



**PLAN DE ESTUDIOS (PE):** Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en

Automatización

**AREA:** Posgrado

**ASIGNATURA:** Control No Lineal

**CÓDIGO:** MCEA 20700

**CRÉDITOS:** 7

**FECHA:** 9 de marzo de 2018





#### DATOS GENERALES

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nivel Educativo:</b>                                         | <b>Maestría</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Nombre del Plan de Estudios:</b>                             | <b>Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Modalidad Académica:</b>                                     | <b>Presencial</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Nombre de la Asignatura:</b>                                 | <b>Control No Lineal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Ubicación:</b>                                               | <b>1FCE6/202F</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Correlación:</b>                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Asignaturas Precedentes:</b>                                 | <b>Ninguna</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Asignaturas Consecuentes:</b>                                | <b>Ninguna</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Conocimientos, habilidades, actitudes y valores previos:</b> | <p><b>Conocimientos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimientos en el área de Ciencias Exactas (Matemáticas y Física).</li> <li>• Conocimientos en el área de Control Digital y Control Lineal.</li> </ul> <p><b>Habilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auto-aprendizaje.</li> <li>• Capacidad de análisis.</li> <li>• Capacidad de síntesis.</li> <li>• Plantear y resolver problemas.</li> </ul> <p><b>Actitudes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposición para trabajo en equipo.</li> <li>• Participación activa.</li> <li>• Interés por el conocimiento y la investigación.</li> <li>• Apertura al cambio y al diálogo.</li> <li>• Compromiso.</li> <li>• Colaboración.</li> </ul> <p><b>Valores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Respeto.</li> <li>• Tolerancia.</li> <li>• Honestidad.</li> <li>• Responsabilidad.</li> </ul> |



**2. CARGA HORARIA DEL ESTUDIANTE (Ver matriz 1)**

| Concepto                                                                                                   | Horas por periodo |           | Total de horas por periodo | Número de créditos |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|----------------------------|--------------------|
|                                                                                                            | Teoría            | Práctica  |                            |                    |
| Horas teoría y práctica<br>(10 horas-clase teóricas = 1 crédito)<br>(20 horas-clase prácticas = 1 crédito) | 50                | 40        | 90                         | 7                  |
| <b>Total</b>                                                                                               | <b>50</b>         | <b>40</b> | <b>90</b>                  | <b>7</b>           |





### 3. REVISIONES Y ACTUALIZACIONES

|                                                            |                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Autores:                                                   | <i>Amparo Dora Palomino Merino</i>                                                                                                                                                                     |
| Fecha de diseño:                                           | <i>10 Junio 2013</i>                                                                                                                                                                                   |
| Fecha de la última actualización:                          | <i>9 de Marzo de 2018</i>                                                                                                                                                                              |
| Fecha de aprobación por parte del Comité Académico:        | <i>16 de Abril del 2018</i>                                                                                                                                                                            |
| Fecha de aprobación por parte de la Academia del Programa: | <i>20 de Abril del 2018</i>                                                                                                                                                                            |
| Fecha de aprobación por parte del Secretario Académico:    |                                                                                                                                                                                                        |
| Fecha de aprobación por parte del CUA:                     |                                                                                                                                                                                                        |
| Revisores:                                                 | <i>Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño, Dra. Amparo Dora Palomino Merino, Dra. Olga Guadalupe Félix Beltrán, Dr. José Eligio Moisés Gutiérrez Arias, Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini.</i> |
| Sinopsis de la revisión y/o actualización:                 | <i>Se actualizó número de horas teórico-prácticas, el número de horas/semana, los créditos, el contenido y la bibliografía.</i>                                                                        |

### 4. PERFIL DESEABLE DEL PROFESOR (A) PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Disciplina profesional:  | <i>Sistemas de Control</i>   |
| Nivel académico:         | <i>Doctorado en Ciencias</i> |
| Experiencia docente:     | <i>Mínima de 3 años</i>      |
| Experiencia profesional: | <i>Mínima de 3 años</i>      |

### 5. OBJETIVOS:

#### 5.1

**General:** Estudiar las bases teóricas de los sistemas no lineales en general, su descripción analítica y sus características para aplicarlas en el diseño de controladores, para la solución de problemas de Control.

