

# Propuesta Para la Reforma Curricular del Area de Electrónica Digital de la Carrera de Ingeniería Electrónica

Andrés Djordjalian

---

## Resumen

Este trabajo es una propuesta para la reestructuración del area de electrónica digital de las carreras de Ing. Electrónica e Ing. en Informática de la Universidad de Buenos Aires. Fue preparado con la intención de servir como una fuente más de ideas para la reforma curricular que está encarando la Facultad de Ingeniería. Tomando al area actual como punto de partida, intenta corregir ciertos defectos, que se detallan en una de las secciones, y adaptarla a un plan de cinco años, como el que se está esbozando, sin perder el grado de especialización. El trabajo incluye un análisis del area actual, sus diagramas de correlatividades como así también los de la propuestas, y detalles de cada materia incluyendo lineamientos para sus currículas.

## 1 Introducción

Este trabajo es una propuesta para la reestructuración del area de electrónica digital de las carreras de Ing. Electrónica e Ing. en Informática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA). Fue preparado con la intención de servir como una fuente más de ideas para la reforma curricular que está encarando la Facultad.

En la preparación de la propuesta se tuvieron en consideración las siguientes pautas:

### *Currícula para un Plan de Cinco Años*

Los nuevos planes que se están preparando tienen una duración de cinco años, o 240 créditos. El area debe tener una carga acorde. Para analizarla se utilizaron las siguientes estimaciones de asignación:

*Ciencias básicas:* 30% a 35%

*Ciencias de Ingeniería y Diseño:* 50% a 55%

*Humanísticas y Legales:* 7,5%

*Proyecto Final o Tesis:* 7,5%

La carga debe ser acorde en dos aspectos. Por un lado, la cantidad de materias obligatorias debe ser adecuada para aquellos estudiantes que elijan especializarse en otras areas. Por otro lado, la totalidad de materias debe permitir, a quienes se especialicen en ésta, poder cursarlas y hacer también

otras optativas.

### *Continuación de la Experiencia y Organización Actual*

En la propuesta se parte de las materias actuales, proponiendo cambios sólo donde se lo considera necesario para mejorar el nivel o ajustar el área al plan nuevo.

### *Superposiciones Temáticas Improductivas*

Uno de los criterios que han sido sugeridos para acortar las carreras es el de eliminar superposiciones temáticas. Este ha sido seguido en la propuesta, pero siempre intentando diferenciar la superposiciones improductivas de las productivas. Las primeras ocurren cuando un mismo tema se da, en el mismo nivel, en dos materias diferentes. Las segundas superposiciones, que en realidad no son tales, ocurren cuando un tema se repite en una materia correlativa posterior, para dar un enfoque diferente o más profundo. Parece innecesario advertir sobre esto, pero lo es dada la cultura enciclopedista de la educación de nuestro país.

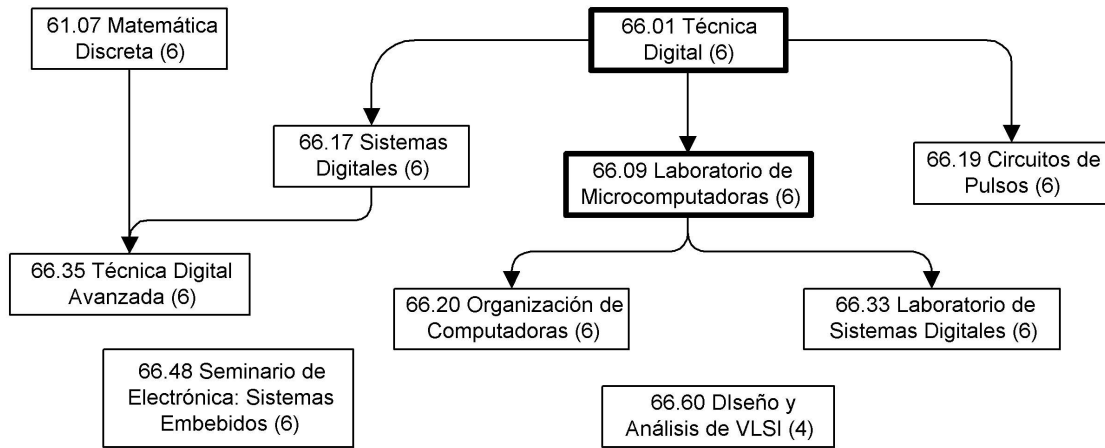
### *Más Proyectos y Diseño*

Los estudiantes necesitamos hacer más proyectos y diseño a lo largo de toda la carrera. La estructura de las correlatividades puede ayudar en este sentido, sobre todo en el area de digitales, si los contenidos que habilitan para el diseño se encuentran más temprano en la currícula. Sin embargo, una cultura que valore un aprendizaje más activo es irremplazable; esos cambios sólo la auxiliarían.

