



Universidad de Guadalajara

**Maestría en Ciencias en Ingeniería del Agua y La Energía  
Centro Universitario de Tonalá**

**Presentación**

Este curso está diseñado para proporcionar a los estudiantes de la *Maestría en Ciencias en Ingeniería del Agua y la Energía*, preparación tecnológica en el área de los Sensores y Transductores. Al terminar el curso el alumno conocerá los diferentes tipos de sensores y transductores para que a través del conocimiento de su funcionalidad, diseñe o implemente aplicaciones para distintos tipos de sistemas. Llevará su aplicación con técnicas y procedimientos de medición y control automático e instrumentación tanto en el ámbito del desarrollo científico tecnológico como en el ambiente industrial. En el transcurso del curso practicará con las herramientas para resolver diversos tipos de problemas de naturaleza física y química. Analizará el estudio de teorías y conceptos para adquirir destrezas en el uso de sensores y transductores, que le permitirán aplicar estos conocimientos a diferentes problemas de ingeniería en el ámbito del agua y la energía. Al final de este Curso-Taller, el alumno se capacita para diseñar sistemas con sensores y transductores, así como sus diferentes modos de acondicionamiento de señales.

**Competencias Genéricas**

La asignatura de Sensores y Transductores contribuye para que el estudiante se forme en las competencias del ámbito de la ingeniería en el agua y la energía siguientes:

Desarrollar en el alumno la habilidad del diseño físico-matemático.

Reconocer la utilidad y aplicabilidad de los sensores y transductores en el diseño y modelación de problemas físicos, tecnológicos industriales.

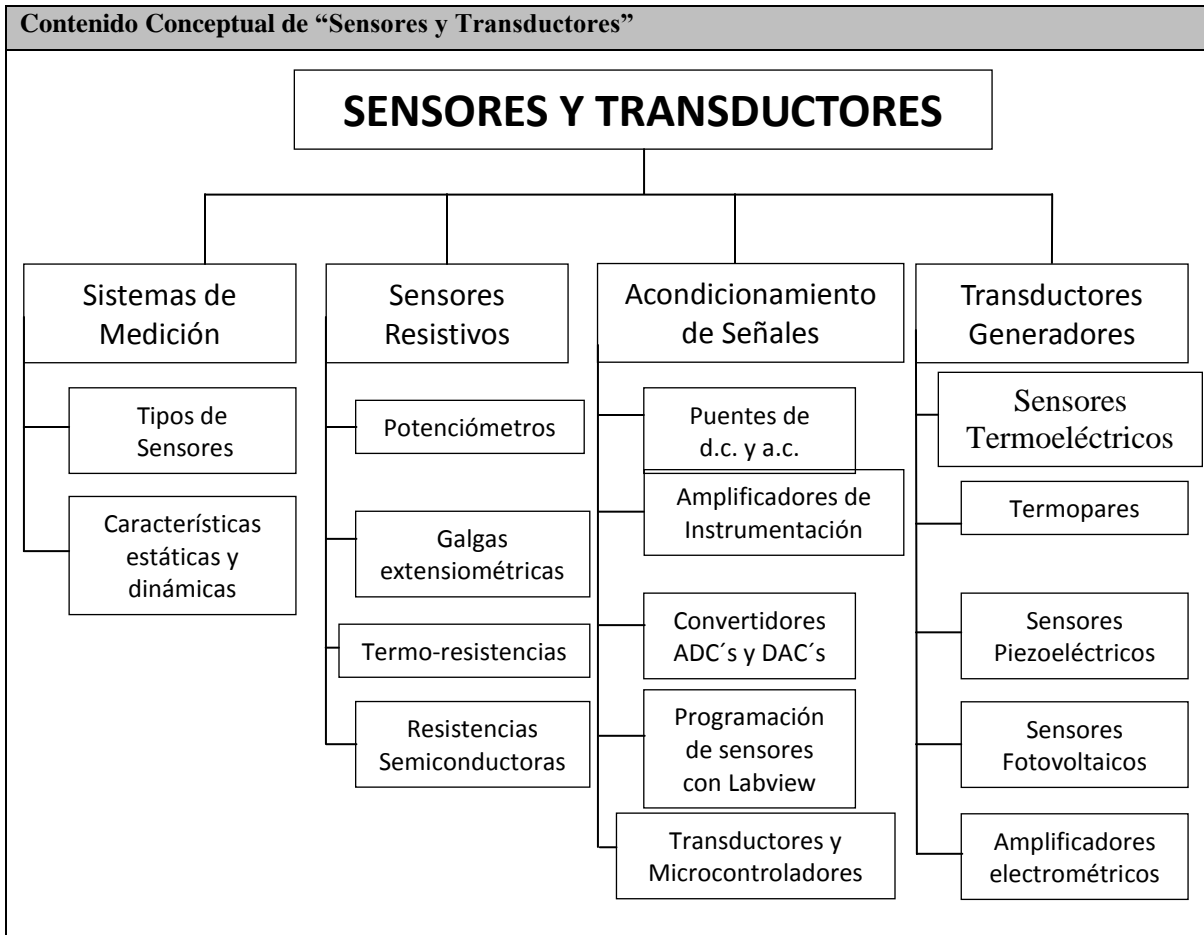
Aprender las técnicas básicas del uso de sensores y transductores en la resolución y diseño de sistemas aplicados al agua y energía.