#### 5.2 Específicos:



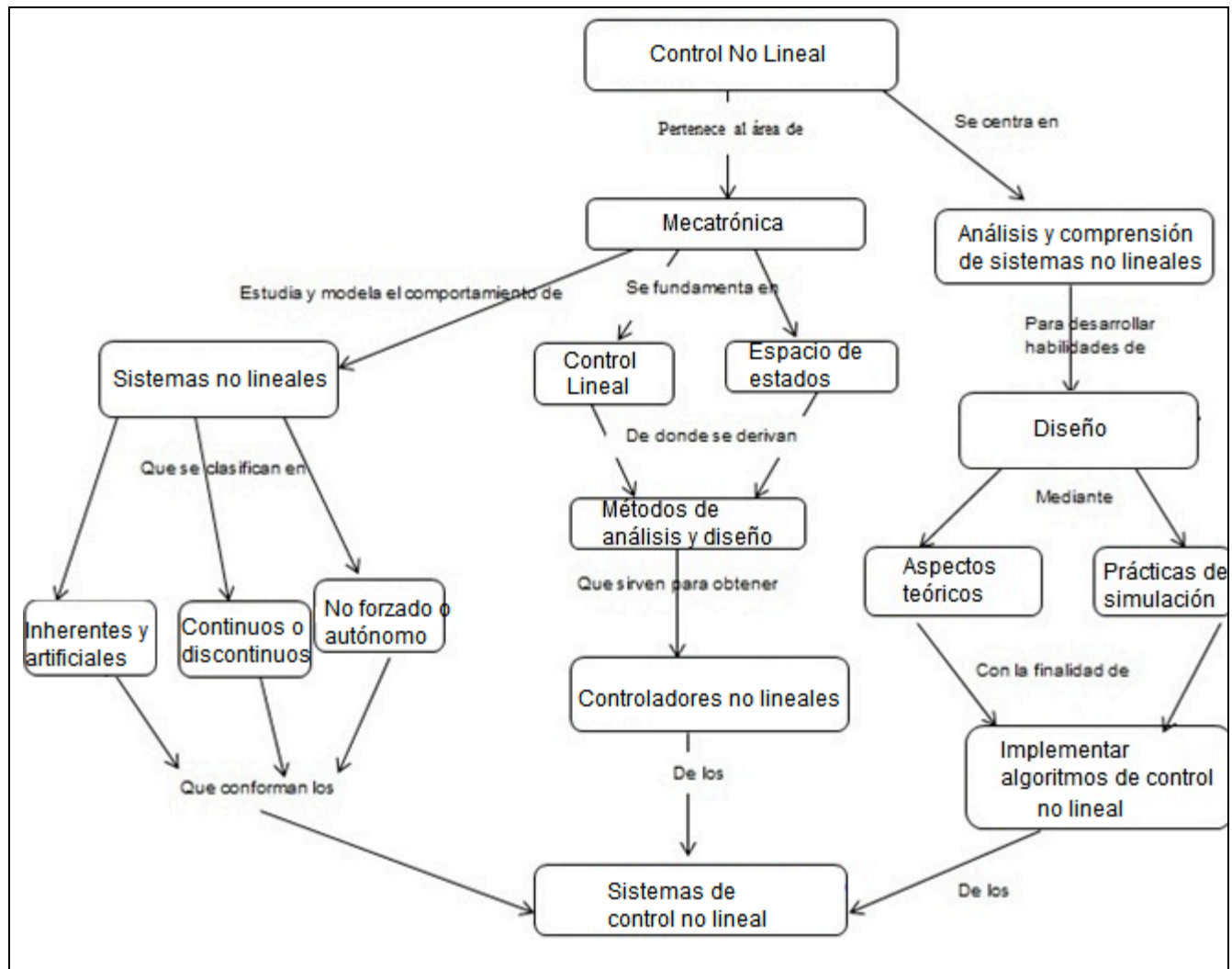


- Estudiar los fundamentos matemáticos relacionados con los fenómenos físicos de los sistemas no lineales.
- Comprender la relación entre los sistemas lineales y los no lineales.
- Estudiar y comprender las diferentes clases de problemas de estabilidad involucradas en el estudio de los sistemas dinámicos no lineales.
- Utilizar la aproximación en el espacio de estados para modelar sistemas dinámicos no lineales y analizar su estabilidad en el sentido entrada-salida.
- Diseñar sistemas de control no lineal mediante diferentes técnicas.

Nota: Cada objetivo deberá ser congruente con los contenidos de las unidades del programa de asignatura. (Deberán coincidir con los mencionados en el punto 7)

#### **6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ASIGNATURA:**

A large, empty rectangular box with a black border, intended for the graphical representation of the subject.



## 7. CONTENIDO

| Unidad                        | Objetivo Específico                                                                                     | Contenido Temático/Actividades de aprendizaje                                                                                           | Bibliografía                                                                                                                                         |                                                                    |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                               |                                                                                                         |                                                                                                                                         | Básica                                                                                                                                               | Complementaria                                                     |
| 1<br>Preliminares matemáticos | Estudiar los fundamentos matemáticos relacionados con los fenómenos físicos de los sistemas no lineales | 1.1 Introducción.<br>1.2 Fenómenos físicos no lineales.<br>1.3 Puntos de equilibrio.<br>1.4 Retratos de fase.<br>1.5 Órbitas Periódicas | 1. Nonlinear Systems, 3ed. Hassan. K, Khalil, Parson, 2017.<br>2. Applied Nonlinear Control. J-J Slotine, y Li Weiping, Pearson, Prentice Hall, 1991 | 1. Nonlinear Systems Análisis. M. Vidyasagar, Prentice Hall, 1993. |





