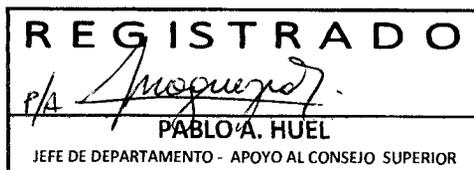




Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



## APRUEBA CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO

Buenos Aires, 29 de junio de 2016

VISTO las Resoluciones Nº 136/2016 y 03/2016 del Consejo Directivo de la Facultad Regional San Nicolás, a través de la cual solicita la aprobación y autorización de implementación de los Cursos de Actualización de Posgrado "Dinámica y control de motores eléctricos" y "Diseño de sistemas digitales descritos en VHDL e implementados en FPGAs. Simulación y Síntesis" y,

### CONSIDERANDO:

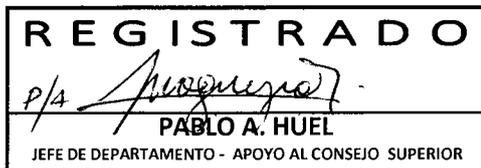
Que los Cursos propuestos responden a la necesidad de brindar a docentes y graduados de la Universidad, conocimientos científicos actualizados acerca de los métodos de síntesis y diseño de sistemas de control de motores eléctricos a través de usos intensivos de modelos matemáticos, y a fin de comprender los resultados relevantes para las innovaciones tecnológicas y aprender técnicas de descripción de sistemas digitales.

Que la Facultad Regional San Nicolás 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.



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



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:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículum de los Cursos de Actualización de Posgrado "Dinámica y control de motores eléctricos" y "Diseño de sistemas digitales descritos en VHDL e implementados en FPGAs. Simulación y Síntesis" que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

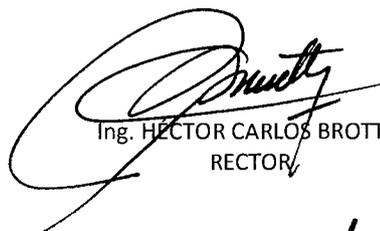
ARTICULO 2°.- Autorizar el dictado de los mencionados Cursos en la Facultad Regional San Nicolás con el Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 3°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 1542

*R*

UTN
SCTYP
f.c.r. <i>F</i>
l.p. <i>l</i>

  
Ing. HECTOR CARLOS BROTTO  
RECTOR



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



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

ORDENANZA N° 1542

ANEXO I

## CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO

### 1. DINÁMICA Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS

#### A. FUNDAMENTACIÓN

Los Sistemas de Control de Motores Eléctricos, o Accionamientos Eléctricos, ("Motion Control Systems" en inglés), constituyen un campo multidisciplinario en la base de cuyo abordaje científico están las teorías de sistemas dinámicos, control y optimización, modelización, simulación en computadoras, y procesamiento de señales en el plano sistémico, y la electrónica de potencia, la microelectrónica, y la ciencia de materiales en el plano tecnológico.

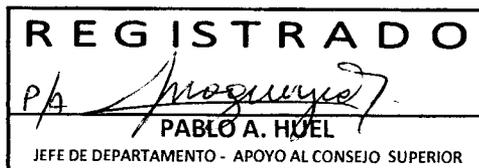
La concurrencia desde mediados de los '70 de importantes avances tecnológicos en los sistemas de microcómputo y en la electrónica de potencia, ha permitido la implementación práctica con costos comercialmente admisibles de equipos de control de motores eléctricos de alto nivel de desempeño. Al desarrollo inicial, caracterizado por la simple incorporación de nueva tecnología electrónica a las antiguas estructuras de control, siguió la renovación de estas últimas, esencialmente en base a enfoques heurísticos ingenieriles. Hoy en día se constata una fuerte presencia de soluciones complejas fundamentadas en métodos teóricos de control.

La tendencia actual es el reemplazo sostenido de los sistemas basados máquinas de continua por accionamientos con máquinas de alterna, particularmente motores de inducción, en los rangos de potencia más frecuentes en ambientes industriales. Esto se debe a que i) los motores de alterna son más robustos, tienen menores requerimientos de mantenimiento y menor consumo de energía; ii) las tecnologías de microcómputo (DSPs:

R



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



Digital Signal Processors, ASICs: Application Specific Integrated Circuits) permiten resolver - a bajo costo- la complejidad del control de los drives de alterna (combinación de elementos lineales y no lineales, rápida dinámica y características conmutadas de los convertidores de potencia, algoritmos sofisticados de control) merced a sus arquitecturas especiales y altas velocidad de procesamiento, y iii) considerando su vida útil total, el drive de alterna es operativa y funcionalmente superior al de continua, si bien aun implica un mayor costo de inversión inicial.

