**PROCESO DE MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN CURRICULAR 2015**

# NOMBRE DE LA ASIGNATURA: CONTROL APLICADO

**CÓDIGO: EO0163**

**MEJORA Y ACTUALIZACIÓN: REVISADO POR:**

Ing. MSc. Francisco Galo Montenegro

**Jefe de Departamento**

MSc. Alejandro A Méndez T

**Docente**

**APROBADO POR: VISTO BUENO:**

Ing. MSC. Freddy Marín Serrano

**Vice-Rectoría Académica**

Ing. Ronald Torres Torres

**Decano de la Facultad**

**OFICIALIZACIÓN:**

Ing. Diego Alfonso Muñoz Latino

**Secretaría General**

**Managua, Nicaragua**

**30/ Noviembre/ 2015**

1. **INFORMACIÓN GENERAL**

|  |  |
| --- | --- |
| * 1. **Carrera** | Ingeniería Electrónica |
| * 1. **Año y código del Diseño Curricular** | 2016 - DICUELECTRO16 |
| * 1. **Disciplina** | Automatización y Control |
| * 1. **Nombre de la Asignatura** | Control Aplicado |
| * 1. **Fecha última actualización aprobada por Consejo Universitario** | febrero 2016 |
| * 1. **Nombre de docentes Autores antes del PMAC** | Álvaro Antonio Gaitán,  Hugo Picado Castilblanco |
| * 1. **Código de la Asignatura** | EO0163 |
| * 1. **Tipo de Asignatura[[1]](#footnote-1)** | Optativa |
| * 1. **Semestre académico en que se impartirá** | IX |
| * 1. **Frecuencia semanal** | 3 |
| * 1. **Total de horas** | 120 |
| * 1. **Créditos** | 5 |
| * 1. **Asignatura (as) pre-requisitos** | Sistemas de Control |
| * 1. **Asignatura (as) precedentes** | No tiene |
| * 1. **Asignatura (as) correquisitos** | No tiene |
| * 1. **Turno (diurno, nocturno)** | Diurno y Nocturno |
| * 1. **Modalidad (regular y especial)** | Regular |

1. **INTRODUCCIÓN**

La asignatura Control Aplicado es parte de la disciplina “automatización industrial y control” y en ella se abordan temas relacionados con aplicaciones del control en la industria. Muchos sistemas en la industria son multivariables (MIMO) y es por eso que la asignatura considera el análisis y diseño de dichos sistemas.

Además de ser multivariables muchos de los sistemas son no-lineales y los sistemas de control fuzzy son una alternativa para el control de los mismos. La asignatura contempla el análisis, diseño e implementación de controladores fuzzy.

A nivel industrial, al igual que los controladores PID, los controladores de lógica programable son encontrados en todas las plantas y, por ende, su estudio y programación de los mismos es obligatorio. La programación de los PLCs se hace, en la medida de lo posible, utilizando el software de programación de los PLCs que comúnmente se encuentran en la industria nicaragüense.

La última unidad del programa es dedicada, dada la importancia que tiene en las industrias, al estudio de la robótica industrial. Se hace énfasis en sus aplicaciones y al final del curso se estudia y construye un brazo robótico utilizando la tecnología del micro-controlador para implementar el algoritmo de control.

En el desarrollo de la asignatura se utilizan varios de los recursos que acompañan a MATLAB para la construcción de modelos MIMO en el espacio de estados y para el análisis y diseño de controladores fuzzy (e.g., fuzzy logic toolbox), simuladores de circuitos como PROTEUS, simuladores de robots, y compiladores de lenguaje C tales como CCS y MikroC.

En la tabla siguiente son mostrados los conocimientos, habilidades, y actitudes del perfil de egreso del programa de ingeniería electrónica que reciben, para su alcance, una contribución significativa de parte de la asignatura **Control Aplicado**.

