

PROPUESTA DE CURRÍCULA PARA LA ENSEÑANZA DE SISTEMAS DIGITALES DE CÓMPUTO, EMBEBIDOS Y DE PROPÓSITO GENERAL

INTRODUCCIÓN

Este documento ha sido preparado por los integrantes de la Comisión 1 de la ACSE, entre los meses de Julio y Agosto de 2013, con el objetivo de proponer al CONFEDI mejoras en los planes de estudio de las Carreras de Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Computación.

1. ALCANCE Y LINEAMIENTOS DIRECTRICES

La presente propuesta tiene por objeto definir las competencias que debe adquirir un estudiante de Ingeniería a lo largo de su carrera para, una vez egresado, desempeñarse con solvencia en el diseño de sistemas digitales avanzados ya sea en computadoras embebidas, sistemas de mayor escala basados en microprocesadores (es decir los computadores de propósito general), o en diseño de Circuitos Integrados Digitales de Aplicaciones Específicas (ASICs) para nichos determinados de aplicación.

El concepto con el que ha sido elaborada es considerar la formación como un proceso continuo en lugar de ser asignaturas estancas. De este modo se pretende proporcionar una integración vertical a lo largo de la carrera de tal modo que cada asignatura sea una continuidad de las anteriores, y emplee las competencias adquiridas consolidando su asimilación a través del empleo continuo y acumulativo de las mismas.

Por otra parte, se ha tratado de omitir cualquier tipo de tecnología específica en la medida de lo posible de modo de proveer un marco de aprendizaje independiente de la evolución de la tecnología que en nuestro caso es de tal velocidad que transformaría a cualquier propuesta específica en obsoleta antes de que algún estudiante la pudiese completar. A modo de ejemplo se habla de Dispositivos Lógicos Programables VLSI en referencia a los que indique el estado del arte. En la actualidad se trata de FPGAs, pero en algunos años tal vez aparezcan nuevos dispositivos que serán los que debemos eventualmente adoptar como parte de la actualización natural de la carrera.

En orden de satisfacer las competencias señaladas, cada Unidad Académica tiene lógicamente la autonomía para elaborar los planes analíticos detallados de acuerdo con su criterio, disponibilidad de recursos, background de conocimiento de su cuerpo docente, y demás aspectos intrínsecos. En tal sentido es lógico suponer que cada Unidad Académica adopte la arquitectura de cómputo, la tecnología de FPGA, el sistema operativo, y demás recursos tecnológicos que considere menester. Lo único que esta propuesta considera importante es que exista coherencia a lo largo de la carrera, de modo de cumplir uno de los objetivos deseables antes mencionados: emplear las competencias adquiridas consolidando su asimilación a través del empleo continuo y acumulativo de las mismas.

2. PLAN DE COMPETENCIAS

2.1 ASIGNATURAS OBLIGATORIAS

2.1.a) 1o Nivel - Asignatura: Programación de Computadores I

Equivale a: Informática I / Programación y estructuras de Datos I entre otras

Carga horaria mínima: 160 hs. cátedra. 128 hs. reloj

Objetivos:

Que los alumnos logren:

- Comprender las bases y elementos constitutivos de un computador tanto en sus componentes de hardware como de software.
- Comprender los diferentes sistemas de representación para números en un sistema de cómputo, las diferentes bases numéricas de uso común, sus reglas de conversión, tanto para números enteros con y sin signo, como las representaciones estándar de la notación científica tanto en punto fijo como punto flotante.
- Conocer los diferentes sistemas de codificación de caracteres mas utilizados y las diferencias entre ellos.
- Comprender los aspectos relacionados con Álgebra de Boole.
- Adquirir las bases metodológicas de desarrollo de software, que les permitan:
 1. Diseñar algoritmos para resolver problemas determinados, por lo general sencillos
 2. Implementar estos algoritmos en forma práctica utilizando un determinado lenguaje de programación estructurada.
 3. Comprender cabalmente el funcionamiento, las posibilidades, y empleo de las diferentes herramientas de desarrollo, compilación, linkeo, debugging, documentación y control de versiones, y como automatizar y configurar su utilización.
 4. Comprender y utilizar efectivamente las Interfaces de programación (APIs, Syscalls. o como se las llegase a denominar en el futuro) mediante las cuales los programas de aplicación interactúan con el Sistema Operativo que administra los recursos de hardware de un computador.
 5. Aplicar estas competencias conforme se vayan desarrollando en la resolución de problemas que involucren los conocimientos adquiridos en las asignaturas de ciencias básicas, aplicando los mismos a resolución de problemas reales.
 6. Comenzar a desarrollar el concepto de buenas prácticas de programación de manera incipiente pero sostenida, sentando las bases para desarrollar esta competencia a lo largo de su trayecto académico.

2.1.b) 2o Nivel – Asignatura: Programación de Computadores II

Equivale a Informática II / Programación y Estructuras de Datos II entre otras

Carga horaria mínima: 160 hs. cátedra. 128 hs. reloj

Correlativa: Programación de Computadores I

Objetivos:

Continuar la formación encarada en el nivel anterior, sumando a los alumnos aspectos formativos que les permitan:

- Incorporar a su metodología de desarrollo un lenguaje de programación orientado a objetos.
- Incorporar metodología de diseño de software, junto con el uso de herramientas para modelización de software.
- Utilizar efectivamente entornos de programación integrados (IDEs), en base a los conocimientos adquiridos respecto de las herramientas de desarrollo.
- Ampliar la utilización de los recursos de programación provistos por el Sistema Operativo en el desarrollo de aplicaciones de complejidad creciente.
- Comprender la estructura básica de un sistema embebido, sin abordar el hardware en detalle sino las estructuras de registros internos para manipular desde una aplicación de software.
- Desarrollar las primeras aplicaciones sobre una plataforma embebida, utilizando recursos de hardware en forma directa (sin sistema operativo) empleando para ello los lenguajes de programación vistos en ambos cursos.
- Comprender e implementar sistemas básicos de intercomunicación entre la plataforma embebida y una PC de escritorio, logrando integrar los conocimientos adquiridos en los dos niveles.
- Intensificar el empleo de buenas prácticas de programación.

2.1.c) Tercer Nivel - Asignatura: Diseño de Circuitos Digitales

Equivale a Técnicas Digitales I / Electrónica Digital / Circuitos Lógicos entre otras.

Carga Horaria mínima: 160 hs. cátedra. 128 hs. reloj

Correlativa: Programación de Computadores I

Objetivos:

Abordar los aspectos teórico-prácticos relacionados con las bases de los circuitos digitales y lenguajes de descripción de hardware, asegurando que los alumnos sean capaces de:

- Comprender los aspectos relacionados con circuitos combinacionales básicos y máquinas de estado secuenciales sincrónicas y asincrónicas.
- Comprender el funcionamiento de las memorias utilizadas en los sistemas digitales que se emplearán en los sistemas que se abordarán en las asignaturas subsiguientes.
- Comprender la estructura interna y funcionamiento de los dispositivos de lógica programable de alta escala de integración (VLSI)
- Manejar fluidamente los lenguajes de descripción de hardware y sus herramientas de desarrollo para simular sistemas digitales e implementarlos sobre los dispositivos de lógica programable señalados en el apartado anterior.
- Diseñar utilizando lenguajes de descripción de hardware los diferentes módulos digitales componentes de un sistema de cómputo, relacionando las competencias en

descripción de hardware con el funcionamiento interno de un sistema de computo (embebido o de alta performance)

- Comprender el funcionamiento interno y los componentes de un sistema embebido a través de su descripción.
- Analizar el efecto de la frecuencia en una señal digital, introduciendo el concepto de integridad de señal.
- Comprender los códigos de verificación de integridad de información necesarios para asegurar la correcta transmisión de información en un sistema digital.