## B. OBJETIVOS

En relación con los sistemas de control de motores eléctricos:

- Conocimiento y dominio de los fundamentos teóricos y metodológicos, y de las herramientas prácticas para su análisis, síntesis y diseño.
- Conocimiento detallado de las estructuras clásicas, modernas y avanzadas, y de las diversas soluciones tecnológicas concurrentes en su implementación.
- Dominio de métodos de simulación digital para la evaluación de su desempeño y el apoyo al ajuste de sus lazos de regulación.

En relación con los dominios de aplicación de los sistemas de control de motores eléctricos:

- Habilidad de especificación y selección de los sistemas adecuados en relación con aplicaciones industriales estándar.
- Capacidad de evaluación crítica de las características de equipos comerciales disponibles y nuevos de posible aparición en el mercado.
- Capacidad de analizar las publicaciones técnico-científicas líderes del área, a fin de comprender los resultados relevantes para las innovaciones tecnológicas en la disciplina.



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



### C. CONTENIDOS MÍNIMOS

- 1 Modelos dinámicos de máquinas de continua (MCC) y de alterna (MCA)
  - 1.1 Modelos de máquinas de corriente continua (MCC).
  - 1.2 Técnicas de análisis de máquinas de corriente alterna (MCA).
    - 1.2.1 Teoría Matricial.
    - 1.2.2 Teoría de Vectores Espaciales.
  - 1.3 Modelos de MCA (máquinas de inducción y sincrónicas).
  - 1.4 Máquinas especiales.
  
- 2 Estructuras de control de MCC (cupla, velocidad, posición)
  - 2.1 Esquemas clásicos: Estructuras PI anidadas. Control de la máquina con excitación independiente: por armadura con campo pleno (región de torque constante) y por debilitamiento de campo (región de potencia constante).
  - 2.2 Control de las máquinas con conexión serie.
  - 2.3 Estrategias avanzadas no lineales.
  
- 3 Estructuras de Control Escalar de MCA (cupla, velocidad, posición)
  - 3.1 Panorama sobre diversas estrategias de control
  - 3.2 Control escalar 'tensión/frecuencia primaria ( $V/f_1$ ) constante'
  - 3.3 Controles escalares 'corriente (estática, rotórica)/frecuencia secundaria ( $I/f_2$ ) constante'.
  
- 4 Estructuras de Control Vectorial de MCA (cupla, velocidad, posición)
  - 4.1 Fundamentos de las estrategias de Control Vectorial
  - 4.2 Control Vectorial por Campo Orientado Directo e Indirecto



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



4.3 Otras estrategias no lineales.

5 Métodos de sintonización de los controladores

5.1 Ajuste de los lazos PI en cascada. Hipótesis simplificatorias.

5.2 Ajuste con criterios de margen de fase y de ganancia

5.3 Método del óptimo simétrico

5.4 Método del lugar de las raíces

5.5 Estimación de parámetros (resistencias estática y rotórica, torque de carga) y esquemas de control adaptable.

6 Control sin sensores

6.1 Incorporación de observadores no lineales de flujo rotórico.

6.2 Control sin sensores mecánicos mediante el uso de estimadores de velocidad rotórica.

6.3 Control sin sensores mecánicos mediante el uso de estimadores de posición rotórica.

7 Mandos electrónicos de potencia y control DTFC

7.1 PWM generalizado mediante el concepto de los "switching state vectors".

7.2 Estructuras a lazo abierto y a lazo cerrado.

7.3 Implementación digital de los algoritmos.

7.4 Control directo de flujo y par (DTFC).

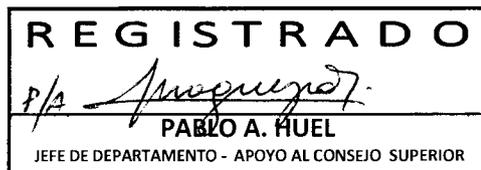
8 Laboratorio de Simulación Digital

8.1 Ambientes de simulación orientados a diagramas de bloques.

8.2 Librerías de modelos de motores, de convertidores de potencia y de algoritmos de control.



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



9 Laboratorio Experimental

9.1 Equipos comerciales: experimentos estándar, medición de formas de onda típicas, determinación de desempeño dinámico, evaluación de funciones y prestaciones.

9.2 Prototipos abiertos: programación y evaluación de técnicas de control avanzadas.

**D. DURACIÓN:**

La carga horaria total del curso es de CINCUENTA (50) horas.

**E. METODOLOGÍA:**

El régimen de cursado previsto es presencial. El curso se desarrollará a través de clases teórico-expositivas y la resolución de problemas.

**F. EVALUACIÓN FINAL:**

Para la aprobación del curso será necesario cumplir con un 80 % de la asistencia, aprobar los informes de trabajos de simulación y de laboratorio experimental y aprobar un examen final integrador escrito e individual.

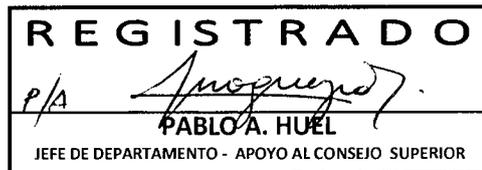
**2. DISEÑO DE SISTEMAS DIGITALES DESCRIPTOS EN VHDL E IMPLEMENTADOS EN FPGAS. SIMULACIÓN Y SISTESIS**

**A. FUNDAMENTACIÓN**

El actual desarrollo de los sistemas electrónicos y la implementación de los sistemas embebidos a gran escala en equipos de uso cotidiano: teléfonos celulares, tablets, electrodomésticos; como específicos: instrumentos de laboratorio, equipos electromédicos, instrumentos de uso industrial, sistemas de control, HMI, PLCs; que además poseen altas presentaciones y costos cada vez más reducidas hacen uso intenso de los dispositivos



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



FPGA y de otros dispositivos electrónicos. En este contexto tecnológico actual, es necesaria la inminente actualización de los ingenieros electrónicos hacia las nuevas tecnologías cada vez, más difundidas y aplicadas.

## B. OBJETIVOS

Objetivos Generales:

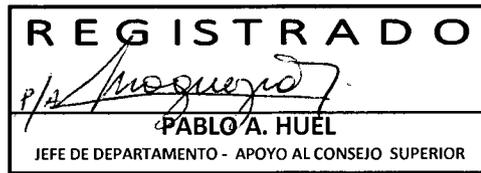
- Aprender el modo y técnicas de descripción de sistemas digitales mediante el uso de lenguaje de descripción de hardware (Hardware Language Description), particularmente VHDL. Conocer las distintas tecnologías ofrecidas en el mercado de dispositivos lógicos programables.
- Comprender y ser capaz de solucionar problemas típicos de implementación de sistemas digitales en FPGAs.
- Conocer técnicas de diseño avanzadas de sistemas digitales.
- Entender reportes de tiempo (timing) de un sistema digital implementado en FPGA.
- Aprender técnicas de mejoras del timing de un sistema digital.
- Describir Máquinas de Estado Finitas complejas en VHDL.
- Familiarizarse con el uso de herramientas EDA de tecnologías de punta.
- Implementar un sistema digital en un FPGA.

## C. CONTENIDOS MÍNIMOS

**Los FPGAs:** La evolución CPLDs y FPGAs. Tecnologías usadas: Flash, Fuse, SRAM. Arquitectura de un FPGA. Bloques dedicados: DSP, SRAM, Relojes. Bancos de Entradas/Salidas. Estándares E/S. Caminos críticos típicos en un FPGA.



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



Generación de reloj, ruteo dedicado de reloj, y de bajo retardo. Bloques dedicados de muy alta velocidad de transmisión y recepción serie. Configuración de un FPGA, opciones.

**Los HDL – Modelación:** Lenguajes de descripción de hardware. Historia, necesidad e importancia de HDL. VHDL. Abstracción del lenguaje VHDL. Diseño jerárquicos. Entidad/Arquitectura. Modelación estructural. Modelación Flujo de Datos. Modelación Comportamiento. Simulación. Instrucciones Secuenciales y Concurrentes. Concurrencia. Eventos y Transacciones.

**Elementos del Lenguaje:** Datos. Objetos. Tipos de Datos: escalares, compuestos, archivos. Subtipos. Arreglos (arrays). Operadores: lógicos, relacionales y aritméticos. Señales. Variables. Funciones de conversión de tipos. Funciones estándares. Funciones escritas por usuario.