|  |  |
| --- | --- |
| **Conocimientos** | |
| Leyes, principios, y teorías que gobiernan el funcionamiento de los principales dispositivos, analógicos, digitales, y de potencia, utilizados para implementar sistemas electrónicos. | ▲ |
| Métodos, técnicas y herramientas para el diseño e implementación de sistemas electrónicos para solucionar problemas en los campos de las telecomunicaciones, automatización industrial y control automático, y electro medicina, entre otros. | ▲ |
| Teoría de control clásico e inteligente, Instrumentación industrial, controladores de lógica programable y fundamentos de la robótica industrial. | ▲ |
| Método Científico para el desarrollo de proyectos de investigación y/o desarrollo. | ▲ |
| Normativas y estándares para la implementación e instalación de sistemas electrónicos en las diferentes áreas de conocimiento. |  |
| **Habilidades** | |
| Aplicar conocimientos de matemática, ciencia e ingeniería, para la solución eficaz de problemas. | ▲ |
| Diseñar y conducir experimentos, así como analizar e interpretar datos. | ▲ |
| Diseñar un sistema, componente, o proceso para satisfacer ciertas necesidades, en el campo de las telecomunicaciones, la automatización industrial y el control, bajo limitaciones reales de tipos económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, salud y seguridad, manufactura, y sostenibilidad. | ▲ |
| Para trabajar en equipos interdisciplinarios. | ▲ |
| Identificar, formular, y solucionar problemas relacionados con las áreas de conocimiento electrónica, sistemas de medición industrial, automatización industrial y control automático, telecomunicaciones, y gestión de proyectos. | ▲ |
| Comunicarse efectivamente de forma oral, escrita, y gráfica. | ▲ |
| Usar técnicas, destrezas, y modernas herramientas para la práctica de la ingeniería. | ▲ |
| **Actitudes** | |
| Responsabilidad ética y profesional. | ▲ |
| Compromiso con el aprendizaje para toda la vida. | ▲ |
| Preocupación acerca del impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global, económico, ambiental, y social. | ▲ |
| Responsabilidad en la importancia de la toma de decisiones. | ▲ |
| Auto preparación en temas contemporáneos que amplíen su visión del mundo y le permitan visualizar más allá de los aspectos científicos/tecnológicos. | ▲ |
| Alto espíritu emprendedor. | ▲ |
| Actitud innovadora. | ▲ |
| Actuación responsable respecto al ambiente y su conciencia social sensible a la problemática de la sociedad nicaragüense. | ▲ |

Control Aplicado tiene como pre-requisito a la asignatura “Sistemas de Control” en la cual se estudian los métodos, técnicas, y herramientas clásicas para el diseño e implementación digital de sistemas lineales e invariantes en el tiempo. Los sistemas MIMO tienen como precedentes los fundamentos de los sistemas SISO y utiliza algunas de sus técnicas para su análisis. Una herramienta vital para el estudio de los sistemas MIMO son las ecuaciones de estados, considerado de manera breve en la asignatura Sistemas de Control. Los controladores fuzzy amplían las posibilidades de control para sistemas de multivariables, no-lineales, y variables en el tiempo. En Sistemas de control el énfasis son los controladores PID y en Control Aplicado se implementa un controlador PID fuzzy. De igual forma, los conocimientos de la asignatura sistemas de control son vitales el desarrollado de controladores PID con PLCs y para el estudio de los robots industriales de la misma forma que lo es la asignatura Sistemas de medición.

Para un buen entendimiento de los diferentes temas considerados en Control Aplicado y para garantizar el éxito en el desarrollo del proyecto se requiere que los estudiantes tengan un buen manejo de herramientas como PROTEUS, MATLAB (Fuzzy logic toolbox) y compiladores de C tales como CCS y MikroC.

La asignatura control Aplicado integra, por su propia naturaleza, los siguientes componentes formativos establecidos por la institución.

**Investigación**

El programa contempla el desarrollo de un proyecto de curso el cual debe ser desarrollado siguiendo el método científico estudiado en el programa de asignatura “Métodos de Investigación para Ingeniería y Tecnología.” Las orientaciones son presentadas en la primera semana del curso y el proyecto es desarrollado a lo largo del semestre siguiendo la metodología establecida. El sistema diseñado para solucionar el problema bajo consideración debe ser implementado físicamente y se debe escribir un artículo según el formato de la IEEE.

**Extensión**

El proyecto de curso debe dar respuesta, a escala de laboratorio o prototipo, a un problema real de la sociedad nicaragüense dando prioridad a aquellos que afectan a grandes áreas de la población que carecen de recursos y requieren de soluciones de bajo costo.

**Responsabilidad Ambiental**

El proyecto debe brindar solución a un problema y se dará prioridad a aquellos relacionados con el ambiente. Si el proyecto no está directamente relacionado con la solución de un problema ambiental, en el informe de resultados se deben explicar los análisis y decisiones tomadas para evitar que la solución tenga un impacto negativo en el ambiente.

