o teórico, ejercicios de aplicación y opción múltiple, al cabo de cada tercio de calendario del cuatrimestre. Incluyen temas estudiados en dichos lapsos. Las fechas de los parciales se anuncian con el cronograma, disponible desde el 1er día de clases. Los exámenes parciales se califican en una escala de 0 a 10 puntos. La aprobación exige un mínimo de 4 puntos que implica como mínimo el 60% del contenido del parcial.

Durante el cursado se deben resolver ocho trabajos prácticos (**TP**) que permitirán aplicar los contenidos teóricos y metodológicos en situaciones concretas. Se utilizarán distintas herramientas como resolución de problemas numéricos, análisis de casos, selección de sensores para situaciones específicas, etc.

Se desarrollarán dos talleres o laboratorios (**TL**) cuya finalidad es desarrollar las habilidades relacionadas con el correcto conexionado eléctrico de las diferentes tecnologías de sensores, las posibles fuentes de perturbación y diferentes opciones para reducirlas.

Los alumnos deberán elaborar un Trabajo Especial (**TE**) que podrá consistir en un trabajo práctico de aplicación de sensores o una monografía de investigación. En ambos casos el tema deberá ser acordado con la cátedra al inicio del curso. Los trabajos serán grupales cuando la envergadura del mismo así lo justifique. El trabajo se calificará contra entrega del informe respectivo y constituirá la cuarta nota.

Condiciones de aprobación

Requisitos para aprobar la materia por promoción:

- 80 % de asistencia a las clases teóricas-prácticas.
- Aprobación del 100% de las evaluaciones parciales (P), incluida instancia de recuperación sobre una de las instancias.
- Aprobación del 100% de las actividades prácticas (TP) propuestas.
- Aprobación del 100% de las actividades de laboratorio (TL) propuestas.

- Aprobación del trabajo especial (TE).

Calificación:

La calificación se obtendrá a través del siguiente polinomio:

$$0.2*\mathbf{P} + 0.2*\mathbf{TP} + 0.3*\mathbf{TL} + 0.3*\mathbf{TE}$$

Requisitos para alcanzar la regularidad.

- 80% de asistencia.
- Aprobación de 70% evaluaciones parciales (P), incluida instancia de recuperación sobre una de las instancias
- Aprobación del 100% de las actividades prácticas (TP) propuestas.
- Aprobación del 100% de las actividades de laboratorio (TL) propuestas.
- Aprobación del trabajo especial (TE).

Actividades prácticas y de laboratorio

Trabajos prácticos propuestos:

Trabajo práctico 1: Conceptos básicos

Trabajo práctico 2: Medición de variables mecánicas - térmicas

Trabajo práctico 3: Medición de variables mecánicas - sólidos

Trabajo práctico 4: Medición de variables mecánicas - fluidos

Trabajo práctico 5: Medición de variables espaciales

Trabajo práctico 6: Medición de variables ópticas

Trabajo práctico 7: Medición de variables biomédicas

Trabajo práctico 8: Acondicionamiento de señales

Trabajos de Laboratorio:

Trabajo de Laboratorio 1: Medición con puente de Wheatstone

Trabajo de Laboratorio 2: Conexiones NPN y PNP

Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

CG2 - Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.

Esta competencia requiere la articulación efectiva de diversas capacidades, entre las cuales se pueden detallar:

Desagregado de competencias	Resultados de aprendizaje
Capacidad para concebir soluciones tecnológicas.	<ul style="list-style-type: none">● Esta capacidad puede implicar, entre otras:● Ser capaz de relevar las necesidades y traducirlas a entes mensurables.● Ser capaz de seleccionar las tecnologías apropiadas.● Ser capaz de generar alternativas de solución.● Ser capaz de desarrollar criterios profesionales para la evaluación de las alternativas y seleccionar las más adecuadas en un contexto particular.● Ser capaz de documentar y comunicar de manera efectiva las soluciones seleccionadas.
2.b. Capacidad para diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.	<ul style="list-style-type: none">● Ser capaz de definir los alcances de un proyecto.