**Instrucciones Concurrentes:** Instrucciones de asignación de señales. Instrucción de asignación de señal condicionada. Instrucción assert. Instrucción generate, for-generate. Instrucción de asignación selectiva. Instrucción de instanciación de componentes, diversas formas de asociación.

**Instrucciones Secuenciales:** Asignación de variables. Asignación de señales. Drivers, retardos de transporte, forma de ondas. Instrucciones: if-then, case-when, loop, next, exit, null, return, wait, assert.

**Validación:** Importancia de la validación. Distintas técnicas de validación. Patrones de escritura de Test Bench. Uso de instrucciones secuenciales y concurrentes en la generación de datos, relojes, resets, etc. Técnicas de comprobación de resultados. Validación pre y post ruteo. Diferencias.

**Paquete, Librerías y Subprogramas:** Paquete, declaración y cuerpo. Subprogramas. Funciones. Procedimientos, Uso de subprogramas. Ejemplos típicos de funciones y

R



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



procedimientos. Funciones de conversación de tipos. Llamados concurrentes y secuenciales. Sobrecarga. Librerías.

**Síntesis de Maquinas de Estado Finitas:** VHDL para modelar y sintetizar FSMs. Inicialización, codificación y estados redundantes. Distintos tipos de FSMs y su respectiva codificación. Síntesis de FSMs complejas en dispositivos lógicos programables. Ejemplo de síntesis usando FPGAs.

**VHDL para Síntesis:** Guías para síntesis de sistemas digitales. Síntesis usando Dispositivos Lógicos Programables (PLDs). VHDL para inferir flip-flops, latches, tri-estados. VHDL para generar circuitos combinacionales. Simulación versus síntesis. Directivas para síntesis por de implementación.

**Análisis de Tiempo en FPGA:** Frecuencia máxima de un sistema digital implementado en FPGA. Parámetros de tiempo más importantes. Tiempo de establecimiento. Tiempo de sostenimiento. Retardos de ruteo de entradas y salidas. Uso de generadores de reloj para adelantar o atrasar flanco de reloj para adelantar o atrasar flanco de reloj. Restricciones de tiempo más importantes.

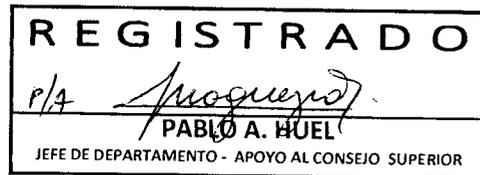
**Técnicas Avanzadas de Diseño Digital:** Diseños con distintos dominios de reloj. Distintos sincronizadores. Sincronización de buses. Protocolo de cuatro fases: Desviación de reloj en FPGA (snew). Correcta implementación de divisores de frecuencia. Restricciones de implementación. Soluciones para problemas de timing. Pipelining. Reset asincrónico, sincrónico. Regla 60/40. Floorplaning.

#### D. DURACIÓN:

La carga horaria total del curso es de SESENTA (60) horas.



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



**E. METODOLOGÍA:**

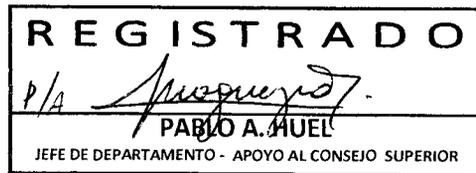
El régimen de cursado previsto es presencial. El curso se desarrollará a través de clases teórico-expositivas y la resolución de problemas.

**F. EVALUACIÓN FINAL:**

Para la aprobación del curso será necesario cumplir con un 80 % de la asistencia, aprobar los trabajos prácticos propuestos y aprobar un examen final integrador escrito e individual.



Ministerio de Educación y Deportes  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



ORDENANZA Nº 1542

ANEXO II

**CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO  
FACULTAD REGIONAL SAN NICOLÁS**

**1. DINÁMICA Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS**

**Docentes**

- JUNCO, Sergio

Especialista en Control Automático, Universidad de Hannover - Alemania

Ingeniero Electricista, orientación Electrónica, Universidad Nacional de Rosario.

- ALBA, Daniel

Ingeniero Electricista, orientación Electrónica, Universidad Nacional de Rosario.

- NACUSSE, Matías

Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional de Rosario.

**2. DISEÑO DE SISTEMAS DIGITALES DESCRIPTOS EN VHDL E IMPLEMENTADOS EN  
FPGAS. SIMULACIÓN Y SÍNTESIS**

**Docente**

- SISTERNA, Cristian

Master of Technology in Computer Engineering, Arizona State University, USA

Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional de San Juan

-----