UNIVERSIDAD DE SONORA
Unidad Regional Centro
División de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial
LICENCIATURA INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

Nombre de la Asignatura: METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN					
Clave: 4636	**Créditos:** 6	**Horas totales:** 80	**Horas Teoría:** 1	**Horas Práctica:** 2	**Horas Semana:** 5
Modalidad: Presencial			**Eje de Formación:** Básico		
Elaborado por: M.C. RAMÓN A. LUQUE MORALES					
Antecedente: Dibujo Mecánico, Probabilidad y Estadística			**Consecuente:** Ninguno		
Carácter: Obligatoria			**Departamento de Servicio:** Ingeniería Industrial		

Propósito:

La asignatura pertenece al eje básico, se imparte en el tercer semestre y es de carácter obligatoria. El propósito principal es que los estudiantes desarrollen la habilidad para interpretar y utilizar adecuadamente instrumentos o equipos de medición del área de ingeniería, así como realizar la evaluación de un sistema de medición en base a normas nacionales e internacionales.

I. Contextualización

Introducción:

La metrología es la rama de la mecatrónica que estudia las mediciones de las magnitudes garantizando su normalización. El objetivo de las normas es obtener productos y servicios que cumplan con los requerimientos de los usuarios o clientes. La metrología también es útil para disminuir la incertidumbre en las medidas mediante un margen de tolerancia. La asignatura contiene el estudio del sistema de pesos y medidas. Su aplicabilidad opera tanto en el campo científico, industrial y legal. Su objetivo fundamental es la obtención y expresión del valor de las magnitudes empleando para ello instrumentos, métodos y medios apropiados, con la exactitud requerida en cada caso. La metrología tiene dos características muy importantes: el resultado de la medición y la incertidumbre de medida.

Esta asignatura aporta los conocimientos necesarios para interpretar y utilizar correctamente los diferentes instrumentos o equipos de medición utilizados en el área de ingeniería para controlar diferentes parámetros de operación, presentes en equipo y maquinaria con dispositivos mecánicos y/o eléctricos, todo esto apegado a las normas nacionales e internacionales. Lo anterior significa que se requiere tener el conocimiento de la existencia de normas nacionales e internacionales que deben de aplicarse al diseñar, instalar y operar equipos industriales.

Asimismo, la materia busca que el alumno aprenda a proyectar, gestionar, implementar y controlar la secuencia de actividades para la instalación y operación de los sistemas electromecánicos. Además, se requiere que el alumno utilice estrategias para el uso eficiente de la energía en los sectores productivos y de servicios. Las unidades didácticas se establecen a continuación.

En la unidad didáctica I se habla sobre la importancia de la metrología aplicada a las diferentes actividades de la

sociedad en general, tales como: comercio, industria, ciencia e ingeniería. La metrología, a través de las mediciones nos ayuda a comprender mejor el mundo en que vivimos y nos ayuda a tener una mejor vida.

En la unidad didáctica II se abordan los conceptos y términos que se utilizan en el área de metrología, los cuales se pueden encontrar en el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología), el uso del Sistema Internacional de Unidades

En la unidad didáctica III se analiza la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización para diferenciar entre una norma oficial mexicana (NOM) y una norma mexicana (NMX). Se explica la estructura y el proceso de normalización nacional e internacional y también se describen las funciones de un organismo acreditador y certificador.

En la unidad didáctica IV se abordan los diferentes instrumentos básicos de medición mecánica, (calibrador vernier, calibrador de carátula, calibrador digital, micrómetros, medidor de altura, medidor de pestaña, indicadores de vástago recto), e instrumentos básicos de medición eléctrica (multímetro y osciloscopio), explicar sus partes o componentes, funcionamiento, uso correcto, aplicación y cuidados, para obtener un resultado confiable del proceso de medición.