| Unidad                                 | Objetivo Específico                                                                                                                      | Contenido Temático/Actividades de aprendizaje                                                                                                                                                                                                                                  | Bibliografía                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                | Básica                                                                                                                                                                        | Complementaria                                                                                                                                                              |
|                                        |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3. PhasePlane                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                             |
| <b>2</b><br>Sistemas de segundo orden  | Comprender la relación entre los sistemas lineales y los no lineales                                                                     | 2.1 Comportamiento cualitativo de los sistemas lineales<br>2.2 Múltiples puntos de equilibrio<br>2.3 Comportamiento cualitativo cerca de los puntos de equilibrio<br>2.4 Ciclos límite<br>2.5 Construcción de los Retratos de fase<br>2.6 Existencia de las órbitas periódicas | 1. Nonlinear Systems.<br>Hassan. K, Khalil, Prentice Hall, 2007.<br>2. Applied Nonlinear Control.<br>J-J Slotine, y Li Weiping, Pearson, Prentice Hall, 1991<br>3. PhasePlane | 1. Nonlinear Control Systems II.<br>A. Isidori, Springer-Verlag. 2012.<br>2. Nonlinear Systems: Analysis stability and control.<br>Sankar S. Sastry, Springer-Verlag, 1999. |
| <b>3</b><br>Estabilidad de Lyapunov    | Estudiar y comprender las diferentes clases de problemas de estabilidad involucradas en el estudio de los sistemas dinámicos no lineales | 3.1 Sistema autónomo<br>3.2 El Principio de Invarianza<br>3.3 Sistemas lineales y linealización<br>3.4 Funciones de comparación<br>3.5 Sistemas no autónomos<br>3.6 Estabilidad entrada a estado                                                                               | 1. Nonlinear Systems, 3ed.<br>Hassan. K, Khalil, Parson, 2017.<br>2. Applied Nonlinear Control.<br>J-J Slotine, y Li Weiping, Pearson, Prentice Hall, 1991<br>3. PhasePlane   | 1. Nonlinear Systems Análisis.<br>M. Vidyasagar, Prentice Hall, 1993.                                                                                                       |
| <b>4</b><br>Estabilidad Entrada—Salida | Utilizar la aproximación en el espacio de estados para modelar sistemas dinámicos no lineales y                                          | 4.1 Estabilidad $\mathcal{L}_2$<br>4.2 Estabilidad $\mathcal{L}_2$ de modelos de estado<br>4.3 Ganancia $\mathcal{L}_2$<br>4.4 Teorema de Pequeña Ganancia                                                                                                                     | 1. Nonlinear Systems, 3ed.<br>Hassan. K, Khalil, Parson, 2017.<br>2. Applied Nonlinear Control.<br>J-J Slotine, y Li Weiping,                                                 | 1. Nonlinear Control Systems II. A. Isidori, Springer-Verlag. 2012.<br>2. Nonlinear Systems:                                                                                |





| Unidad                                    | Objetivo Específico                                               | Contenido Temático/Actividades de aprendizaje                                                                                                                 | Bibliografía                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                                                                   |                                                                                                                                                               | Básica                                                                                                                                                                | Complementaria                                                                                                                                                        |
|                                           | analizar su estabilidad en el sentido entrada-salida              |                                                                                                                                                               | Pearson, Prentice Hall, 1991<br>3. PhasePlane                                                                                                                         | Analysis stability and control.<br>Sankar S. Sastry, Springer-Verlag, 1999.                                                                                           |
| <b>5</b><br>Control por retroalimentación | Diseñar sistemas de control no lineal mediante diferentes métodos | 5.1 Estabilización por Linealización<br>5.2 Control Integral por Linealización<br>5.3 Linealización entrada - salida<br>5.4 Linealización del estado completo | 1. Nonlinear Systems, 3ed. Hassan. K, Khalil, Parson, 2017.<br>2. Applied Nonlinear Control. J-J Slotine, y Li Weiping, Pearson, Prentice Hall, 1991<br>3. PhasePlane | 1. Nonlinear Control Systems II. A. Isidori, Springer-Verlag. 2012.<br>2. Nonlinear Systems: Analysis stability and control. Sankar S. Sastry, Springer-Verlag, 1999. |

**Nota:** La bibliografía deberá ser amplia, actualizada (no mayor a cinco años) con ligas, portales y páginas de Internet, se recomienda utilizar el modelo editorial que manejen en su unidad académica (APA, MLA, Chicago, etc.) para referir la [bibliografía](#)







## 8. CONTRIBUCIÓN DEL PROGRAMA DE ASIGNATURA AL PERFIL DE EGRESO

| Asignatura        | Perfil de egreso<br>(anotar en las siguientes tres columnas, cómo contribuye la asignatura al perfil de egreso ) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | Conocimientos                                                                                                    | Habilidades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Actitudes y valores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Control No Lineal | Conceptos especializados en control de sistemas no lineales, análisis, diseño e implementación.                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicación asertiva.</li> <li>Comprensión de textos.</li> <li>Pensamiento formal.</li> <li>Plantear y resolver problemas.</li> <li>Apropiarse de diferentes métodos y técnicas para diseñar e implementar controladores para sistemas no lineales.</li> <li>Desarrollar y aplicar técnicas, métodos y procesos pertinentes para el análisis de problemas y síntesis de soluciones, mediante tecnologías en el área de sistemas controlados por computadora.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener un alto sentido de responsabilidad por la función y las actividades que le sean asignadas.</li> <li>Iniciativa, constancia y perseverancia ante las tareas asignadas.</li> <li>Disposición para colaborar en equipos de trabajo.</li> <li>Compromiso social, tolerancia, solidaridad y respeto en la convivencia cotidiana.</li> <li>Empatía y apertura al diálogo.</li> </ul> |

## 9. Describa cómo el eje o los ejes transversales contribuyen al desarrollo de la asignatura (ver síntesis del plan de estudios en descripción de la estructura curricular en el apartado: ejes transversales)

| Eje (s) transversales     | Contribución con la asignatura                                                                                                              |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Formación Humana y Social | El alumno debe discutir y llegar a acuerdos de forma democrática y crítica para dar soluciones a problemas presentados en la asignatura los |





|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                            | cuales generalmente tiene diferentes maneras de resolverse.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Desarrollo de Habilidades en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación | Uso de internet para la búsqueda de información pertinente a la asignatura en bibliotecas virtuales.                                                                                                                                                                                                                         |
| Desarrollo de Habilidades del Pensamiento Complejo                                         | A partir de lo aprendido en clase, el alumno es capaz de diseñar y construir por sí mismo o en grupo un controlador, bajos distintas técnicas, para resolver un problema relacionado con un sistema no lineal.                                                                                                               |
| Lengua Extranjera                                                                          | Lectura de bibliografía en inglés.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Innovación y Talento Universitario                                                         | El alumno puede diseñar un sistema de control para una planta de tipo no lineal, el cual puede ser mediante el uso de una computadora y mediante técnicas de control no lineal, como parte fundamental de la activación o el control de un proyecto de trabajo más amplio que pueda responder a las necesidades del entorno. |
| Educación para la Investigación                                                            | El estudiante llevará a cabo trabajos de investigación en donde podrá constatar de manera experimental los resultados obtenidos teóricamente en relación con las respuestas del empleo de técnicas de control no lineal.                                                                                                     |