**Espíritu Emprendedor**

Tanto para el diseño como para la implementación, dada la oferta mínima de los componentes y las condiciones requeridas para la implementación del sistema, es necesario mostrar un espíritu emprendedor y una actitud innovadora para cumplir con el objetivo del proyecto.

**Tecnologías de la Información y las Comunicación (TICs)**

En el desarrollo de la asignatura Control Aplicado se hace uso de las TICs. En la tabla a continuación se muestran los principales elementos.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **RECURSOS TIC PARA EL DESARROLLO DE LAS FOE** | **SOFTWARE** | **BÚSQUEDA, PROCESAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE DOCUMENTOS** |
| PowerPoint | SUITE PROTEUS (ARES) | Google drive |
| Videos | MATLAB (fuzzy Toolbox) | email |
| Imágenes | Compiladores de C | Página WEB del profesor |
| Simulaciones | Programación de PLCs | INTERNET |

1. **OBJETIVO GENERAL**

* Desarrollar controladores para aplicaciones industriales, incluida la robótica, implementando el algoritmo de control usando lógica fuzzy y/o controladores de lógica programable.

1. **PLAN TEMÁTICO**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°** | **UNIDADES TEMÁTICAS** | **FORMAS DE ORGANIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA (F.O.E.) [[2]](#footnote-2)** | | | | | | | | **Total de horas** |
| TEORÍA | PRÁCTICA | | | | | | |
| **C** | **S** | **C.P** | **LAB** | **G.C** | **T** | **T.C** | **P.C** |
| I | Análisis de sistemas de control multivariable (MIMO) | 10 |  | 4 | 4 |  |  |  | 6 | **24** |
| II | Diseño de sistemas de control fuzzy | 12 |  | 6 | 4 |  |  |  | 6 | **28** |
| III | Estudio y aplicaciones de los Controladores de lógica programable | 12 |  | 8 | 6 |  |  |  | 6 | **32** |
| IV | Introducción a la robótica industrial | 12 |  | 6 | 6 |  |  |  | 6 | **30** |
| **Total de horas presenciales** | | **46** |  | **24** | **20** |  |  |  | **24** | **114** |
| 2da evaluación parcial, 1ra y 2da convocatoria | |  |  |  |  |  |  |  |  | **6** |
| **TOTAL** | |  |  |  |  |  |  |  |  | **120** |

1. **UNIDADES** TEMÁTICAS**: NOMBRE DE LA UNIDAD, OBJETIVOS PARTICULARES, CONTENIDOS Y RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS**

**UNIDAD I: ANÁLISIS DE SISTEMAS DE CONTROL MULTIVARIABLE (MIMO)**

**OBJETIVOS PARTICULARES**

* Analizar sistemas de control que tienen entradas y salidas múltiples utilizando los métodos y técnicas apropiadas.
* Diseñar sistemas de control tipo MIMO utilizando las técnicas correspondientes, principalmente el desacoplamiento.
* Reflexionar sobre la importancia que tiene el seleccionar las técnicas adecuadas para el análisis y diseño de un sistema de control de acuerdo a las características del mismo.

**CONTENIDOS**

1.1 Definición de sistema MIMO

1.1.1 Ejemplos de sistemas reales

1.1.2 Comparación con los sistemas SISO

1.2 Ecuaciones de estado

1.2.1 Ecuaciones de estado

1.2.2 Matrices

1.2.3 Ecuaciones de estado y relaciones con la función de transferencia Ejemplos de problemas para plantear las ecuaciones de estado

1.3 Función de transferencia para mimo

1.3.1 La matriz de respuesta al impulso

1.3.2 Relación entre la matriz del sistema y las ecuaciones de estado

1.4 Análisis de lazo cerrado

1.4.1 Polos y cero de un sistema MIMO

1.4.2 Funciones de sensibilidad

1.4.3 Estabilidad

1.4.4 Respuesta de estado estable ante entradas escalón

1.5 Análisis en el dominio de la frecuencia

1.5.1 Ganancia, seguimiento, compensación ante perturbaciones, rechazo al ruido.

1.6 Uso de técnicas SISO para MIMO

1.6.1 Análisis de sistemas de 2 entradas y dos salidas (sistema cuadrado)

1.6.2 Decoupling - Convertir MIMO en SISO

1.7 Diseño optimizado

1.7.1 Realimentación de estado (State-Estimate Feedback)

1.7.2 El regulador lineal cuadrático (LQR): Propiedades, conversión a dominio del tiempo

1.8 Control predictivo (PCM)

1.8.1 Control de un barco (ejemplo)

1.9 Limitaciones de los sistemas MIMO

**RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS**

El desarrollo de la unidad se realiza mediante conferencias, clases prácticas y laboratorios. El proyecto de curso se desarrolla a lo largo del semestre y debe ser presentado en esta unidad, explicando los resultados esperados en cada fase. Se recomienda entregar un documento con la explicación del método para que los estudiantes profundicen sobre los pasos de cada fase.

Para motivar a los estudiantes en el estudio de los sistemas de control de tipo MIMO se recomienda utilizar algunas **herramientas TIC,** como son videos, simulaciones y artículos y revistas obtenidas de INTERNET, en lo que se haga evidente la importancia y las aplicaciones de este tipo de sistemas. Se recomienda asignar a los estudiantes la tarea de listar y explicar las ventajas y desventajas de los sistemas MIMO.

Considerando la importancia de este tipo de sistemas se recomienda, para garantizar que los estudiantes se apropien de los diferentes métodos, explicar mediante ejemplos los procedimientos para el diseño de los sistemas tipo MIMO.

Se recomienda diseñar experimentos que permitan el diseño completo de los diferentes tipos de compensadores de tipo MIMO mediante el análisis de lazo cerrado, el análisis en la frecuencia, el uso de técnicas SISO para MIMO, el Diseño Optimizado y el Control Predictivo.

Se recomienda mostrar a los estudiantes, ejemplos de sistemas de control que, al no seguir los procedimientos de diseño establecidos, han provocado daños al **ambiente**.

**UNIDAD II: DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL FUZZY**

**OBJETIVOS PARTICUALRES**

* Explicar el funcionamiento de cada uno de los subsistemas de un sistema de control fuzzy de manera correcta.
* Diseñar sistemas de control utilizando la lógica fuzzy.
* Valorar las ventajas y desventajas del control clásico, moderno e inteligente para el diseño efectivo y eficiente de los sistemas de control.

**CONTENIDOS**

2.1 Definición del Control Fuzzy

2.2 Componentes de un controlador Fuzzy

2.2.1 Bloque de pre-procesamiento

2.2.2 Bloque de fuzzyficación

2.2.3 Bloque de inferencia

2.2.4 Bloque de defuzzificación

2.2.5 Bloque de post-procesamiento

2.3 Lógica Fuzzy

2.3.1 Variables lingüísticas

2.3.2 Conjuntos Fuzzy

2.3.3 Operaciones Fuzzy

2.3.4 Representaciones matemáticas de sistemas fuzzy

2.3.5 Reglas de Inferencia

2.4 Métodos de Fuzzificación

2.5 Métodos de Inferencia

2.6 Métodos de Defuzzificación

**RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS**

El desarrollo de la unidad se realiza mediante conferencias, clases prácticas y laboratorios y se utilizan como **herramientas TIC** PowerPoint, simuladores, y lenguajes como MATLAB, principalmente el toolbox de lógica fuzzy y compiladores de C.

Para facilitar a los estudiantes la apropiación del método de diseño de sistemas de control usando la lógica fuzzy **se recomienda** explicarlo mediante el desarrollo de un sistema completo. De igual forma, para comprender la **importancia de la investigación**, se recomienda orientar a los estudiantes la lectura y análisis de informes científicos relacionados con sistemas de control fuzzy. Se debe orientar a los estudiantes que el proyecto de curso debe ser desarrollado de acuerdo a la metodología estudiada en la asignatura “Métodos de investigación para ingeniería y tecnología.”

**UNIDAD III: ESTUDIO Y APLICACIONES DE LOS CONTROLADORES DE LÓGICA PROGRAMABLE**

**OBJETIVOS PARTICULARES**

* Contrastar las diferentes alternativas para la implementación de un controlador, cableada o programable, considerando aspectos como el tiempo de desarrollo, costo, robustez, y la escalabilidad del mismo.
* Elaborar el programa para un controlador de lógica programable utilizando las herramientas apropiadas.
* Apoyar a sus compañeros en la elaboración de programas de control que serán implementados mediante PLCs.