2.1.d) Cuarto Nivel - Asignatura: Sistemas embebidos

Equivale a Técnicas Digitales II / Laboratorio de Microprocesadores I y similares

Carga Horaria mínima: 160 hs. cátedra. 128 hs. reloj

Correlativa: Diseño de Circuitos Digitales, Programación de Computadores II

Objetivos:

Estudiar la arquitectura general de sistemas embebidos, tanto en sus aspectos relacionados con el hardware como también en lo referente a los sistemas operativos que administran el acceso a estos recursos por parte de un amplio espectro de aplicaciones, asegurando que los alumnos sean capaces de:

- Comprender la arquitectura de un sistema embebido compuesto por un procesador, periféricos y medios de conectividad capaces de abordar un rango de aplicaciones amplio.
- Desarrollar módulos de inicialización, handlers de interrupción y bloques de código optimizado utilizando lenguaje ensamblador.
- Introducir la estructura interna de un Sistema Operativo de Tiempo Real (RTOS), y su relación con los recursos de hardware.
- Experimentar con diferentes RTOS sobre un mismo sistema, a fin de evaluar los beneficios de la portabilidad de aplicaciones desarrolladas en los cursos del primer y segundo nivel a un sistema embebido de acuerdo con el sistema operativo que se seleccione, permitiéndoles desarrollar un juicio crítico acerca de la selección del sistema operativo, respecto de su apego o no a estándares reconocidos.
- Diseñar aplicaciones en lenguajes de alto nivel utilizando los recursos de hardware mas avanzados, generando aplicaciones de mayor valor agregado

2.1.e) Quinto Nivel - Asignatura: Procesadores de Propósito General

Equivale a Técnicas Digitales III / Laboratorio de Microprocesadores II entre otras.

Carga Horaria mínima: 160 hs. cátedra. 128 hs. reloj

Correlativa: Sistemas Embebidos

Objetivos:

Estudiar sistemas de cómputo de alta gama de procesamiento paralelo, la relación de sus recursos de arquitectura con el sistema operativo, y el rango de aplicaciones de sistemas con alto paralelismo a nivel de instrucción asegurando que los alumnos, al aprobar el curso sean capaces de:

- Comprender el funcionamiento de las micro-arquitecturas de CPUs complejas diseñadas con alto paralelismo a nivel de instrucción y a nivel de datos.
- Comprender los modelos de procesamiento con paralelismo a nivel de datos y desarrollar aplicaciones de Procesamiento digital de señales, imágenes, y video explotando estas capacidades, maximizando el rendimiento del sistema.
- Diseñar sistemas digitales para procesamiento de señales imágenes y video sobre dispositivos lógicos programables VLSI, empleando lenguajes de descripción de hardware, y lograr que interactúen con un procesador evaluando el aumento en su capacidad de procesamiento.
- Diseñar el software de arranque de un sistema multitarea empleando los recursos de arquitectura de un procesador de alta gama.
- Comprender de manera introductoria la arquitectura de un procesador de múltiples núcleos, los principales factores que diferencian a estas arquitecturas de las de un solo núcleo y los lineamientos fundamentales de los sistemas de multiprocesamiento simétrico embebidos en un mismo circuito integrado.
- Integrar los conocimientos y competencias adquiridos en esta asignatura y las previas del área, en un proyecto anual de modo de afianzar su capacidad de diseñar soluciones a problemas de Ingeniería, del mundo real".

2.1.f) Asignaturas Electivas

La función de las mismas es generar espacios curriculares dedicados a trabajar con tecnologías ubicadas en el tope del estado del arte, mediante el abordaje de tópicos avanzados.

No explayaremos sus objetivos ni mucho menos sus contenidos en esta propuesta, por poseer éstos últimos una alta volatilidad en función de la vertiginosa evolución de la tecnología.