**10. ORIENTACIÓN DIDÁCTICO-PEDAGÓGICA.** *(Enunciada de manera general para aplicarse durante todo el curso)*

| Estrategias y Técnicas de aprendizaje-enseñanza                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Recursos didácticos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Estrategias de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecturas</li> <li>• Reflexiones</li> <li>• Investigaciones</li> <li>• Simulaciones en computadora</li> <li>• Experimentaciones en laboratorio</li> </ul> <p>Estrategias de enseñanza:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje colaborativo.</li> <li>• Aprendizaje basado en problemas.</li> <li>• Solución de Problemas.</li> </ul> <p>Ambientes de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula,</li> <li>• Laboratorio,</li> <li>• Centro de cómputo.</li> </ul> <p>Actividades y experiencias de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taller de solución de ejercicios.</li> <li>• Visita a laboratorios avanzados.</li> </ul> <p>Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición.</li> <li>• Prácticas en Laboratorios.</li> <li>• Técnicas Grupales.</li> <li>• Estudio de casos.</li> <li>• Lluvia de ideas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cañón de Video.</li> <li>• Proyector de acetatos.</li> <li>• Plumón y pizarrón.</li> <li>• Computadora.</li> <li>• Programas de Cómputo.</li> <li>• Biblioteca.</li> <li>• Simuladores de diseño.</li> <li>• Materiales de laboratorio: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Osciloscopio</li> <li>○ Generador de funciones</li> <li>○ Tarjeta de adquisición de datos</li> <li>○ Fuentes de alimentación</li> <li>○ Multímetro.</li> <li>○ Sensores</li> <li>○ Actuadores</li> </ul> </li> </ul> |





**11. CRITERIOS DE EVALUACIÓN** *(de los siguientes criterios propuestos elegir o agregar los que considere pertinentes utilizar para evaluar la asignatura y eliminar aquellos que no utilice, el total será el 100%)*

| Criterios                      | Porcentaje |
|--------------------------------|------------|
| ▪ Exámenes                     | 50%        |
| ▪ Simulaciones por computadora | 30%        |
| ▪ Tareas                       | 20%        |
| ▪ Total                        | 100%       |

**Nota:** Los porcentajes de los rubros mencionados serán establecidos por la academia, de acuerdo a los objetivos de cada asignatura.

**12. REQUISITOS DE ACREDITACIÓN** *(Reglamento de procedimientos de requisitos para la admisión, permanencia y egreso de los alumnos de la BUAP)*

|                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Estar inscrito como alumno en la Unidad Académica en la BUAP                          |
| Asistir como mínimo al 80% de las sesiones                                            |
| La calificación mínima para considerar un curso acreditado será de 7                  |
| Cumplir con las actividades académicas y cargas de estudio asignadas que señale el PE |

**13. Anexar** *(copia del acta del Comité Académico y de la Academia con el Vo. Bo. del Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado)*



Materia: Control No Lineal

Clave: MCEA 20700

Responsable: Amparo Dora Palomino Merino

### Modificaciones al programa de materia

| Rubro                                                  | Modificaciones                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) Contenido                                           | Sin cambio                                                                                                                                                |
| 2) Bibliografía                                        |                                                                                                                                                           |
| 2a) Básica                                             | Se actualizó: Nonlinear systems, Hassan K. Khalil, Prentice Hall, 2007, por: Nonlinear systems 3ed, Hassan K. Khalil, Pearson, 2017                       |
| 2b) Complementaria                                     | Se actualizó: Nonlinear control systems, an introduction, A. Isidori, Springer-Verlag, 1990, por: Nonlinear control systems II, A. Isidori, Springer 2012 |
| 2) Horas por unidad temática                           |                                                                                                                                                           |
| 3) 5 horas/semana                                      | 5 horas/semana                                                                                                                                            |
| 4) 90 horas total curso<br>45 Teóricas<br>45 Prácticas | 105 horas/semestre<br>65 horas/teóricas<br>40 horas/prácticas                                                                                             |
| 5) Criterios de evaluación                             | Sin cambio                                                                                                                                                |
| 6) Porcentaje de modificación                          | %5                                                                                                                                                        |

Nota: La relatoria de las modificaciones se debe realizar lo más descriptiva posible, esto para enfatizar claramente cuáles fueron las modificaciones y estas sean evidentes al evaluador en el programa de materia.

Recuerde que la modificación es del programa de materia del 2017 (que es el que se envía ahora) a la versión 2018, que es la que se está solicitando.

Los cambios generales acordados por la Academia ya están considerados, sin embargo se solicita la revisión de estos por parte del responsable de materia como apoyo para aminorar los errores.