La próxima sección describe el area en la actualidad. En las que le siguen se presenta la propuesta y se dan detalles para cada materia.

## 2 El Area Actualmente

En esta sección se describe el area de electrónica digital de las currículas actuales de las carreras de Ing. Electrónica e Informática. Este será el punto de partida de la propuesta. Se comienza por mostrar dia-



**Figura 1:** Estructura del Área de Digitales para Ing. Electrónica. Las materias obligatorias están en cuadros más gruesos. Entre paréntesis figura la cantidad de créditos que otorga cada una.

gramas de las estructuras para cada carrera, luego se describe brevemente cada materia, y se termina la sección con una explicación de los problemas que se encontraron y que condujeron a los cambios de se proponen en secciones posteriores.

**2.1 Estructura del Área Para las Carreras de Ingeniería Electrónica e Informática**

El diagrama de la Figura 1 muestra las correlatividades entre las materias del área. Las materias obligatorias se muestran en cuadros gruesos, y los créditos de cada materia están indicados entre paréntesis.

En la Figura 2 se muestra el área para la carrera de Ing. en Informática.

**2.2 Breve Descripción de Las Materias**

La siguiente es un breve detalle de los contenidos de cada materia:

*Matemática Discreta:* Lógica. Álgebra de Boole. Circuitos combinacionales. Autómatas. Gramáticas y lenguajes formales. Grafos. Redes y árboles.

*Técnica Digital:* Sistemas numéricos. Aritmética de computadoras básica. Álgebra de Boole. Circuitos combinacionales. Sumadores y decodificadores. Códigos. Flip-flops. Circuitos secuenciales. Contadores y registros. PAL, PLA y memorias.

*Laboratorio de Microcomputadoras:* Repaso de familias lógicas y sistemas numéricos. Sistemas microprocesadores. Arquitectura MCS-51.

*Sistemas Digitales:* Análisis y diseño de circuitos secuenciales sincrónicos. VHDL. Diagramas de flujo de datos.

*Técnica Digital Avanzada:* Testeabilidad. VHDL. Criptografía. Circuitos digitales lineales.

*Organización de Computadoras:* Análisis de una CPU con estructura de uno o dos buses. Microprogramación. Clasificación de procesadores. Métricas. Pipelining. Jerarquías de memoria.

*Circuitos de Pulsos:* Familias lógicas. Circuitos de las compuertas. Interfases.

*Laboratorio de Sistemas Digitales:* Arquitectura 80x86.

*Seminario - Sistemas Embebidos:* Sistemas embebidos. Herramientas y métodos.

**2.3 Los Problemas de a Estructura Actual**

En la Tabla 1 se muestra la carga en créditos de las materias que son estrictamente sobre electrónica

	Créd.	% 6 años	% 5 años
Obligatorias Electrónica	12	4,2%	5,0%
Optativas Electrónica	34	11,8%	14,2%
Obligatorias Informática	6	2,0%	2,5%
Optativas Informática	12	4,1%	5,0%

**Tabla 1:** Carga de las materias estrictamente sobre digitales, participación en el total de las carreras actuales de 6 años y participación en carreras de 5 años si se mantuviera el área sin modificaciones.

digital, y su participación en el total para la obtención del título. Dichas materias son: *Técnica Digital, Laboratorio de Microcomputadoras, Sistemas Digitales, Estructuras del Computador, Laboratorio de Sistemas Digitales, Técnica Digital Avanzada, Circuitos de Pulsos y Sistemas Embebidos*. Para el cálculo del porcentual se considera el CBC como

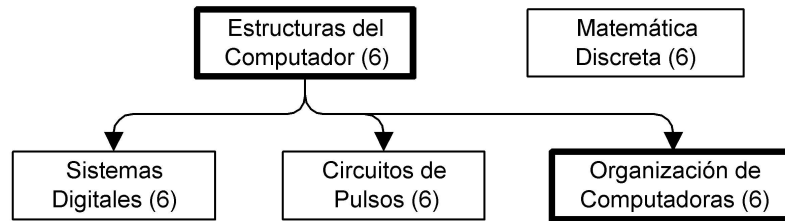


Figura 2: Estructura del Área de Digitales para Ing. en Informática

si fueran 48 créditos. Cabe mencionar que, aunque no fue considerado en la tabla, las materias *Introducción a Proyectos, Trabajo Profesional y Tesis de Ingeniería* permiten a los estudiantes ocuparse más del área si así lo deciden.