En la unidad didáctica V se aborda la evaluación de los sistemas de medición para que los datos medidos sean muy parecidos, lo cual se puede asegurar con algunas pruebas estadísticas tales como: exactitud, estabilidad, linealidad e histéresis, otra característica importante es que los datos medidos tengan la menor variación posible, esto se control con estudios de repetibilidad y reproducibilidad, con estas pruebas se asegura que un sistema de medición sea preciso y exacto.

En la Unidad didáctica VI se desarrolla el procedimiento básico de cálculo de incertidumbre de algún instrumento mecánico.

En la unidad didáctica VII se introduce al alumno a los instrumentos de medición avanzados utilizados en la industria aeroespacial, máquina herramienta y automotriz tales como máquina de medir por coordenadas, brazo articulado de medir por coordenadas y comparador óptico.

Perfil del(los) instructor(es):	Poseer Licenciatura en Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica o Ingeniero en Mecatrónica. Preferentemente con grado académico de maestría o especialidad. Con experiencia docente y desarrollo profesional comprobada cuando menos de dos años en el campo de la materia.

II. Competencias a lograr

Competencias genéricas a desarrollar:

- **Capacidad comunicativa.** Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas.
- **Pensamiento crítico.** Analiza críticamente los factores que influyen en su toma de decisiones.
- **Competencia digital.** Hace uso de herramientas y medios digitales en su desarrollo profesional. Utiliza en forma eficiente los recursos y herramientas digitales.
- **Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.** Elige las fuentes de información más relevantes para un propósito específico y discrimina entre ellas de acuerdo a su relevancia y confiabilidad.
- **Capacidad para la toma de decisiones.** Evalúa y sopesa información importante para identificar los

aspectos relevantes.

- **Capacidad para realizar investigación básica y aplicada.** Construye hipótesis y diseña y aplica modelos para probar su validez. Utiliza las tecnologías de la información y comunicación para procesar e interpretar información.

Competencias Específicas:

- CAPACIDAD PARA DISEÑAR Y GESTIONAR, PRODUCTOS Y PROCESOS MECATRÓNICOS.
  - Reproducir los conocimientos necesarios para cumplir con la normatividad sobre mediciones de variables y calibración de equipo.
- CAPACIDAD PARA ANALIZAR LA VARIACIÓN DE PARÁMETROS EN EQUIPOS Y SISTEMAS MECATRÓNICOS Y EMITIR DIAGNÓSTICOS DE EFICIENCIA DE LOS MISMOS.
  - Reproducir los conocimientos necesarios para el uso y selección adecuada de los diferentes instrumentos y/o equipos de medición que permitan controlar los diferentes parámetros mecánicos y/o eléctricos.
- HABILIDAD PARA ELABORAR HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y COMPONENTES PARA SU CORRECTA IMPLEMENTACIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES.
  - Elaborar y diseñar sistemas para asegurar la calibración de equipos y métodos para obtener el valor de magnitudes empleando técnicas apropiadas.

Objetivo General:

Seleccionar, utilizar y evaluar correctamente los instrumentos y equipos de medición del área mecánica o eléctrica, para realizar mediciones confiables, apegado a normas nacionales o internaciones. Así mismo conocer las aplicaciones industriales de los equipos de medición y su óptima calibración.

Objetivos Específicos:

1. Conocer la importancia y objetivos de los tres tipos de metrología que existen para lograr una estructura normalizada, las cuales son: metrología industrial, metrología legal y metrología científica.
2. Utilizar correctamente los conceptos y términos relacionados con la metrología industrial, metrología legal y metrología científica.
3. Ser capaz de identificar la diferencia entre normalización, acreditación y certificación, así como los requerimientos técnicos y legales relativos a las unidades de medida, los métodos de medición y los instrumentos de medir dentro del sector industrial.
4. Ser capaz de identificar y seleccionar el instrumento de medición adecuado en función de las características de calidad a evaluar, según las características del instrumento o equipo de medición, como: resolución, precisión, repetibilidad.
5. Desarrollar las diferentes pruebas estadísticas para realizar la evaluación de los sistemas de medición, asegurando así la precisión y exactitud.
6. Comprender y conocer el proceso de cálculo de incertidumbre básico y su correcta interpretación.
7. Conocer el funcionamiento general y principales aplicaciones industriales de los equipos de medición avanzada tales como máquinas de medir por coordenadas, brazo articulado de medir por coordenadas y comparador óptico.