**Coordinación MCEA**

**1/03/2018**



**PLAN DE ESTUDIOS (PE):** Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en

Automatización

**AREA:** Posgrado

ar

**ASIGNATURA:** Control No Lineal

**CÓDIGO:** MCEA 20700

**CRÉDITOS:** 7

**FECHA:** 18 de septiembre de 2019





## DATOS GENERALES

|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nivel Educativo:                                         | Maestría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Nombre del Plan de Estudios:                             | Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Modalidad Académica:                                     | Presencial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Nombre de la Asignatura:                                 | Control No Lineal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ubicación:                                               | 1FCE6/202F                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Correlación:                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Asignaturas Precedentes:                                 | Ninguna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Asignaturas Consecuentes:                                | Ninguna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Conocimientos, habilidades, actitudes y valores previos: | <p><b>Conocimientos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimientos en el área de Ciencias Exactas (Matemáticas y Física).</li> <li>Conocimientos en el área de Control Digital y Control Lineal.</li> </ul> <p><b>Habilidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auto-aprendizaje.</li> <li>Capacidad de análisis.</li> <li>Capacidad de síntesis.</li> <li>Plantear y resolver problemas.</li> </ul> <p><b>Actitudes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Disposición para trabajo en equipo.</li> <li>Participación activa.</li> <li>Interés por el conocimiento y la investigación.</li> <li>Apertura al cambio y al diálogo.</li> <li>Compromiso.</li> <li>Colaboración.</li> </ul> <p><b>Valores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Respeto.</li> <li>Tolerancia.</li> <li>Honestidad.</li> <li>Responsabilidad.</li> </ul> |



**2. CARGA HORARIA DEL ESTUDIANTE (Ver matriz 1)**

| Concepto                                                                                                   | Horas por periodo |           | Total de horas por periodo | Número de créditos |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|----------------------------|--------------------|
|                                                                                                            | Teoría            | Práctica  |                            |                    |
| Horas teoría y práctica<br>(10 horas-clase teóricas = 1 crédito)<br>(20 horas-clase prácticas = 1 crédito) | 50                | 40        | 90                         | 7                  |
| <b>Total</b>                                                                                               | <b>50</b>         | <b>40</b> | <b>90</b>                  | <b>7</b>           |







### 3. REVISIONES Y ACTUALIZACIONES

|                                                            |                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Autores:                                                   | <u>Amparo Dora Palomino Merino</u>                                                                                                                                                                     |
| Fecha de diseño:                                           | <u>9 de marzo de 2018</u>                                                                                                                                                                              |
| Fecha de la última actualización:                          | <u>18 de septiembre de 2019</u>                                                                                                                                                                        |
| Fecha de aprobación por parte del Comité Académico:        | <u>18 de septiembre de 2019</u>                                                                                                                                                                        |
| Fecha de aprobación por parte de la Academia del Programa: | <u>18 de septiembre de 2019</u>                                                                                                                                                                        |
| Fecha de aprobación por parte del Secretario Académico:    |                                                                                                                                                                                                        |
| Fecha de aprobación por parte del CUA:                     |                                                                                                                                                                                                        |
| Revisores:                                                 | <u>Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño, Dra. Amparo Dora Palomino Merino, Dra. Olga Guadalupe Félix Beltrán, Dr. José Eligio Moisés Gutiérrez Arias, Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini.</u> |
| Sinopsis de la revisión y/o actualización:                 | <u>Se actualizó número de horas teórico-prácticas, el número de horas/semana, los créditos, el contenido y la bibliografía.</u>                                                                        |

### 4. PERFIL DESEABLE DEL PROFESOR (A) PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Disciplina profesional:  | <u>Sistemas de Control</u>   |
| Nivel académico:         | <u>Doctorado en Ciencias</u> |
| Experiencia docente:     | <u>Mínima de 3 años</u>      |
| Experiencia profesional: | <u>Mínima de 3 años</u>      |

### 5. OBJETIVOS:

#### 5.1

**General:** Estudiar las bases teóricas de los sistemas no lineales en general, su descripción analítica y sus características para aplicarlas en el diseño de controladores, para la solución de problemas de Control.