Utilizar la electrónica analógica en la resolución de problemas para diseñar diferentes tipos de sistemas con sensores y transductores.

Diferenciar físicamente entre los tipos de sensores primarios, generadores y moduladores.

Reconocer el interés de los sensores, actuadores y transductores con aplicaciones a la detección de variables físicas con el fin de producir sistemas de medición y control automático.

Aplicar las técnicas de la teoría con microcontroladores en la solución de la instrumentación industrial y su acoplamiento parcial o total a los sistemas del agua y la energía.



<b>PROGRAMA DE ESTUDIOS</b>					
<b>Departamento:</b> División de Ciencias					
<b>Academia:</b>					
No aplica					
<b>Materia:</b> Sensores y Transductores					
Clave de la materia:	Prerrequisitos:		Co-requisitos	Tipo de asignatura	Tipo de curso:
I4695	Ninguno			Formación Básica Particular Selectiva	Curso Taller
Hrs./Semestre	Horas semana	Horas teoría:	Horas práctica:	Total de horas:	Valor de créditos:



## Universidad de Guadalajara

### Maestría en Ciencias en Ingeniería del Agua y La Energía Centro Universitario de Tonalá

96	5	64	32	96	6
----	---	----	----	----	---

Vigencia del plan	Vigencia del programa
2012	
Área de formación:	
Formación Básica Particular Selectiva	
Objetivo de la asignatura	
Analizar el estudio de teorías y conceptos para adquirir destrezas en el uso de sensores y transductores, que permitan aplicar los conocimientos adquiridos a diferentes problemas de ingeniería en el ámbito del agua y la energía. Utilizar sensores y transductores para medir variables con microcircuitos electrónicos, resolviendo problemas de física y química, practicar con la programación del Labview los procedimientos de medición.	
Aportación de la asignatura al perfil de egreso	

Competencias previas del alumno
Pensar, reflexionar, argumentar y expresar juicios críticos, analizando la información y el manejo lógico mental y manual que le ayuden en la construcción del conocimiento.

Perfil deseable del docente para impartir la asignatura
Maestría y/o Doctorado en una rama de las ingenierías, con conocimientos sobre fenómenos electromagnéticos, dispositivos electrónicos, física y química.