Por otra parte, y articulando con el documento de la comisión 2, en el que se propone la creación de una red Universitaria de Carreras que aborden la enseñanza de Sistemas Embebidos, se propone considerar, de prosperar la creación de esa red, la posibilidad de intercambio de docentes y alumnos para estimular que alumnos de una Unidad Académica, cursen electivas en las restantes Unidades Académicas adherentes a la Red mencionada, con la acreditación de dicha electiva en la Unidad Académica del alumno, logrando una sinergia de recursos.

Para tal fin es menester la creación de un fondo de financiamiento para traslados de docentes y alumnos para cumplimentar esta articulación Inter facultades para el cursado de electivas de las carreras involucradas.

2.2. CORRELATIVIDADES

Las correlativas entre las asignaturas fijas se proponen en función de las competencias necesarias para iniciar cada asignatura fija.

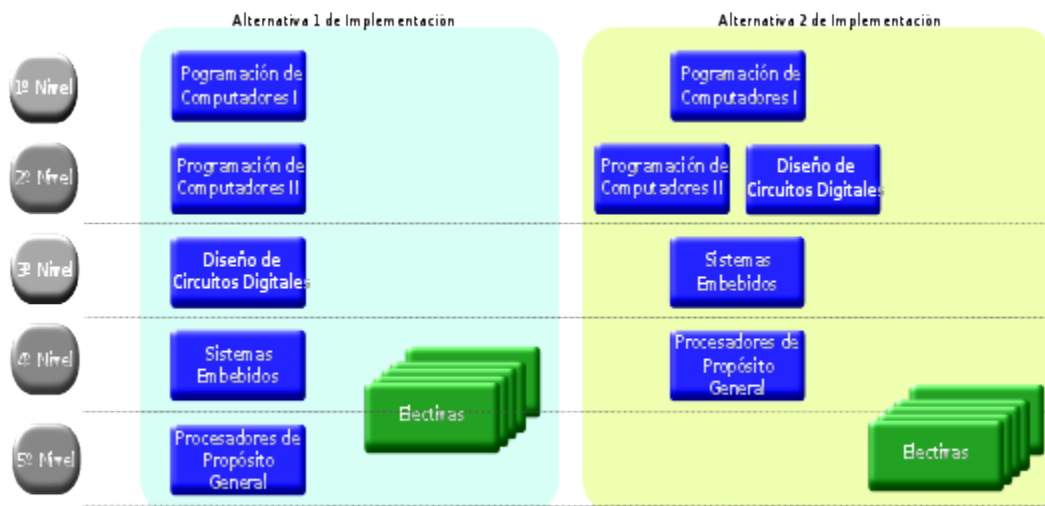
Se deja asentado que Programación de Computadores I no requiere conocimientos previos.

Por otra parte, la asignatura Diseño de Sistemas Digitales solo necesita las competencias generadas en Programación de Computadores I. Esto significa, que podría dictarse en el mismo nivel que Programación de Computadores II, en la medida en que el diseño curricular de cada Unidad Académica así lo permita. Desde el punto de vista de competencias necesarias para Diseño de sistemas digitales solo se necesita tener competencias en desarrollo de software, álgebra de Boole y la estructura básica de un Computador y con las que se obtienen en Programación de Computadores I, es suficiente.

Esto permitiría impartir las 5 asignaturas en cuatro niveles de la carrera, con lo cual permite concentrar las electivas el 5o nivel de la carrera.

Por otra parte, cada Electiva podrá requerir competencias de las diferentes asignaturas fijas de modo que en varias de ellas no sería necesario colocarlas en el 5o Nivel de la carrera, sino que, siempre desde el punto de vista de las correlativas pueden ubicarse en niveles previos de la carrera en la medida en que existan espacios para su ubicación.

Ambas alternativas se muestran a continuación:



3. ANÁLISIS DE LA CARGA HORARIA

3.1 CARGA HORARIA FIJA PARA EL ÁREA

Un plan de estudios de Ingeniería consume completo en promedio 5000 hs cátedra, ó 3750 hs reloj. Las cinco asignaturas fijas de esta propuesta consumen 800 hs. cátedra (600 horas reloj), es decir el 16% del plan de estudios.

Para lograr formar Ingenieros suficientemente formados en sistemas digitales embebidos y de propósito general es necesario destinar mas horas cátedra fundamentalmente en asignaturas que puedan desarrollar competencias relacionadas con diseño en áreas específicas y de interés para la orientación que el estudiante esté interesado en abordar dentro del amplio rango disponible de aplicaciones de Sistemas Digitales Embebidos y de Propósito General.

3.2 ASIGNATURAS ELECTIVAS

A efectos de satisfacer una carga horaria adecuada y considerando lo expresado en el ítem anterior, se propone destinar no menos de 640 hs. cátedra, es decir 480 hs. reloj, para signaturas electivas que cubran el extenso rango de aplicaciones de sistemas digitales embebidos y de propósito general.

De este modo se destinan al desarrollo de competencias aplicadas al estudio y desarrollo y diseño de sistemas digitales embebidos y de propósito general 1440 hs. cátedra (1080 hs. reloj), es decir entre un 28 y 29% del tiempo útil de formación del estudiante.

3.3 CARGA HORARIA TOTAL

En promedio los programas de Ingeniería insumen en el bloque de asignaturas que denominamos Ciencias Básicas alrededor de 1200 hs. cátedra, o bien 900 hs. reloj, es decir el 24% de la carga horaria total del plan. Este bloque es esencial en cualquier carrera de ingeniería Por lo tanto sumadas a las horas del área de Sistemas Digitales Embebidos y de Propósito General, y el bloque de electivas destinado a complementar esta carga horaria con la orientación preferida por el estudiante, se llega a consumir alrededor del 52% de las horas totales de la carrera.

El resto de la carga horaria del plan de estudios debe destinarse a las asignaturas de Tecnología Básica de Electrónica General, de estado sólido teoría de circuitos y demás asignaturas generales.

3.4 MATERIAL PARA DISCUSIÓN

La resolución 1232 del Ministerio de Educación en donde se establecen los estándares de las carreras de Ingeniería, establece para el bloque de tecnologías aplicadas, *“deben considerarse los procesos de aplicación de las Ciencias Básicas y Tecnologías Básicas para proyectar y diseñar sistemas, componentes o procedimientos que satisfagan necesidades y metas preestablecidas. A partir de la formulación de los problemas básicos de la ingeniería deben incluirse los elementos fundamentales del diseño, abarcando aspectos tales como el desarrollo de la creatividad, resolución de problemas de ingeniería, metodología de diseño, análisis de factibilidad, análisis de alternativas, factores económicos, ambientales y de seguridad, estética e impacto social”*.

En este sentido se establece en dicha resolución las competencias que se deberán formar en cada una de las carreras, definiéndose para todas las carreras una lista suficientemente amplia de competencias en diferentes áreas de conocimiento. Sin embargo en el caso de Ingeniería Electrónica, la mencionada resolución establece que *“Las Tecnologías Aplicadas deberán formar competencias en:*

Para el título de Ingeniero Electrónico: Electrónica Digital y Teoría del Control.”

Este criterio establecido en la resolución, solo dos áreas, de las múltiples que nos demanda a realidad actual, no es compatible con el volumen de conocimiento que se ha generado tan solo en los últimos 20 años en la carrera de Ingeniería Electrónica, lo cual hace imposible abordar áreas que son ampliamente utilizadas y demandadas.

Si bien la 1232 no pretende ser mas que un criterio de mínima, entendemos que existen áreas de conocimiento que dicha resolución no expresa en el bloque de Tecnologías Aplicadas, y que no pueden dejar de abordarse en la actualidad debido a la demanda laboral, y a la permanente expansión del conocimiento en nuestra especialidad que produce cada vez mas líneas de

investigación con su consiguiente impacto en la demanda de conocimiento para ser aplicado en las industrias.

Vale la pena debatir como emplear el 48% restante de la carga horaria, y considerar la posibilidad de establecer orientaciones en los planes de estudio de las carreras que lo requieran como es el ejemplo de Ingeniería Electrónica.

4. CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN

4.1 COMPETENCIAS, NO TECNOLOGÍAS

Al basar los objetivos de cada asignatura en el desarrollo de competencias generales transparentes (en general) a la tecnología, esta propuesta puede interpretarse y asumirse como un objetivo a cumplir sin plazos estrictos, permitiendo a cada Unidad Académica implementarlo de manera gradual con el ritmo que estime adecuado para llevarlo adelante.

4.2 GRADUAR INGENIEROS PARA LA INDUSTRIA QUE QUEREMOS, NO PARA LA QUE TENEMOS

Persiste en la cultura actual de muchas Universidades un concepto proveniente de las décadas de mayor esplendor de nuestra industria, lamentablemente pasadas, que consiste en considerar que la Universidad debe “enseñar lo que la industria necesita”.

Lamentablemente como consecuencia de determinadas políticas se ha sufrido un brusco retraso en toda la industria electrónica de nuestro país, siempre hablando en términos generales y haciendo lugar a algunas pocas pero honrosas excepciones. La situación actual, por lo tanto, nos plantea la necesidad de reconsiderar este concepto. Es por ello que esta propuesta parte de considerar que en la situación actual de nuestra industria, es misión de la Universidad ir en su ayuda proporcionándole el insumo estratégico clave, sin el cual le resultará imposible dar el salto cualitativo que le permita crecer y alcanzar la competitividad que la posicionen nuevamente dentro de los estándares internacionales: Recursos Humanos que le aporten excelencia y alto valor agregado que superen los estándares locales.

Nos proponemos capacitar a nuestros estudiantes para que obren como agentes de cambio en su espacio laboral, impulsando el uso de recursos tecnológicos y metodologías de desarrollo que estén al tope del estado del arte internacional.

De otro modo, es imposible cortar este círculo vicioso en el que las Universidades basan sus contenidos curriculares en las tecnologías que utilizan las empresas, para seguir inyectando profesionales que no poseen suficiente energía cinética para romper la inercia imperante, debida en ocasiones a legítimas urgencias de “caja” o de “time to market”, que motivan seguir utilizando tecnologías de hace 40 años en sus líneas de producto, por no tener capacidad de invertir el tiempo que requiere la capacitación permanente de sus recursos humanos para explorar alternativas tecnológicas actuales. Esto inexorablemente conduce a una pérdida de competitividad de la cual las propias urgencias ya citadas hacen imposible salir.

4.3 INTEGRACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL DE CONTENIDOS

4.3.a) Integración horizontal

Es la más compleja, ya que significa relacionar cada asignatura con las restantes asignaturas del mismo nivel del plan de estudios. El Titular de cada Cátedra del Área de Sistemas Digitales Embebidos y de Propósito General, podría lograrlo coordinando con sus pares de las demás asignaturas de modo de incluir dentro de las aplicaciones que componen los trabajos prácticos, o proyectos que se lleven adelante contenidos del resto de las asignaturas del mismo nivel.

Considerando que la carrera propuesta tiene foco en esta temática se propone que las asignaturas fijas del área digital tengan el rol de asignaturas integradoras, de modo de lograr este objetivo.

4.3.b) Integración vertical

Consiste en aplicar un concepto ya citado en esta propuesta: el bloque de asignaturas fijas del área de Sistemas Digitales Embebidos y de Propósito General posea un claro hilo conductor.

Para ello es fundamental que los Titulares de cada asignatura coordinen entre sí los contenidos, proyectos, prácticas y demás actividades académicas que puedan contribuir a este objetivo.

Para tal fin es menester que pueda designarse un coordinador de área que tenga bajo su responsabilidad la articulación de los contenidos de las cinco asignaturas fijas propuestas y las electivas que cada Unidad Académica proponga dentro de su plan.