#### 5.2 Específicos:

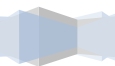


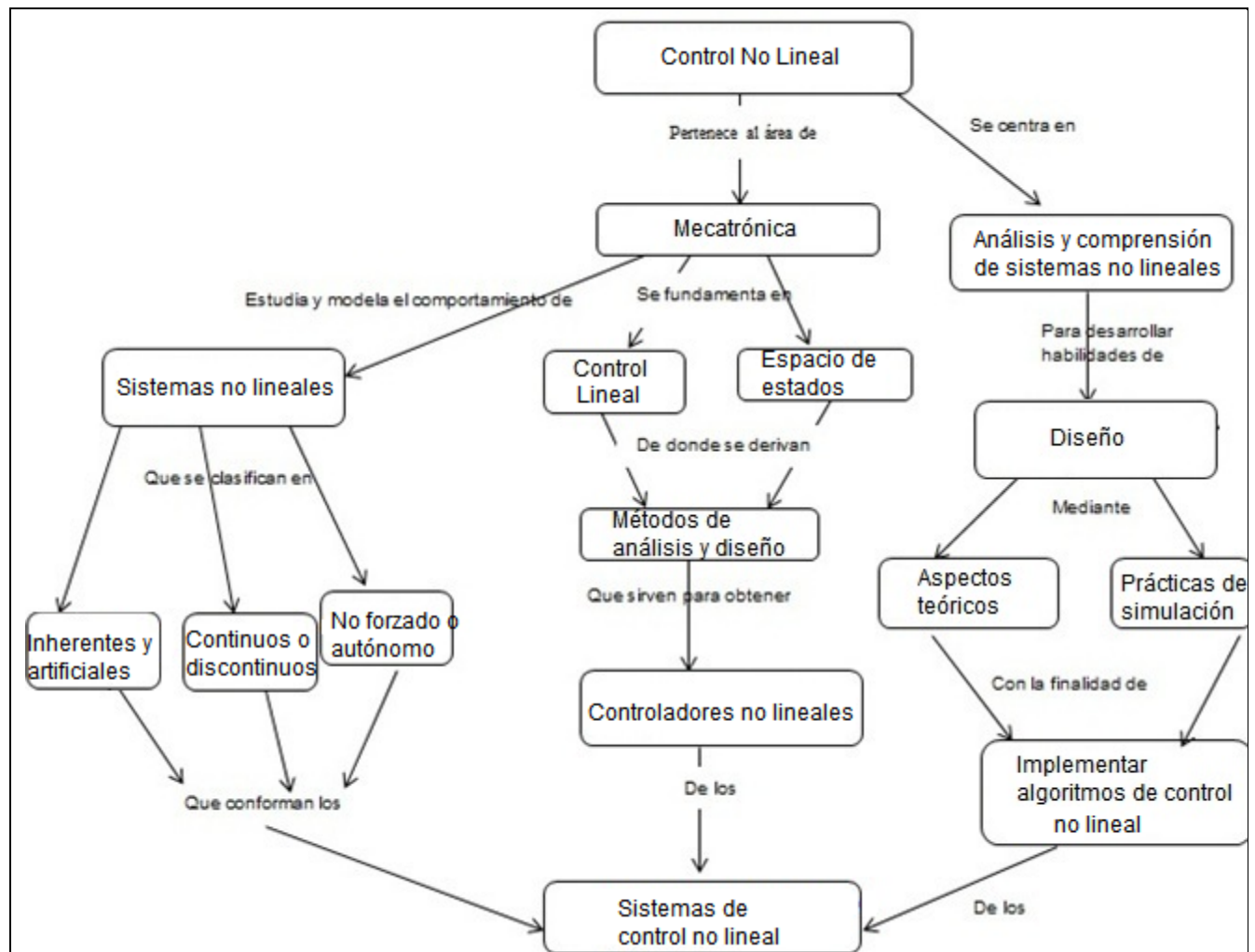


- Estudiar los fundamentos matemáticos relacionados con los fenómenos físicos de los sistemas no lineales.
- Comprender la relación entre los sistemas lineales y los no lineales.
- Estudiar y comprender las diferentes clases de problemas de estabilidad involucradas en el estudio de los sistemas dinámicos no lineales.
- Utilizar la aproximación en el espacio de estados para modelar sistemas dinámicos no lineales y analizar su estabilidad en el sentido entrada-salida.
- Diseñar sistemas de control no lineal mediante diferentes técnicas.

Nota: Cada objetivo deberá ser congruente con los contenidos de las unidades del programa de asignatura. (Deberán coincidir con los mencionados en el punto 7)

#### **6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ASIGNATURA:**

A large, empty rectangular box intended for the graphical representation of the course.



## 7. CONTENIDO

| Unidad                        | Objetivo Específico                                                                                     | Contenido Temático/Actividades de aprendizaje                                                                                           | Bibliografía                                                                                                                                                          |                                                                    |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                               |                                                                                                         |                                                                                                                                         | Básica                                                                                                                                                                | Complementaria                                                     |
| 1<br>Preliminares matemáticos | Estudiar los fundamentos matemáticos relacionados con los fenómenos físicos de los sistemas no lineales | 1.1 Introducción.<br>1.2 Fenómenos físicos no lineales.<br>1.3 Puntos de equilibrio.<br>1.4 Retratos de fase.<br>1.5 Órbitas Periódicas | 1. Nonlinear Systems, 3ed. Hassan. K, Khalil, Parson, 2017.<br>2. Applied Nonlinear Control. J-J Slotine, y Li Weiping, Pearson, Prentice Hall, 1991<br>3. PhasePlane | 1. Nonlinear Systems Análisis. M. Vidyasagar, Prentice Hall, 1993. |





| Unidad                                    | Objetivo Específico                                                                                                                                  | Contenido Temático/Actividades de aprendizaje                                                                                                                                                                                                                                  | Bibliografía                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                | Básica                                                                                                                                                                  | Complementaria                                                                                                                                                        |
| <b>2</b><br>Sistemas de segundo orden     | Comprender la relación entre los sistemas lineales y los no lineales                                                                                 | 2.1 Comportamiento cualitativo de los sistemas lineales<br>2.2 Múltiples puntos de equilibrio<br>2.3 Comportamiento cualitativo cerca de los puntos de equilibrio<br>2.4 Ciclos límite<br>2.5 Construcción de los Retratos de fase<br>2.6 Existencia de las órbitas periódicas | 1. Nonlinear Systems. Hassan. K, Khalil, Prentice Hall, 2007.<br>2. Applied Nonlinear Control. J-J Slotine, y Li Weiping, Pearson, Prentice Hall, 1991<br>3. PhasePlane | 1. Nonlinear Control Systems II. A. Isidori, Springer-Verlag. 2012.<br>2. Nonlinear Systems: Analysis stability and control. Sankar S. Sastry, Springer-Verlag, 1999. |
| <b>3</b><br>Estabilidad de Lyapunov       | Estudiar y comprender las diferentes clases de problemas de estabilidad involucradas en el estudio de los sistemas dinámicos no lineales             | 3.1 Sistema autónomo<br>3.2 El Principio de Invarianza<br>3.3 Sistemas lineales y linealización<br>3.4 Funciones de comparación<br>3.5 Sistemas no autónomos<br>3.6 Estabilidad entrada a estado                                                                               | 1. Nonlinear Systems, 3ed. Hassan. K, Khalil, Parson, 2017.<br>2. Applied Nonlinear Control. J-J Slotine, y Li Weiping, Pearson, Prentice Hall, 1991<br>3. PhasePlane   | 1. Nonlinear Systems Análisis. M. Vidyasagar, Prentice Hall, 1993.                                                                                                    |
| <b>4</b><br>Estabilidad Entrada—Salida    | Utilizar la aproximación en el espacio de estados para modelar sistemas dinámicos no lineales y analizar su estabilidad en el sentido entrada-salida | 4.1 Estabilidad $\mathcal{L}$<br>4.2 Estabilidad $\mathcal{L}$ de modelos de estado<br>4.3 Ganancia $\mathcal{L}_2$<br>4.4 Teorema de Pequeña Ganancia                                                                                                                         | 1. Nonlinear Systems, 3ed. Hassan. K, Khalil, Parson, 2017.<br>2. Applied Nonlinear Control. J-J Slotine, y Li Weiping, Pearson, Prentice Hall, 1991<br>3. PhasePlane   | 1. Nonlinear Control Systems II. A. Isidori, Springer-Verlag. 2012.<br>2. Nonlinear Systems: Analysis stability and control. Sankar S. Sastry, Springer-Verlag, 1999. |
| <b>5</b><br>Control por retroalimentación | Diseñar sistemas de control no lineal mediante                                                                                                       | 5.1 Estabilización por Linealización<br>5.2 Control Integral por Linealización                                                                                                                                                                                                 | 1. Nonlinear Systems, 3ed. Hassan. K, Khalil, Parson, 2017.                                                                                                             | 1. Nonlinear Control Systems II. A. Isidori,                                                                                                                          |