CG6 - Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo

Desagregado de competencias	Resultados de aprendizaje
Capacidad para identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo con ellas.	<ul style="list-style-type: none">● Ser capaz de asumir como propios los objetivos del grupo y actuar para alcanzarlos.● Ser capaz de proponer y/o desarrollar metodologías de trabajo acordes a los objetivos a alcanzar.● Ser capaz de respetar los compromisos (tareas y plazos) contraídos con el grupo y mantener la confidencialidad.
Capacidad para reconocer y	<ul style="list-style-type: none">● Ser capaz de escuchar y aceptar la existencia

<p>respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos.</p>	<p>y validez de distintos puntos de vista.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ser capaz de expresarse con claridad y de socializar las ideas dentro de un equipo de trabajo. ● Ser capaz de analizar las diferencias y proponer alternativas de resolución, identificando áreas de acuerdo y desacuerdo, y de negociar para alcanzar consensos. ● Ser capaz de comprender la dinámica del debate, efectuar intervenciones y tomar decisiones que integren distintas opiniones, perspectivas y puntos de vista. ● Ser capaz de interactuar en grupos heterogéneos, apreciando y respetando la diversidad de valores, creencias y culturas de todos sus integrantes. ● Ser capaz de hacer un abordaje interdisciplinario, integrando las perspectivas de las diversas formaciones disciplinares de los miembros del grupo.
<p>Capacidad para asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Ser capaz de aceptar y desempeñar distintos roles, según lo requiera la tarea, la etapa del proceso y la conformación del equipo. ● Ser capaz de promover una actitud participativa y colaborativa entre los integrantes del equipo. ● Ser capaz de reconocer y aprovechar las fortalezas del equipo y de sus integrantes y de minimizar y compensar sus debilidades. ● Ser capaz de realizar una evaluación del funcionamiento y la producción del equipo. ● Ser capaz de representar al equipo, delegar tareas y resolver conflictos y problemas de funcionamiento grupal. ● Ser capaz de asumir el rol de conducción de un equipo.

CG9 - Aprender en forma continua y autónoma

<p>Desagregado de competencias</p>	<p>Resultados de aprendizaje</p>
---	---

<p>Capacidad para reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Ser capaz de asumir que se trabaja en un campo en permanente evolución, donde las herramientas, técnicas y recursos propios de la profesión están sujetos al cambio, lo que requiere un continuo aprendizaje y capacitación. ● Ser capaz de asumir que la formación y capacitación continuas son una inversión. ● Ser capaz de desarrollar el hábito de la actualización permanente.
<p>Capacidad para lograr autonomía en el aprendizaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Ser capaz de desarrollar una estrategia personal de formación, aplicable desde la carrera de grado en adelante. ● Ser capaz de evaluar el propio desempeño profesional y encontrar los recursos necesarios para mejorarlo. ● Ser capaz de evaluar el propio aprendizaje y encontrar los recursos necesarios para mejorarlo. ● Ser capaz de detectar aquellas áreas del conocimiento propias de la profesión y/o actividad profesional en las que se requiera actualizar o profundizar conocimientos. ● Ser capaz de explorar aquellas áreas del conocimiento no específicas de la profesión que podrían contribuir al mejor desempeño profesional. ● Ser capaz de hacer una búsqueda bibliográfica por medios diversos (bibliotecas, librerías, Internet, centros de documentación, etc.), de seleccionar el material relevante (que sea a la vez válido y actualizado) y de hacer una lectura comprensiva y crítica del mismo.

Los objetivos generales de la materia son que los estudiantes puedan:

- Comprender los principios físicos que gobiernan al mundo de los transductores,
- Seleccionar el sensor más adecuado para una determinada aplicación
- Evaluar la electrónica necesaria para el acondicionamiento de las señales, la adaptación o interconexión con otros sistemas electrónicos y

- Analizar las principales aplicaciones de algunos sensores de uso extendido en aplicaciones industriales y biomédicas.

Al finalizar el cursado, los estudiantes van a ser capaces de:

- Determinar la variable más representativa para una determinada medición,
- Comprender en detalle las especificaciones técnicas dadas por los fabricantes,
- Seleccionar el sensor más apropiado para una aplicación en particular y
- Definir los componentes de toda la cadena de medición para asegurar una correcta medición.

También es de esperar que adquieran conocimientos relacionados con la CALIBRACIÓN y con las NORMAS aplicables para cada tema y su empleo en particular.

Bibliografía

Bibliografía Obligatoria

Webster, J. G. (2000). Mechanical variables measurement; solid, fluid and thermal. CRC Press.

Norton, H. (1989). Handbook of transducers. Prentice-Hall.

Bureau international des poids et mesures (2019). The International System of Units, 9th edition.

Bureau international des poids et mesures (2012). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM).

Bibliografía Ampliatoria

Omega Engineering (1998). Omega Transactions in measurement and control, Vol I: Non-Contact Temperature Measurement. Putman Publishing Company and OMEGA Press LLC.

Omega Engineering (1998). Omega Transactions in measurement and control, Vol II: Data Acquisition. Putman Publishing Company and OMEGA Press LLC.

Omega Engineering (1998). Omega Transactions in measurement and control, Vol III: Force-Related Measurements. Putman Publishing Company and OMEGA Press LLC.

Omega Engineering (1998). Omega Transactions in measurement and control, Vol IV: Flow & Level Measurement. Putman Publishing Company and OMEGA Press LLC.