Competencias genéricas	Competencias disciplinares y/o profesionales

Contenido Temático.
<p><b>UNIDAD 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN</b></p> <p><b>Objetivo:</b> Familiarizarse con las variables, clasificando, comparando, analizando y resolviendo problemas para medir variables. Implementar transductores con los principios de operación básicos. Presentar discutir y remodelar sistemas que incluyan los elementos comunes de un sistema de medición.</p> <p>1.1.- Conceptos generales y terminología:</p> <p>1.1.1- Sistemas de medición.</p> <p>1.1.2- Transductores, sensores y accionamientos.</p> <p>1.1.3- Acondicionamiento de señales.</p> <p>1.1.4- Interfaces, dominios de datos y conversiones.</p> <p>1.2.- Tipos de sensores.</p> <p>1.3.- Configuración general entrada-salida: Interferencias y perturbaciones internas.</p> <p>1.3.1- Técnicas de compensación.</p> <p>1.4.- Características estáticas de los sistemas de medida, Exactitud, precisión, sensibilidad.</p> <p>1.5.- Linealidad, resolución.</p> <p>1.6.- Errores sistemáticos. Errores aleatorios.</p> <p>1.7.- Características dinámicas de los sistemas de medida.</p>



- 1.7.1.- Sistemas de medidas de orden cero.
- 1.7.2.- Sistemas de medida de primer orden.
- 1.7.3.- Sistemas de medida de segundo orden.
- 1.8.- Características de entrada: Impedancia, Sensores primarios.
- 1.9.- Sensores de temperatura: Bimetálicos.
  - 1.9.1.- Sensores de presión.
  - 1.9.2.- Sensores de flujo y caudal.
  - 1.9.3.- Sensores de nivel.
  - 1.9.4.- Sensores de fuerza.
- 1.10.- Materiales empleados en sensores.
  - 1.10.1.- Conductores, semiconductores y dieléctricos.
  - 1.10.2.- Materiales magnéticos.
- 1.11.- Técnicas de preparación con materiales micro sensores:
  - 1.11.1.- Técnicas de película gruesa y delgada.

#### UNIDAD 2. TRANSDUCTORES RESISTIVOS

**Objetivo:** Caracterizar, diseñar, construir, analizar los principios de galgas extensiométricas, ajustando sus parámetros de calibración, determinar las características, usos y aplicaciones de sensores de temperatura resistivos (RTD). Analizar los principios de foto resistencias en mediciones de variables. Se estudia el funcionamiento de cada uno de los elementos y sus campos de aplicación.

- 2.1.- Sensores Resistivos: Potenciómetros y Galgas extensiométricas.
- 2.2.- Efecto piezorresistivo: Tipos y aplicaciones.
- 2.3.- Detectores de temperatura resistivos (RTD)
- 2.4.- Termistores.
  - 2.4.1.- Tipos y aplicaciones. Linealización.
- 2.5.- Magneto resistencias.
  - 2.5.1.- Fotorresistencias e higrómetros resistivos.
- 2.6.- Fotorresistencias (LDR).
- 2.7.- Higrómetros resistivos.
- 2.8.- Resistencias semiconductoras para detección de gases

#### UNIDAD 3. ACONDICIONADORES DE SEÑAL PARA SENSORES RESISTIVOS

**Objetivo:** Diseñar circuitos típicos de acondicionadores de señal; divisores de tensión, puentes de wheatstone, comparadores y amplificadores de instrumentación. Utilizar métodos directos e indirectos para la determinación de parámetros resistivos. Dominar la utilización de técnicas eficientes para el acondicionamiento de señales. Usar dispositivos integrados específicos comparándolos contra sistemas discretos.

- 3.1.- Medidas de resistencias.
- 3.2.- Divisores de tensión: Potenciómetros.
  - 3.2.1.- Aplicación a termistores. Medidas dinámicas.
- 3.3.- Puente de wheatstone. Medidas por comparación.
  - 3.3.1.- Medidas por deflexión: Sensibilidad y linealidad.
  - 3.3.2.- Linealización analógica con puentes en sensores resistivos.
  - 3.3.3.- Calibración y ajuste de puentes con sensores resistivos.
  - 3.3.4.- Medidas diferenciales. Compensaciones.
  - 3.3.5.- Alimentación del puente de wheatstone.
- 3.4.- Amplificadores de instrumentación: Amplificadores diferenciales.
  - 3.4.1.- Amplificador de instrumentación basado en dos Amp. Op.
  - 3.4.2.- Amplificador de instrumentación basado en tres Amp Op.
  - 3.4.3.- Amplificadores de instrumentación monolíticos
- 3.5.- Interferencias: Tipos de interferencias y su reducción.



**UNIDAD 4. TRANSDUCTORES DE REACTANCIA VARIABLE Y ELECTROMAGNÉTICOS.**

**Objetivo:** Conocer, diseñar y utilizar sensores basados en fenómenos reactivos. Analizar los parámetros y circuitos equivalentes de estos dispositivos y su utilización como transductores. Analizar los dispositivos que utilizan el principio de reluctancia variable.

- 4.1.- Sensores capacitivos: Condensador variable. Condensador diferencial.
- 4.2.- Sensores inductivos: Sensores basados en una variación de reluctancia.
  - 4.2.1.- Sensores basados en corrientes de Foucault.
  - 4.2.2.- Transformadores diferenciales (LVDT).
  - 4.2.3.- Transformadores variables. Sensores magneto elásticos.
- 4.3.- Sensores electromagnéticos:
  - 4.3.1.- Sensores basados en la ley de Faraday en el efecto Hall

**UNIDAD 5. ACONDICIONADORES DE SEÑAL PARA TRANSDUCTORES DE REACTANCIA VARIABLE.**

**Objetivo:** Análisis de casos y aplicaciones. Analizar los circuitos con reactancia variable empleándolos como acondicionadores de transductores reactivos. Métodos alternativos para detectar desplazamiento.

- 5.1.- Puentes y amplificadores de alterna: Sensibilidad y linealidad.
  - 5.1.1.- Linealización analógica de puentes capacitivos.
  - 5.1.2.- Amplificadores de alterna.
  - 5.1.3.- Blindajes electrostáticos.
  - 5.1.4.- Convertidores de señal alterna-continua.
- 5.2.- Amplificadores y detectores de señal portadora.
  - 5.2.1.- Fundamento y estructura del amplificador de portadora.
  - 5.2.2.- Detección de fase. Aplicación LVDT
- 5.3.- Acondicionamientos específicos para sensores capacitivos
- 5.4.- Convertidores resolver a digital y digital a resolver:
  - 5.4.1 Convertidores digitales a resolver (D/R).
  - 5.4.2.- Convertidores resolver a digital (R/D).

**Unidad 6. TRANSDUCTORES GENERADORES**

**Objetivo:** Investigar, analizar, y aplicar los transductores generadores. Demostrar el efecto seebeck, presentar las respuestas de los diferentes tipos de termocuplas, analizar aplicaciones y compararlas contra el efecto Peltier. Analizar experimentar y diseñar sistemas con dispositivos piroeléctricos. Caracterizar dispositivos comerciales e implementar versiones operativas.

- 6.1.- Sensores termoeléctricos:
  - 6.1.1.- Termopares; Efectos termoeléctricos. Tipos de termopares.
  - 6.1.2.- Normas de aplicación práctica para los termopares.
  - 6.1.3.- Compensación de la unión de referencia en circuitos de termopares.
  - 6.1.3.- Sensores piezoeléctricos. Efecto piezoeléctrico.
  - 6.1.5.- Materiales piezoeléctricos. Aplicaciones
- 6.2.- Sensores piroeléctricos: Radiación:
  - 6.2.1.- Leyes de Planck, Wien y Stefan-Boltzmann.
- 6.3.- Sensores fotovoltaicos: Efecto fotovoltaico.
  - 6.3.1.- Materiales y aplicaciones
- 6.4.- Sensores electroquímicos.

**UNIDAD 7. ACONDICIONADORES DE SEÑAL PARA TRANSDUCTORES GENERADORES**

**Objetivo:** Conocer circuitos acondicionadores de señal, basados en los amplificadores de baja deriva, elec-



trométricos y de carga. Capacitar al alumno en esta familia de amplificadores. Inducir conocimientos y motivación para el dominio del tema incluyendo su aplicación.