| Unidad | Objetivo Específico | Contenido Temático/Actividades de aprendizaje                               | Bibliografía                                                                                           |                                                                                                                          |
|--------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                     |                                                                             | Básica                                                                                                 | Complementaria                                                                                                           |
|        | diferentes métodos  | 5.3 Linealización entrada - salida<br>5.4 Linealización del estado completo | 2. Applied Nonlinear Control. J-J Slotine, y Li Weiping, Pearson, Prentice Hall, 1991<br>3. PhasePlane | Springer-Verlag. 2012.<br>2. Nonlinear Systems: Analysis stability and control. Sankar S. Sastry, Springer-Verlag, 1999. |

**Nota:** La bibliografía deberá ser amplia, actualizada (no mayor a cinco años) con ligas, portales y páginas de Internet, se recomienda utilizar el modelo editorial que manejen en su unidad académica (APA, MLA, Chicago, etc.) para referir la [bibliografía](#)





## 8. CONTRIBUCIÓN DEL PROGRAMA DE ASIGNATURA AL PERFIL DE EGRESO

| Asignatura        | Perfil de egreso<br>(anotar en las siguientes tres columnas, cómo contribuye la asignatura al perfil de egreso ) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | Conocimientos                                                                                                    | Habilidades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Actitudes y valores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Control No Lineal | Conceptos especializados en control de sistemas no lineales, análisis, diseño e implementación.                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicación asertiva.</li> <li>Comprensión de textos.</li> <li>Pensamiento formal.</li> <li>Plantear y resolver problemas.</li> <li>Apropiarse de diferentes métodos y técnicas para diseñar e implementar controladores para sistemas no lineales.</li> <li>Desarrollar y aplicar técnicas, métodos y procesos pertinentes para el análisis de problemas y síntesis de soluciones, mediante tecnologías en el área de sistemas controlados por computadora.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener un alto sentido de responsabilidad por la función y las actividades que le sean asignadas.</li> <li>Iniciativa, constancia y perseverancia ante las tareas asignadas.</li> <li>Disposición para colaborar en equipos de trabajo.</li> <li>Compromiso social, tolerancia, solidaridad y respeto en la convivencia cotidiana.</li> <li>Empatía y apertura al diálogo.</li> </ul> |

## 9. Describa cómo el eje o los ejes transversales contribuyen al desarrollo de la asignatura (ver síntesis del plan de estudios en descripción de la estructura curricular en el apartado: ejes transversales)

| Eje (s) transversales     | Contribución con la asignatura                                                                                                              |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Formación Humana y Social | El alumno debe discutir y llegar a acuerdos de forma democrática y crítica para dar soluciones a problemas presentados en la asignatura los |





|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                            | cuales generalmente tiene diferentes maneras de resolverse.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Desarrollo de Habilidades en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación | Uso de internet para la búsqueda de información pertinente a la asignatura en bibliotecas virtuales.                                                                                                                                                                                                                         |
| Desarrollo de Habilidades del Pensamiento Complejo                                         | A partir de lo aprendido en clase, el alumno es capaz de diseñar y construir por sí mismo o en grupo un controlador, bajos distintas técnicas, para resolver un problema relacionado con un sistema no lineal.                                                                                                               |
| Lengua Extranjera                                                                          | Lectura de bibliografía en inglés.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Innovación y Talento Universitario                                                         | El alumno puede diseñar un sistema de control para una planta de tipo no lineal, el cual puede ser mediante el uso de una computadora y mediante técnicas de control no lineal, como parte fundamental de la activación o el control de un proyecto de trabajo más amplio que pueda responder a las necesidades del entorno. |
| Educación para la Investigación                                                            | El estudiante llevará a cabo trabajos de investigación en donde podrá constatar de manera experimental los resultados obtenidos teóricamente en relación con las respuestas del empleo de técnicas de control no lineal.                                                                                                     |