El problema que puede indentificarse en la Tabla 1 es que la cantidad de optativas para Ing. Electrónica es excesiva, y más para una carrera de cinco años. Lo ideal es que el estudiante que elija especializarse en electrónica digital pueda cursar todas esas optativas, manteniendo una cantidad adecuada de las otras. Por lo tanto, en la reforma sería conveniente reducirlas. La propuesta de este trabajo lo hace intentando no perder el grado de especialización.

Hay otros problemas con la cohesión y la correlatividad. Como ejemplo de lo primero, *Circuitos de Pulsos* enseña temas de diseño físico pero está demasiado adelante en la carrera, y entonces estos conocimientos no pueden aplicarse en materias más tempranas, para incorporar más práctica. Esta poca cohesión crea un problema cuando los estudiantes elijen sólo algunas de las optativas, ya que terminan con un conjunto de conocimientos inconsistente. ¿Cuán útil es saber sobre testeabilidad de circuitos digitales (*Técnica Digital Avanzada*) cuando no se aprendió a evaluar familias lógicas (*Circuitos de Pulsos*)? Hay muchos ejemplos como éste. En realidad no es un problema tan grave porque los estudiantes somos racionales –o deberíamos serlo– al elegir las optativas. Sin embargo, el exceso de optativas complica esta elección racional para los estudiantes que quieren asignar una carga moderada a las materias de digitales.

Esta poca cohesión está relacionada con la horizontalidad excesiva de la estructura de correlatividades. Así se produce cierta superposición improductiva y un problema aún mayor: las materias avanzadas tienen pocas correlativas previas. Esto dificulta la profundización e integración de conocimientos, como también la realización de proyectos y diseños. Por ejemplo, en *Circuitos de Pulsos* se enseña la implementación física pero no

es correlativa con *Sistemas Digitales*, y entonces el pasaje a la práctica de estos conocimientos es limitado.

Además, la selección de conocimientos de las materias obligatorias es, al menos, cuestionable. Un egresado que sólo cursó éstas tiene una visión limitada de lo que es la electrónica digital, y en cambio utilizó esfuerzos en temas secundarios como códigos especiales, algoritmos tabulares de simplificación lógica, etc. La elección de una materia introductoria a las técnicas digitales y otra sobre sistemas microprocesadores parece adecuada. Sin embargo, ajustando la currícula de la primera con objetivos más claros, y adecuando las correlatividades para que las dos puedan optimizar el uso de su carga horaria, se podrían mejorar los resultados. En este punto cabe mencionar la incidencia negativa que tiene la materia *Circuitos I* en el desarrollo de *Laboratorio de Microcomputadoras* al sobrepasar su asignación de carga horaria, ya que en la planificación sugerida se cursan simultáneamente.

Por último, hay demasiado enciclopedismo en algunas de las materias. Esto, sumado a los problemas antes mencionados, crea un círculo vicioso: la poca cohesión dificulta la enseñanza de conocimientos procedimentales y entonces se recurre a los declarativos, más fáciles de comunicar y evaluar.

Con este escenario en mente se elaboró la propuesta descrita en el resto del trabajo.

### 3 Estructura Propuesta

Esta sección contiene las estructuras que se proponen para las áreas de las dos carreras. Al final de la misma se analiza la carga horaria. Las descripciones de cada materia están en una sección aparte.