Unidades Didácticas:

Unidad Didáctica I – ENTORNO DE LA METROLOGÍA
Unidad Didáctica II – CONCEPTOS GENERALES DE METROLOGÍA
Unidad Didáctica III – NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y ACREDITACIÓN
Unidad Didáctica IV – INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Unidad Didáctica V – EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN
Unidad Didáctica VI – INTRODUCCIÓN A LA ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE
Unidad Didáctica VII - INTRODUCCIÓN A INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN AVANZADOS

III. Didáctica del programa

Unidad didáctica I. **Entorno de la metrología**

En esta unidad se abordan las diferentes definiciones de la metrología y su importancia en la toma de decisiones en nuestra vida diaria, así como un bosquejo histórico del desarrollo de la metrología. Los temas desarrollados son:

- Importancia de la metrología.
- Antecedentes de la metrología.
- Aplicación de la metrología.
- Tipos de metrología: metrología industrial, legal y científica.

Unidad didáctica II. Conceptos generales de metrología

En esta unidad el alumno aprende a utilizar correctamente los conceptos y términos relacionados con la metrología industrial, metrología legal y metrología científica. Los temas cubiertos en esta unidad son:

- Conceptos básicos de metrología.
- Vocabulario internacional de metrología.
- Uso correcto del Sistema Internacional de Unidades.
- Conversión de unidades con respecto a otros Sistemas de Unidades.
- Sistema Metrológico Nacional.
- Trazabilidad e incertidumbre.

Unidad didáctica III. Normalización, certificación y acreditación

En esta unidad el alumno es capaz de identificar las exigencias legales, técnicas y administrativas, relativas a las unidades de medida, los métodos de medición y los instrumentos de medir. Los principales temas que se cubren son:

- Introducción y definiciones.
- Tipos de normas y su generación.
- Normas oficiales obligatorias y voluntarias.
- Organismos y entidades normalizadoras.
- Organismos y entidades de certificación y acreditación.
- La metrología como factor de calidad: ISO 9000:2015, IATF 16949:2016 y AS9100.

Unidad didáctica IV. Instrumentos de medición

En esta unidad el alumno identifica y selecciona el instrumento de medición básico en función de las

características de calidad a evaluar, con base en las especificaciones del instrumento de medición, el cual puede ser mecánico como eléctrico. Los temas que se cubren en esta unidad son:

- Instrumentos de medición básicos mecánicos.
- Instrumentos de medición básicos eléctricos.
- Proceso de medición.
- Errores de medición.

Unidad didáctica V. Evaluación de los sistemas de medición
En esta unidad el alumno evalúa la confiabilidad de las mediciones de un sistema de medición por medio de diferentes métodos estadísticos. En esta unidad se desarrollan los siguientes temas:

- Introducción a la evaluación de los sistemas de medición.
- Sesgo.
- Histéresis.
- Estabilidad.
- Sensibilidad.
- Linealidad.
- Estudio de repetibilidad y reproducibilidad: método de rangos (método corto).
- Estudio de repetibilidad y reproducibilidad: método de medias y rangos (método largo).
- Estudio de repetibilidad y reproducibilidad: método ANOVA.

Unidad didáctica VI. Introducción a la estimación de la incertidumbre
En esta unidad el alumno es capaz de realizar la estimación de la incertidumbre en un proceso de medición básico de acuerdo con la guía para la estimación de la incertidumbre de medición (GUM), paso por paso. Los principales temas que se cubren son:

- Repaso de conceptos básicos de estadística.
- Errores e incertidumbre de medición.
- Estimación de la incertidumbre de acuerdo a la GUM (procedimiento básico).
- Ejemplos prácticos.

Unidad didáctica VII. Introducción a equipos de medición avanzados
En esta unidad se le explica al alumno de manera general las principales aplicaciones industriales de los equipos de medición avanzada. Los temas cubiertos en esta unidad son:

- Máquina de medir por coordenadas: Configuraciones, tipos de errores, aplicaciones industriales.
- Brazo articulado de medir por coordenadas: Configuraciones, errores de medición, aplicaciones industriales.
- Comparador óptico: Configuraciones, errores de medición, aplicaciones industriales.

Criterios de desempeño:

1. Utilizar base de datos de bibliotecaria digital para la búsqueda de artículos de revistas científicas relacionadas con los temas de la asignatura.
2. Elaborar una síntesis de una página de las lecturas asignadas.
3. Entregar oportunamente al menos el 70% de las tareas asignadas.
4. Desarrollar correctamente el 90% de las prácticas de laboratorio.
5. Entrega de tareas hechas con calculadora y/o software estadístico (MINITAB) en tiempo y forma.
6. Presenta y aprobar cuando menos el 50% de exámenes escritos.
7. Entrega del reporte escrito en tiempo y forma de trabajo final, así como su presentación frente al grupo.

Experiencias de Enseñanza / procesos y objetos de aprendizaje requeridos:

1. Exposición del maestro.
2. Participación del alumno asociando los conocimientos con su aplicación.
3. Lectura de temas afines.
4. Interacción en clase.
5. Prácticas de laboratorio.
6. Visitas a empresas.
7. Asesoría individual y grupal.
8. Trabajo final.

Experiencias de aprendizaje:

1. Búsqueda de artículos científicos en base de datos bibliotecaria.
2. Organización de referencias bibliográficas y citas de trabajos utilizando aplicación de Mendeley.
3. Lectura previa de los materiales.
4. Elaboración de reporte de visitas a empresas.
5. Exposición de trabajos finales.
6. Defensa de tareas entregadas.

Recursos didácticos y tecnológicos (material de apoyo):

1. Laptop.
2. Cañón.
3. Pintarrón.
4. Conexión a internet.
5. Software: PowerPoint, Excel, MINITAB, Mendeley.
6. Web con material Estructura curricular del programa educativo.
7. Prototipos didácticos del laboratorio de Metrología.

Bibliografía	***Básica/ Complementaria***
Montgomery D.C. (2013). Introduction to Statistical Quality Control. 7th edition. New York: Edit. John Wiley and Sons.	***Básica***
Curtis Mark, Farago Francis T. (2013). Handbook of Dimensional Measuring. 5th edition. Edit. Industrial Press.	***Básica***
Connie L. Dotson. (2016). Fundamentals of Dimensional Metrology. 6th edition. Edit. Cengage Learning.	***Básica***

Gutiérrez Pulido, H. R. De La Vara Salazar. (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. 3ª edición. México: Edit. Mc Graw Hill.	***Básica***
T. Pfeifer. (2002). Production Metrology. Edit. Oldenbourg.	***Básica***
Robert J. Hocken, Paulo H. Pereira. (2011). Coordinate Measuring Machines and Systems 2nd edition. Edit. CRC Press.	***Básica***
Ammar Grous. (2011). Applied Metrology for Manufacturing Engineering. Edit. Wiley.	***Básica***
Jerzy A. Sladek. (2016). Coordinate Metrology: Accuracy of Systems and Measurements. Edit. Springer.	***Básica***
Ley Federal sobre Metrología y Normalización, Secretaría de Economía.	***Complementaria***
Sistema General de Unidades de Medida, Secretaría de Economía.	***Complementaria***
Vocabulario Internacional de Metrología,(2008). BIPM.	***Complementaria***
Guía para Estimar la Incertidumbre de Medición. (2000), Edit.CENAM.	***Complementaria***
Ford Motor Company. (2010). Análisis de Sistemas de Medición. 4th edición. Edit. AIAG.	***Complementaria***
Jay L. Devore. (2016). Probability and Statistics for Engineering and the Sciences. 9th edition. Edit. Cengage Learning.	***Complementaria***

IV. Evaluación Formativa de las Competencias

#	Tipo* (C,H,A)	Evidencias a evaluar	Criterios de evaluación	*Técnicas e Instrumentos de Evaluación	Ponderación %
1	C	Conceptos.	Se evaluará los conocimientos adquiridos de las unidades I ,II y III.	Primera parte de examen parcial escrito. Objetivo, tipo opción múltiple o falso y verdadero.	10 %
	C, H	Habilidad para utilizar el sistema internacional de unidades y conversiones entre sistema de unidades.	Se evaluará la habilidad para trabajar con el sistema internacional de unidades y otros sistemas de unidades.	Segunda parte de examen parcial escrito abierto.	10 %

#	Tipo* (C,H,A)	Evidencias a evaluar	Criterios de evaluación	*Técnicas e Instrumentos de Evaluación	Ponderación %
1	C, H	Síntesis de lecturas de artículos científicos. Ejercicios de práctica.	Entrega de trabajos solicitados para evaluar (1) la habilidad del estudiante para analizar las lecturas asignadas durante la asignatura y (2) la habilidad de trabajar con el sistema internacional de unidades.	Tareas y trabajos asignados.	06%
2	C	Conceptos.	Se evaluará los conocimientos adquiridos en la unidad IV y V.	Primera parte de examen parcial escrito. Objetivo, tipo opción múltiple o libre respuesta.	10 %
	C, H	Habilidad para seleccionar y utilizar la herramienta adecuada.	Planteamiento de escenarios para evaluar (1) uso adecuado de los instrumentos de medición (2) la habilidad para extraer conclusiones de los resultados de la evaluación de los instrumentos de medición.	Segunda parte de examen parcial escrito abierto.	20%
	C,H	Síntesis de lecturas. Ejercicios de práctica.	Entrega de trabajos solicitados para evaluar la habilidad del estudiante para analizar los datos relacionados con el uso de los instrumentos de medición y la evaluación de los sistemas de medición.	Tareas y trabajos asignados.	07%
3	C	Conceptos.	Se evaluará los conocimientos adquiridos en la unidad VII.	Primera parte de examen parcial escrito. Objetivo, tipo opción múltiple o falsa y verdadera.	10 %
	C, H	Habilidad para seleccionar y utilizar la herramienta adecuada.	La habilidad del estudiante de interpretar el cálculo de la incertidumbre de medición básica de un sistema de medición.	Segunda parte de examen parcial escrito abierto.	20 %
	C,H	Síntesis de lecturas. Ejercicios de práctica.	Entrega de trabajos solicitados para evaluar la habilidad del estudiante para analizar los datos relacionados con el cálculo de la incertidumbre de medición básica de un sistema de medición.	Tareas y trabajos asignados.	07%

#	Tipo* (C,H,A)	Evidencias a evaluar	Criterios de evaluación	*Técnicas e Instrumentos de Evaluación	Ponderación %
4	C,H, A	Proyecto final.	Evaluar los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas definiendo un problema real, levante datos relevantes, los analice y concluya presentando soluciones y forma de implementarlo.	Entrega del trabajo realizado y defensa ante el grupo de su trabajo realizado.	10 %
5	C,H,A	Prácticas de Laboratorio.	Evaluar la habilidad del estudiante en el uso correcto de los instrumentos de medición estudiados en clase y el análisis de datos para la evaluación práctica de un sistema de medición, por medio de los métodos estadísticos aprendidos en la asignatura.	Entrega de los problemas de los manuales de prácticas del laboratorio de metrología.	10 %
Total					**100 %**

C: Conocimientos H: Habilidades A: Actitudes