- 7.1.- Amplificadores con bajas derivas:
  - 7.1.1.- Desequilibrios y derivas en amplificadores operacionales.
  - 7.1.2.- Amplificadores operacionales con autocorrección a la deriva.
  - 7.1.3.- Amplificadores compuestos y derivas en amplificadores de instrumentación.
- 7.2.- Amplificadores electrométricos:
  - 7.2.1.- Amplificadores de transimpedancia.
  - 7.2.2.- Electrómetros logarítmicos.
  - 7.2.3.- Electrómetros con puente de varactores.
  - 7.2.4.- Medidas de corrientes débiles mediante integración.
- 7.3.- Amplificadores de carga.
- 7.4.- Ruido en amplificadores: Ruido en amplificadores operacionales.
  - 7.4.1.- Ruido en amplificadores de instrumentación
- 7.5.- Deriva y ruidos en resistencias:
  - 7.5.1.- Derivas en resistencias variables. Ruido en resistencias

#### UNIDAD 8. TRANSDUCTORES DIGITALES.

**Objetivo:** Identificar dispositivos sensores de posición, con salida digital. Analizar y comparar dispositivos ópticos y alternativos. Modelar sensores de posición.

- 8.1.- Codificadores de posición
- 8.2.- Codificadores incrementales
- 8.3.- Codificadores absolutos
- 8.4.- Sensores auto resonantes:
  - 8.4.1.- Sensores basados en resonadores de cuarzo.
  - 8.4.2.- Galgas acústicas
- 8.5.- Sensores basados en cilindros vibrantes
- 8.6.- Sensores basados en dispositivos de ondas superficiales.

#### UNIDAD 9. MÉTODOS DE DETECCIÓN

**Objetivo:** Presentar técnicas no convencionales de detección. Repasar la teoría de operación del MOSFET su evolución y usos como sensor. Analizar y experimentar con principios de propagación acústica. Comprender el campo biomédico y sus principales sistemas.

- 9.1.- Sensores basados en semiconductores.
  - 9.1.1.- Termómetros basados en semiconductores.
  - 9.1.2.- Magneto-diodos y magneto-transistores.
  - 9.1.3.- Fotodiodos y fototransistores.
  - 9.1.4.- Detectores de radiaciones nucleares basados en uniones p-n.
- 9.2.- Sensores basados en transistores MOSFET
- 9.3.- Sensores basados en dispositivos de acoplamiento de carga (CCD).
  - 9.3.1.- Tipos de sensores de imagen CCD.
- 9.4.- Sensores basados en ultrasonidos.
- 9.5.- Bio-sensores

#### UNIDAD 10. TRANSDUCTORES INTELIGENTES E INSTRUMENTACIÓN DIGITAL

**Objetivo:** Presentar técnicas que se emplean en sistemas de interface y manejo de información. Conocer los conceptos y principios teóricos de instrumentación digital. Conocer protocolos e interfaces. Motivar con las presentaciones Labview.

- 10.1.- Concepto de sensor inteligente.



## Universidad de Guadalajara

### Maestría en Ciencias en Ingeniería del Agua y La Energía Centro Universitario de Tonalá

10.2.- Técnicas de compensación integrables. 10.3.- Osciladores variables: 10.3.1.- Osciladores senoidales. 10.3.2.- Osciladores de relajación. 10.3.3.- Osciladores variables CMOS. 10.3.4.- Linealidad en osciladores variables. 10.4.- Conversión a frecuencia o periodo: 10.4.1.- Conversión tensión-frecuencia. 10.4.2.- Conversión directa a frecuencia-período. 10.5.- Interfaces directas sensor-microcontrolador: 10.5.1.- Medidas de frecuencia. 10.5.2.- Medidas de periodo y tiempo. 10.5.3.- Cálculos y compensaciones. 10.5.4.- Medidas de velocidad. Tacómetros digitales. 10.6.- Sistemas de comunicación para sensores: 10.6.1.- Tele-medida por corriente: bucle 4-20 mA. 10.6.2.- Comunicación simultanea analógica y digital. 10.6.3.- Instrumentación digital: buses para sensores.
Encuadre del curso
Actividades de aprendizaje
Material y ambiente del aprendizaje