**CONTENIDOS**

3.1 Introducción a la automatización industrial

3.1.1 Definición de Automatización industrial

3.1.2 Objetivos de la automatización industrial

3.1.3 Estructura de un sistema automatizado

3.2 Controladores Lógicos Programables

3.2.1 introducción a los PLCs

3.2.2 Componentes hardware del PLC

3.2.3 Programación de los PLCs

3.2.3.1 Estandar IEC 61131-3

3.2.3.2 Fundamentos de la programación de los PLCs

3.2.3.3 Programación de temporizadores y contadores

3.2.3.4 Instrucciones para la manipulación de datos

3.3 Herramientas de apoyo para la automatización con PLCs

3.3.1 GRAFCET

3.3.2 GEMMA

3.4 Procedimientos para la programación para operación MANUAL, AUTOMATICA, y PASO a PASO

3.6 Automatización del proceso de limpieza de tanque y tuberías (CIP) usando PLC

**RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS**

El desarrollo de la unidad se realiza mediante conferencias, clases prácticas y laboratorios y se utilizan como **herramientas TIC** PowerPoint, videos, y simuladores. **Se recomienda** mostrar videos donde se hagan evidentes las aplicaciones en la industria de los controladores de lógica programable.

Para facilitar a los estudiantes la apropiación del procedimiento para desarrollar una aplicación con PLC **se** **recomienda** realizar la automatización de un CIP o un proceso de bajo nivel de complejidad.

De ser posible **se recomienda** utilizar, para la programación del PLC, un software comercial de los más utilizados en el país.

**UNIDAD IV: INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA INDUSTRIAL**

**OBJETIVOS PARTICULARES**

* Describir la estructura y los componentes principales de los robots utilizados en la industria.
* Diseñar un brazo robótico utilizando micro-controladores para la implementación del controlador.
* Reflexionar sobre la importancia de la robótica industrial para la mejora de la productividad y competitividad de las industrias enfatizando en la importancia de diseñar e implementar dicha tecnología a nivel nacional.

**CONTENIDOS**

4.1 Introducción a la robótica industrial

4.1.1Historia de la robótica

4.1.2Definición de robot industrial

4.1.3Aplicaciones de los robots industriales

4.2 Componentes y estructura de un robot

4.3 Configuración cinemática de un robot

4.4 Accionamiento del sistema mecánico

4.5 Muñeca y elementos finales (mecánicos, vacío, neumáticos) de los robots

4.6 Sensores del robot

4.7 Generalidades del control del robot

4.8 Análisis e implementación de brazo robótico

**RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS**

El desarrollo de la unidad se realiza mediante conferencias, clases prácticas y laboratorios y se utilizan como **herramientas TIC** PowerPoint, videos, y simuladores. **Se recomienda** mostrar videos donde se hagan evidentes las aplicaciones de los robots industriales. Es importante mostrar a los estudiantes el impacto que tiene la robótica en **el ambiente** y las principales áreas de **investigación** en dicho campo.

El curso finaliza con la implementación de un brazo robótico y es importante que los estudiantes estén conscientes que se requiere utilizar el **método científico** y contar con un alto **espíritu emprendedor** para lograrlo.

Es importante presentar videos o asignar lecturas a los estudiantes que les permitan valorar la importancia que la robótica tiene en campos como la medicina, la industria, las exploraciones espaciales y marítimas. Se recomienda enfatizar en el impacto de la robótica en el cuido y preservación del ambiente.

1. **EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE** [[3]](#footnote-3)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| EVALUACIONES ORDINARIAS [[4]](#footnote-4) | | |
| I Evaluación Parcial | Evaluaciones Sistemáticas[[5]](#footnote-5) | 15% |
| Examen | 20% |
| II Evaluación Parcial | Evaluaciones Sistemáticas | 15% |
| Examen | 20% |
| Examen/TC/**PC** | 30% |
| Total |  | 100% |
| EVALUACIONES EXTRAORDINARIAS | | |
| Evaluación de I Convocatoria | Examen (70%)  Evaluaciones Sistemáticas (30%) | 100% |
| Evaluación de II Convocatoria | Examen | 100% |
| Evaluación por Suficiencia | Examen (100%) | 100% |
| Evaluación Cursos de Verano[[6]](#footnote-6) | Examen (50)  Laboratorio + Proyecto de curso (50) | 100% |

Para tener derecho a realizar la primera y segunda convocatoria es necesario haber aprobado los sistemáticos y el proyecto de curso.

Para realizar examen de suficiencia es necesario haber cursado la asignatura y haber aprobado los laboratorios y el proyecto de curso.

Para aprobar la asignatura en el curso de verano, el estudiante debe aprobar el examen y aprobar los laboratorios y el proyecto de curso.