**10. ORIENTACIÓN DIDÁCTICO-PEDAGÓGICA.** *(Enunciada de manera general para aplicarse durante todo el curso)*

| Estrategias y Técnicas de aprendizaje-enseñanza                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Recursos didácticos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Estrategias de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecturas</li> <li>• Reflexiones</li> <li>• Investigaciones</li> <li>• Simulaciones en computadora</li> <li>• Experimentaciones en laboratorio</li> </ul> <p>Estrategias de enseñanza:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje colaborativo.</li> <li>• Aprendizaje basado en problemas.</li> <li>• Solución de Problemas.</li> </ul> <p>Ambientes de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula,</li> <li>• Laboratorio,</li> <li>• Centro de cómputo.</li> </ul> <p>Actividades y experiencias de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taller de solución de ejercicios.</li> <li>• Visita a laboratorios avanzados.</li> </ul> <p>Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición.</li> <li>• Prácticas en Laboratorios.</li> <li>• Técnicas Grupales.</li> <li>• Estudio de casos.</li> <li>• Lluvia de ideas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cañón de Video.</li> <li>• Proyector de acetatos.</li> <li>• Plumón y pizarrón.</li> <li>• Computadora.</li> <li>• Programas de Cómputo.</li> <li>• Biblioteca.</li> <li>• Simuladores de diseño.</li> <li>• Materiales de laboratorio: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Osciloscopio</li> <li>○ Generador de funciones</li> <li>○ Tarjeta de adquisición de datos</li> <li>○ Fuentes de alimentación</li> <li>○ Multímetro.</li> <li>○ Sensores</li> <li>○ Actuadores</li> </ul> </li> </ul> |







**11. CRITERIOS DE EVALUACIÓN** *(de los siguientes criterios propuestos elegir o agregar los que considere pertinentes utilizar para evaluar la asignatura y eliminar aquellos que no utilice, el total será el 100%)*

| Criterios                      | Porcentaje |
|--------------------------------|------------|
| ▪ Exámenes                     | 50%        |
| ▪ Simulaciones por computadora | 30%        |
| ▪ Tareas                       | 20%        |
| ▪ Total                        | 100%       |

**Nota:** Los porcentajes de los rubros mencionados serán establecidos por la academia, de acuerdo a los objetivos de cada asignatura.

**12. REQUISITOS DE ACREDITACIÓN** *(Reglamento de procedimientos de requisitos para la admisión, permanencia y egreso de los alumnos de la BUAP)*

|                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Estar inscrito como alumno en la Unidad Académica en la BUAP                          |
| Asistir como mínimo al 80% de las sesiones                                            |
| La calificación mínima para considerar un curso acreditado será de 7                  |
| Cumplir con las actividades académicas y cargas de estudio asignadas que señale el PE |

**13. Anexar** *(copia del acta del Comité Académico y de la Academia con el Vo. Bo. del Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado)*



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA,  
OPCIÓN EN AUTOMATIZACIÓN  
MINUTA DE REUNIÓN  
COMITÉ ACADÉMICO  
REUNIÓN EXTRAORDINARIA**

Folio: CS-72a

Siendo las **11:30** horas del día **18 DE SEPTIEMBRE DE 2019** nos hacemos presentes:

Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño, Profesora Investigadora  
Dr. José Eligio Moisés Gutiérrez Arias, Profesor Investigador  
Dra. Amparo Dora Palomino Merino, Profesora Investigadora  
Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini, Profesor Investigador  
Dr. Gerardo Mino Aguilar, Secretario de Investigación  
Dra. Olga Guadalupe Félix Beltrán, Coordinador Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización (MCEA)

en la Sala de Juntas de Posgrado, 1FCE6/201, Puebla, Pue., con el siguiente orden del día:

1. Pase de lista.
2. Programas de materia de las asignaturas optativas de la MCEA.
3. Asuntos generales.

**Relatoría de la Reunión:**

**1) PASE DE LISTA.** Asistieron los miembros del Comité Académico Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño, Profesora Investigadora, Dr. José Eligio Moisés Gutiérrez Arias, Profesor Investigador, Dra. Amparo Dora Palomino Merino, Profesora Investigadora, Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini, Profesor Investigador, Dra. Olga Guadalupe Félix Beltrán, Coordinadora Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización.

**1. PROGRAMAS DE MATERIA DE LAS ASIGNATURAS OPTATIVAS DE LA MCEA.** La Coordinadora MCEA solicita a los miembros del Comité Académico (CA) ratificar la evaluación de los programas de materia de las asignaturas del Plan de Estudios del programa de maestría, los cuales han sido sometidos a revisión, en cuanto a formato, actualización de bibliografía y, en algunos casos, modificación parcial del contenido para su actualización. La Academia del programa de maestría en Reunión Ordinaria con minuta No. de Folio ACADMCEA/1809/2019 ha aprobado la actualización de los mismos.

Carlos Pando

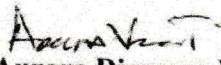


El Comité Académico aprueba la actualización de los programas de materia optativas y obligatorias presentados a la fecha.

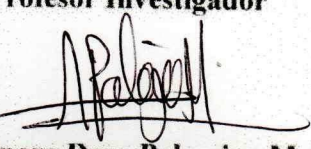
APROBADO: 5 (DIEZ) VOTOS A FAVOR, 0 (CERO) EN CONTRA Y 0 (CERO) ABSTENCIONES.

2) **ASUNTOS GENERALES:** En esta reunión no se trataron asuntos generales.

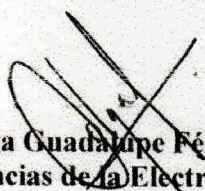
Siendo las 112:00:00 Hrs. nos retiramos y para constancia de estos hechos firmamos la presente.

  
**Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño**  
Profesora Investigadora

  
**Dr. José Eligio Moisés Gutiérrez Arias**  
Profesor Investigador

  
**Dra. Amparo Dora Palomino Merino**  
Profesora Investigadora

  
**Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini**  
Profesor Investigador

  
**Dra. Olga Guadalupe Félix Beltrán**  
Coordinadora Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización