



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



## APRUEBA CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO

Buenos Aires, 22 de octubre de 2015

VISTO la Resolución N° 149/15 del Consejo Directivo de la Facultad Regional Haedo, a través de la cual solicita la aprobación y actualización de los Cursos de Actualización de Posgrado: "Modelización de Sistemas y Simulación Dinámica Aplicados al Control. Aplicaciones", "Control Lineal basado en Variables de Estado" y "Control no-Lineal", y

### CONSIDERANDO:

Que los Cursos propuestos responden a la necesidad de brindar a docentes, investigadores y graduados de la Universidad conocimientos científicos actualizados sobre ingeniería de control automático.

Que la Facultad Regional Haedo cuenta con un plantel de profesores de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados a los propuestos.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación, y la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



ARTÍCULO 1º: Aprobar el currículo de los Cursos de Actualización de Posgrado "Modelización de Sistemas y Simulación Dinámica Aplicados al Control. Aplicaciones", "Control Lineal basado en Variables de Estado" y "Control no-Lineal", que figuran en el Anexo I, que es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTICULO 2º.- Autorizar el dictado de los mencionados Cursos en la Facultad Regional Haedo con el Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 3º.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

Q

ORDENANZA N° 1506



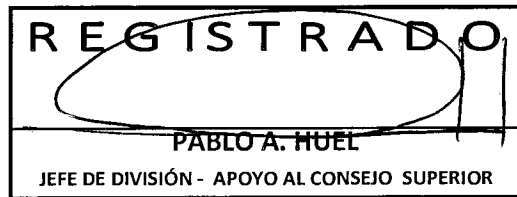
ING. HÉCTOR CARLOS BROTTTO  
RECTOR



A.U.S. RICARDO F. O. SALLER  
Secretario del Consejo Superior



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



**ORDENANZA N° 1506**

**ANEXO I**

## **CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO**

### **I. MODELIZACIÓN DE SISTEMAS Y SIMULACIÓN DINÁMICA APLICADOS AL CONTROL. APLICACIONES**

#### **1. JUSTIFICACIÓN**

Es de particular importancia en el control automático de plantas y procesos, contar con un método de modelización que permita describir los aspectos dinámicos más importantes de dichos sistemas físicos. Vinculado a estos modelos dinámicos se encuentra el análisis y diseño de los controladores que son capaces de lograr que los procesos cumplan con las exigencias del diseño. El curso está orientado a profesionales o académicos interesados en las técnicas de Modelización y Simulación Dinámica aplicadas a los Sistemas de Control y al Diseño de controladores.

#### **2. OBJETIVOS**

Formar profesionales capaces de:

- Profundizar los conceptos fundamentales de la teoría y práctica de la obtención de modelos dinámicos de sistemas físicos y su simulación, empleando software actualizado de cálculo numérico como MATLAB y SIMULINK, para describir sus características dinámicas más importantes.
- Promover la investigación y desarrollo en los distintos campos de la Ingeniería del Control dentro del ámbito universitario y en las empresas

El asistente deberá finalizar el curso manejando fluidamente las diferentes técnicas de modelización, así como el conocimiento de diferentes reguladores que permiten el ajuste del



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



sistema basado en un modelo explícito.

### 3. CONTENIDOS MÍNIMOS

Modelos Estáticos y Modelos Dinámicos. Caracterización cualitativa de dinámica de procesos. Sistemas lineales invariantes en el tiempo.

Formas analíticas de expresar los modelos matemáticos.

Modelos basados en características.

Modelos para perturbaciones. Naturaleza y Carácter de las perturbaciones. Fluctuaciones aleatorias. Predicción de perturbaciones.

Representación gráfica de los modelos matemáticos.

Simulación dinámica de los modelos matemáticos.

Identificación de modelos y parámetros mediante ensayos temporales y frecuenciales.

Modelos para perturbaciones. Naturaleza y carácter de las perturbaciones. Fluctuaciones aleatorias. Predicción de perturbaciones. Test del salto escalón. Modelo FOTD. Método del doble impulso. Modelo SOTD. Realimentación con relé. Reducción del modelo.

Leyes físicas: Newton, Ohm, Kirchoff, Hamilton-Lagrange, etc. y su aplicación a la obtención de modelos.

Diversas formas de expresar los modelos dinámicos. Analogías. Función Transferencia.

Modelo de Estado. Representación mediante bloques. Aplicaciones.

Bloques más usuales de Simulink. Simulación de sistemas y visualización de resultados.

Aplicaciones.

Controladores prácticos. Sintonización de controladores. Métodos de Siegler y Nichols.

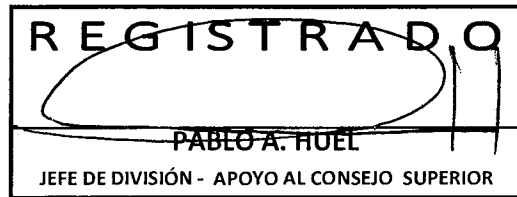
Control Predictivo. El predictor de Smith.

Sintonía automática y adaptación. Técnicas adaptivas. Métodos basados en modelos.

Métodos basados en reglas. Supervisión de controladores adaptativos. Ejemplos de productos utilizados en la práctica.



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



Diversos métodos de sintonía de controladores. Controladores Autozintonizables.  
Aplicaciones.

Transductores y Transmisores. Válvulas de control. Diagramas P&I

Típicos de Montaje. Ejemplos de Aplicación.

Sistemas con retardo de transporte. Modelización del retardo. Efecto del retardo en un lazo de control. Aplicaciones.

Controlador Digital. Equivalencia Zero-Hold. Digitalización de modelos.

Respuesta transitoria y Estabilidad. Lugar de raíces discreto. Aplicaciones.

Diseño de sistemas de control. Diversos métodos y Técnicas. Aplicaciones.

Implementación práctica de controladores y acciones de control.

#### **4. DURACIÓN**

El curso tendrá una carga horaria de NOVENTA (90) horas.

#### **5. METODOLOGÍA**

El régimen de cursado previsto es presencial. El curso se desarrollará a través de clases teórico-expositivas y trabajos prácticos, mediante los cuales se pretende favorecer la capacidad de análisis y de resolución de problemas de los asistentes. Para ello se recomienda que los asistentes conozcan algún lenguaje de simulación, particularmente MATLAB y SIMULINK.

#### **6. EVALUACIÓN:**

Para la aprobación del curso se requerirá, además de cumplir con el 80% de asistencia, la aprobación de los trabajos prácticos y de un examen final escrito e individual.



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



## II. CONTROL LINEAL BASADO EN VARIABLES DE ESTADO

### 1. JUSTIFICACIÓN

La teoría de control se ha desarrollado considerablemente en las últimas décadas, siendo imposible abarcar todos sus aspectos en los cursos clásicos de grado. Asimismo, este desarrollo ha llegado a la industria donde los controladores son cada vez más sofisticados. El tratamiento de estas temáticas permitirá que el profesional o académico del área de control automático conozca el estado del arte en materia de modelización de procesos y síntesis de controladores.

### 2. OBJETIVOS

Formar profesionales capaces de:

- Desarrollar habilidades en el manejo conceptual del diseño de controladores, realimentando variables de estado para controlar la salida.
- Fomentar habilidades para desarrollar controladores de orden completo.
- Fomentar habilidades en el diseño de observadores de estado tanto de orden completo como de orden reducido.
- Fomentar el trabajo interdisciplinario en la investigación y el desarrollo de las áreas correspondientes al control automático.
- Desarrollar controladores para planteas inestables y altamente oscilatorias.

### 3. CONTENIDOS MÍNIMOS

Expresión en variables de estado para el modelo de un sistema analógico y digital.

Importancia de las condiciones iniciales y sus efectos sobre la estabilidad de un sistema.

Controlabilidad y Observabilidad. Controlabilidad de estado y Controlabilidad de salida.

Matriz de Controlabilidad. Matriz de Observabilidad. Concepto físico de Controlabilidad.

Relación entre Controlabilidad y Observabilidad.



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



Soluciones numéricas. El modelo de estado en el cálculo numérico de la respuesta de un sistema. Cálculo numérico de la exponencial matricial. Solución numérica de la ecuación de estado general  $dx/dt=f(x,t)$ . Fórmula de Newton de diferencias finitas. Aplicaciones.

Relación entre el modelo de estado y la matriz/función de transferencia. Invariancia de la función transferencia.

Generalización de la realimentación. Control por realimentación del estado.

Diseño del controlador por realimentación del vector de estado completo, para plantas de tipo cero y uno. Sistemas de Seguimiento. Ganancia de pre-alimentación. Ejemplos de aplicación. Verificación de los diseños por simulación con Simulink. Aplicaciones.

Diseño de Observadores de estado de orden Completo. Aplicaciones. Verificación de diseños con empleo de Simulink.

Diseño de Observadores de estado de orden Reducido. Verificación de diseños con empleo de Simulink.

#### **4. DURACIÓN**

El curso tendrá una carga horaria de SESENTA (60) horas.

#### **5. METODOLOGÍA**

El régimen de cursado previsto es presencial. El curso se desarrollará a través de clases teórico-expositivas y trabajos prácticos con el uso de MATLAB.

#### **6. EVALUACIÓN:**

Para la aprobación del curso se requerirá, además de cumplir con el 80% de asistencia, la aprobación de los trabajos prácticos y de un examen final escrito e individual.

Q



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



### III. CONTROL NO LINEAL

#### 1. JUSTIFICACIÓN

La ingeniería del Control No lineal trata con sistemas reales, la mayoría de los cuales no cumplen con el principio de superposición y tienen algún tipo de no linealidad suave o severa o pueden ser variantes en el tiempo o ambas cosas a la vez. Estos sistemas están gobernados en general por ecuaciones diferenciales no lineales. Las técnicas matemáticas que se han desarrollado para tratar dichos sistemas son más rigurosas y mucho menos generales y a menudo solo se aplican a una pequeña categoría de sistemas. Esto incluye teoría de ciclo límite, mapas de Poincaré, teoría de estabilidad de Lyapunov y funciones descriptivas. Estas técnicas, en general no se incluyen en los cursos de grado, pero en la práctica existen muchos sistemas con controladores no lineales porque tienen algunas ventajas sobre los lineales. Para finalizar, podemos afirmar que los sistemas no lineales se analizan en general utilizando métodos numéricos o computadoras que permiten simular el comportamiento usando un lenguaje de simulación. En este curso se usará MATLAB y SIMULINK.