**PROYECTO DE CURSO**

El proyecto de curso es un elemento fundamental en la formación de los estudiantes, les permite aplicar los conocimientos, habilidades, y actitudes para solucionar un problema identificado por ellos mismos. El proyecto es desarrollado siguiendo el método científico que se estudia en la asignatura “Métodos de investigación para ingeniería y tecnología,” impartida en el tercer semestre. El método está dividido en cuatro fases: análisis, hipótesis, síntesis, y validación.

1. **Diseño del proyecto de investigación**

Los estudiantes durante un periodo de ***seis semanas***, siguiendo los pasos de las dos primeras fases del método, diseñan su proyecto de investigación. Los avances serán presentados en el aula de clase para los cual se contará con ***dos horas semanales***. El resultado es un documento con los siguientes elementos:

1. **Introducción** Se describe el problema y plantea el problema.
2. **Antecedentes** Se muestran los resultados de trabajos previos relacionados con el problema bajo consideración.
3. **Objetivo del proyecto** El **fin** al que se desea llegar, la **meta** que se pretende lograr
4. **Especificación de la solución** la cual incluye el diagrama funcional del sistema, la descripción y tecnología empleada, cuando sea posible, de los diferentes subsistemas. Debe incorporarse el listado de componentes requeridos para la implementación del sistema y, en el caso de componentes que se utilizarán por primera vez, las hojas de datos.
5. **Metas, Factores, y Métricas de desempeño**.
6. **Cronograma de actividades relacionadas con la síntesis y validación.**
7. **Síntesis**

Los estudiantes tendrán un periodo de ***seis semanas*** para realizar la implementación de la solución y diseñar y realizar los experimentos necesarios para verificar la efectividad de la misma. Los avances serán presentados en el aula o en el laboratorio para lo cual se contará con ***dos horas semanales***. Al final de esta etapa los estudiantes deberán presentar sus sistemas, implementados en simuladores y en una tabla de nodos, funcionando correctamente.

1. **Presentación**

El proyecto finaliza con un prototipo, informe final y una presentación oral del informe de resultados durante la última semana del curso. El informe debe ser escrito siguiendo el formato establecido por la facultad.

1. **BIBLIOGRAFÍA**

* 1. **Textos básicos**

Unidad I

* Goodwing, C. G., & Graebe, S., Salgado, E. M. (2001). *Control system design*. USA: Prentice Hall

Unidad II

* Passino, M. K., & Yurkobich, S. (1998). *Fuzzy control*. Menlo Park, California: Addison-Wesley

Unidad III

* Erickson, T. K. (2005). *Programmable logic controllers: an emphasis on design and application*. Rolla, Missouri: Dogwood Valley Press

Unidad IV

* Barrientos, A. (2007). *Fundamentos de robótica*. Madrid, España: McGraw-Hill.
* Caparroso, O. I., Avilés, O., Bello, H. J. (1999, noviembre). Una introducción a la robótica industrial. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 53-67.
* Maloney, J. T. (2006). *Electrónica industrial moderna*. Estado de México, México: Prentice Hall.
  1. **Textos complementarios**

Unidad IV

* Kurfess, R. T. (2005). *Robotics and automation handbook*. Boca Ratón, Florida: CRC Press LLC

1. Clasificación de Asignaturas: Formación General, Básica, Básica Específica, Ejercicio Profesional, Optativas. Metodología y Normativa Curricular para la Transformación Curricular. Aprobada por el Consejo Universitario de la UNI, en Sesión 8-95, del 20 de Julio de 1995. Managua. [↑](#footnote-ref-1)
2. C (Conferencia), S (Seminario), CP (Clase Práctica), Lab (Laboratorio), GC (Gira de campo), T (Taller), TC (trabajo de curso), PC (Proyecto de Curso). [↑](#footnote-ref-2)
3. UNI (2006): Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Ingeniería. Aprobado por el Consejo Universitario el 27 de octubre del 2006. Managua. [↑](#footnote-ref-3)
4. Adecuar de conformidad con la naturaleza de cada programa de asignatura (Arto. 24 del Reglamento de Régimen Académico). [↑](#footnote-ref-4)
5. Preguntas de control, seminarios, clases prácticas, laboratorios, giras de campo, talleres, trabajos extra-clase, pruebas cortas. (Arto. 27 del Reglamento de Régimen Académico). [↑](#footnote-ref-5)
6. Se establecen de conformidad con los criterios definidos en el plan de estudio y las disposiciones institucionales vigentes (Arto. 44 del Reglamento de Régimen Académico).

   [↑](#footnote-ref-6)