<b>Evaluación del aprendizaje</b>
<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN;</b> El objetivo del proceso de evaluación es analizar en qué grado adquiere el alumno competencias académicas sobre sensores y actuadores. Se plantean exámenes, tareas y practicas con procedimientos guiados con el fin de extraer y valorar los objetos de aprendizajes para la evaluación que se consideran en forma continua en el curso:  Resolver conceptualmente problemas de técnicas de medición y control de variables, que aborden los temas teóricos prácticos explicados en clase, ya sean nuevos y/o diferentes relacionados a temas de los ejercicios resueltos en las clases. Integrar conocimientos conceptuales en los distintos temas de teoría para resolver de manera creativa y original los problemas que se plantean. Exponer y definir razonadamente propuestas para la resolución de los problemas planteados. Implementar en la práctica soluciones de medición y control aplicando los conocimientos de la materia que se imparten en clase, como los adquiridos con las investigaciones bibliográficas. Expresar correctamente los conceptos de las técnicas de medición defendiendo las propuestas de implementación de forma clara y precisa en el laboratorio. Los estudiantes se evalúan continuamente con una evaluación continua a lo largo del semestre. Los contenidos y temporización de las evaluaciones se detallarán al comienzo de la impartición de la asignatura en el plan de trabajo con secuencias didácticas del curso.
<b>Evaluación sumativa y criterios para su aplicación;</b>
La parte teórica y la solución de problemas se evalúan, durante el semestre mediante dos exámenes parciales, en forma escrita convencional, se supone el 60 % de la calificación final. Los exámenes escritos deben aprobarse con un promedio de sesenta como mínimo en una escala de cero a cien. En cuanto a la parte del proyecto de laboratorio final, la calificación se obtiene por la valoración de un proyecto realizado a lo largo del



## Universidad de Guadalajara

### Maestría en Ciencias en Ingeniería del Agua y La Energía Centro Universitario de Tonalá

semestre y supone el 15 % de la calificación final. En las prácticas de laboratorio y las tareas, los alumnos realizan un documento escrito en cada trabajo con resultados y conclusiones de cada práctica y/o investigación, las tareas e investigaciones se entregan al profesor vía correo electrónico, y las prácticas se entregan redactadas en forma física, sobre la base de estos documentos, se proporciona el 20 % de la calificación. En las prácticas de laboratorio, su entrega es obligatoria, así como obtener también una nota mínima de sesenta en una escala de cero a cien. Los aspectos que más se consideran y analizan en la evaluación de las tareas y/o prácticas son las soluciones adoptadas para los problemas que se plantean, así como la precisión y completitud de las explicaciones que contienen los documentos escritos. Las fechas de entrega de tareas y/o practicas se fijan con suficiente anticipación, siempre se hace con unos días anteriores al día de entrega de tareas correspondientes, se procura que exista de por medio un fin de semana para que los alumnos tengan tiempo de elaborar el reporte y/o la práctica. En el trabajo final se implementa un proyecto por equipo, la presentación del proyecto genera el 7.5 % de la calificación final y el reporte escrito del mismo proyecto genera otro 7.5 %, para obtener el 15 % de la calificación final.

La calificación final con fecha de ordinario se acredita solamente si se cumple con un mínimo de 80% (Capítulo IV, artículo 20, sección II) del Reglamento General de Evaluación y Promoción de Alumnos, de asistencias al curso presencial y se tiene derecho a obtener la acreditación con fecha de extraordinario al obtener un mínimo del 65% (Capítulo V, artículo 27, sección II), de asistencias al curso, tal como lo marca el Reglamento General de Evaluación y Promoción de Alumnos.