#### 2. OBJETIVOS.

Formar profesionales capaces de:

- Profundizar los conceptos fundamentales para el análisis y tratamiento de sistemas no lineales, empleando software actualizado de cálculo numérico como MATLAB y SIMULINK, para describir las características dinámicas más importantes.
- Transmitir los conceptos y propiedades que aunque la planta sea lineal un controlador no lineal puede tener a menudo ventajas importantes, como ser implementación simple, mayor velocidad, más exactitud o reducida energía de control, que justifican los procedimientos de diseño más dificultosos.
- Promover la investigación y desarrollo en los distintos campos de la Ingeniería del





Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



Control dentro del ámbito universitario y en las empresas.

El asistente deberá finalizar el curso manejando fluidamente las diferentes técnicas de análisis, modelización y simulación, así como el conocimiento de diferentes reguladores que permiten el ajuste del sistema basado en un modelo explícito.

### 3. CONTENIDOS MÍNIMOS

Revisión de conceptos sobre ecuaciones diferenciales (DE) como tipo, orden y linealidad.

Expresión de una ODE de orden  $n$ , mediante  $n$  EDO's de primer orden.

Solución de una ODE no lineal, mediante métodos numéricos y lenguaje de simulación.

Sistemas de control no lineales. Efecto de la realimentación sobre la linealización. Ejemplo del servomotor con zona muerta.

Análisis de sistemas no-lineales. Método del espacio de estados. Método de la Función Descriptiva.

Trayectorias de fase. Puntos singulares o estados de equilibrio. Ejemplo: Planta de 2º orden con controlador ON-OFF.

Construcción de las trayectorias de fase. Plano de fase. Método de solución directa. Ciclo límite. Ejemplo: Controlador ON-OFF Método de las isoclinas. Ejemplo de planta de 2º orden con Controlador ON-OFF, y controlador ON-OFF con zona muerta y saturación.

Ejemplo del agregado de acción PD a la planta de 2º orden con controlador ON-OFF.

Estabilidad de los sistemas no-lineales. Estabilidad local. Revisión de transformación lineal. Ejemplo no-lineal Focos y nodos.

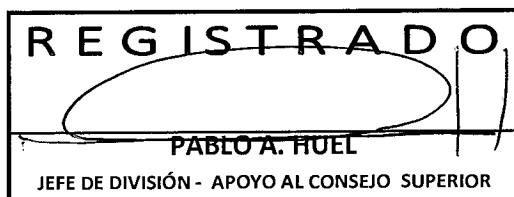
Estabilidad finita y global. Prueba de estabilidad por la técnica indirecta. Ejemplo del péndulo simple.

Sistemas con amortiguamiento dependiente de la amplitud.

Prueba de estabilidad mediante el método directo de Lyapunov. Teorema de estabilidad de Lyapunov. Ejemplo1: Estabilidad por el método de Lyapunov. Ejemplo 2. Ecuación de Van



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



der Pol.

Método de linealización armónica (MHL). Función descriptiva. Cálculo de la función descriptiva.

Usos de la función descriptiva (DF) en control no-lineal.

Función descriptiva de dos entradas (DIDF). Composición espectral de la salida (Ditter)  
.Cálculo de la función descriptiva dual (DIDF). Concepto de no-linealidad equivalente.

#### **4. DURACIÓN**

El curso tendrá una carga horaria de SESENTA (60) horas.

#### **5. METODOLOGÍA**

El régimen de cursado previsto es presencial. El curso se desarrollará a través de clases teórico-expositivas y trabajos prácticos con el uso de MATLAB.

#### **6. EVALUACIÓN:**

Para la aprobación del curso se requerirá, además de cumplir con el 80% de asistencia, la aprobación de los trabajos prácticos y de un examen final escrito e individual.



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



ORDENANZA N° 1506

ANEXO II

## CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO

### FACULTAD REGIONAL HAEDO

#### *Docentes*

#### I. MODELIZACIÓN DE SISTEMAS Y SIMULACIÓN DINÁMICA APLICADOS AL CONTROL. APLICACIONES

- MARIANI, Amadeo Mario

Especialista en Control y Guiado de Misiles, CITEFA / Fuerza Aérea Argentina

Ingeniero Electromecánico, orientación Electrónica, Universidad de Buenos Aires

#### II. CONTROL LINEAL BASADO EN VARIABLES DE ESTADO

- MARIANI, Amadeo Mario

#### II. CONTROL NO-LINEAL

- MARIANI, Amadeo Mario

-----