Sobre los exámenes que se realizan en el período de extraordinario, y procediendo tal como dice el Reglamento General de Evaluación y Promoción de Alumnos en el Artículo 25, al aplicarlo sobre la calificación del extraordinario se obtiene como sigue: La calificación obtenida en el examen ordinario se multiplica por el factor 0.4 y la del extraordinario por el factor 0.8, al sumar los dos datos numéricos [Extraordinario =  $0.4(\text{Ordinario}) + 0.8(\text{Extraordinario})$ ] se obtiene la calificación correspondiente al extraordinario el valor resultante se deposita en la base de datos del SIIAU. Los alumnos dispondrán de la convocatoria de los exámenes ordinarios y, si procede, de la convocatoria de los exámenes extraordinarios. El alumno se considerará no presentado en la convocatoria ordinaria, cuando no se presente a ninguna de las dos pruebas de evaluación intermedia previstas.

Primer Examen Parcial.	30 %
Segundo Examen Parcial.	30 %
Asistencias al curso.	5 %
Tareas, prácticas y trabajo de investigación.	20 %
Proyecto de laboratorio final.	15 %
Calificación Total	100 %

Criterio	Rango de ponderación	Indicadores	Instrumentos
Saber	30 %	Dominio de la teoría	Exámenes abiertos de opción múltiple y resoluciones de problemas.
Saber hacer	40 %	Realización de tareas, practicas, investigaciones y proyectos.	Lista de cotejo, tareas entregadas y redacción de investigaciones.
Saber ser	30 %	Amabilidad, comprensión y agudeza profesional.	Conducta competitiva con sus condiscípulos.
Suma	100 %		
Cierre del curso del alumno;			
Cierre del curso por el docente, acciones de recuperación de información, juicios de valor y toma de decisiones;			





## Universidad de Guadalajara

### Maestría en Ciencias en Ingeniería del Agua y La Energía Centro Universitario de Tonalá

Fuentes de información para este curso					
No.	Autor(es)	Título;	Editorial	Año de edición	No. de páginas
Bibliografía					
<p>[1] Ramón Pallas Areny; Sensores y Acondicionamiento de Señal; 4ta. Edición, Alfaomega-Marcombo: 2007; 494 Pág.</p> <p>[2] Antonio Creus Sole; <b>Instrumentación Industrial; Alfaomega; 2005.</b></p> <p>[3] <b>Debelan; Diseño y Aplicación de los Sistemas de Medicion; Mc Graw Hill: 2005.</b></p> <p>[4] Pallas-Areny Ramon, Webster John G; Sensors and Signal Conditioning; John Wiley &amp; Sons; 2001.</p> <p>[5] <b>Bentley; Sistemas de Medición (Principios y Aplicaciones); CECSA; 2000.</b></p> <p>[6] Jacob Fraden; Handbook of Modern Sensors; AIP Press; 1996.</p> <p>[7] José Pelegrí, José Rafael Lajara; Labview: Programming Graphic Setting; Marcombo; Pages: 384.</p> <p>[8] E.O. Doebelin; Measurement systems, applications and design; Mc Graw Hill, 1990</p> <p>[9] David G. Alciatore, Michael B. Histan, Introducción a la Mecatrónica y los sistemas de medición, 3ra. Edición, McGraw Hill</p>					

Participantes en la elaboración del programa			
Código	Nombre completo	Academia	Fecha de elaboración del programa
Revisión B 9208232 9412158	Julieta Carrasco García José de Jesús Cabera Chavarría		22 de Julio 2016
Revisión A 7917333 9111042 2301326 2419025	Juan Gilberto Mateos Suárez Marco Pérez Cisneros César Gómez Hermosillo Edith Xio Mara García García Aida Lucia Fajardo Montiel		28 de Mayo 2012.
REVISION	Registró:	Registro.	
Coordinación de la Maestría en Ingeniería del Agua y la Energía.	Dra. Aida Lucia Fajardo Montiel 26 de Julio 2016	Minuta de Junta Académica 26 de Julio 2016	

Aida Lucia Fajardo M.