#### 3.1 Propuesta para Ingeniería en Electrónica

El diagrama de la Figura 3 muestra la estructura propuesta para el área dentro de la carrera de Ingeniería en Electrónica. Los cambios de estructura que se proponen son:

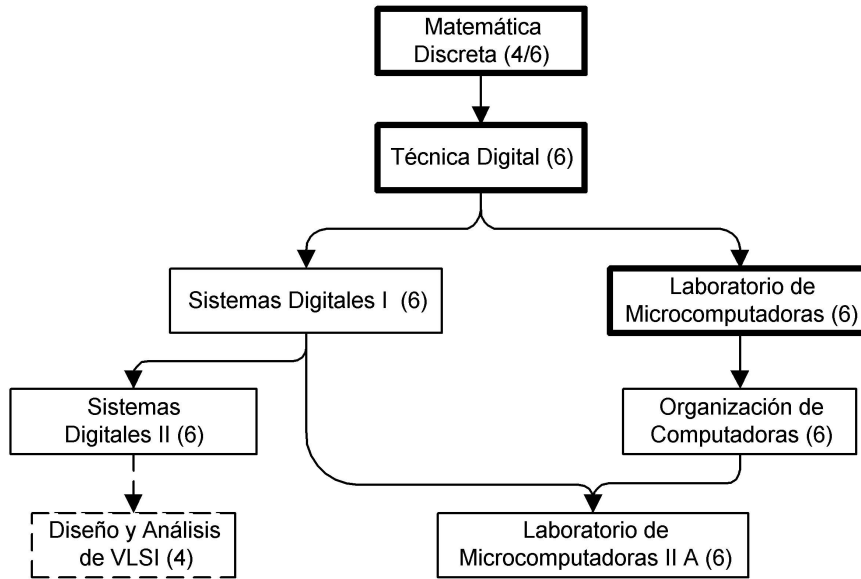


Figura 3: Estructura Propuesta para el Area de Digitales de Ing. Electrónica

- Hacer que *Matemática Discreta* sea obligatoria
- Crear *Laboratorio de Microcomputadoras IIA* que incluiría contenidos que hoy se dan en *Laboratorio de Sistemas Digitales* y *Seminario de Electrónica: Sistemas Embebidos*.
- Crear una nueva materia *Sistemas Digitales II* en reemplazo de *Circuitos de Pulsos* y *Técnica Digital Avanzada*.
- Estudiar si se conserva, o no, la materia *Diseño y Análisis de VLSI*.

años. En otra sección se darán detalles sobre cada materia según lo propuesto.

### 3.2 Propuesta para Ingeniería en Informática

El diagrama de la Figura 4 muestra la estructura propuesta para el area dentro de la carrera de Ingeniería en Informática. Los cambios de estructura que se proponen en este caso son:

- Hacer que *Matemática Discreta* sea obligatoria.
- Incorporar *Laboratorio de Microcomputadoras IIB*.
- Sacar *Circuitos de Pulsos*.
- Sacar *Sistemas Digitales* para que no perjudique el desarrollo de la materia en Ingeniería Electrónica, ya que allí es mucho mayor su importancia. Se la podría incluir diferenciada (*Sistemas Digitales IB*) para evitar estos problemas.

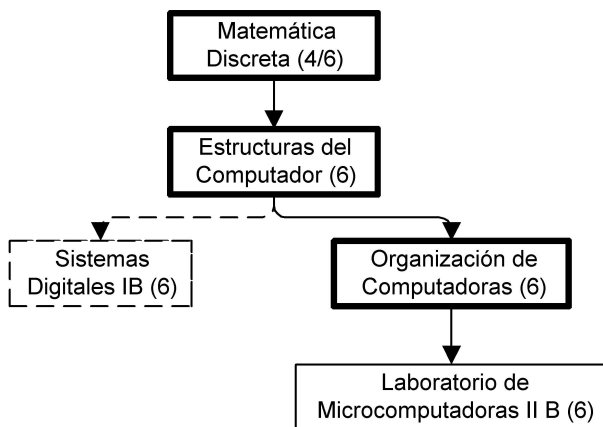


Figura 4: Estructura Propuesta para el Area de Digitales de Ing. en Informática

Con esta estructura se propone solucionar los problemas mencionados anteriormente. El area tendría más cohesión y se adecuaría a un plan de 5

### 3.3 Carga Horaria Total Según la Propuesta

La Tabla 2 muestra las cargas de las materias estrictamente sobre digitales para la estructura propuesta. Los porcentajes están calculados en base a carreras con un total de 240 créditos (cinco años). Considerando que se ocupa de un 50% a un 55% de la carrera en ciencias de ingeniería y diseño, los egresados de electrónica que quieran especializarse en electrónica digital habrán usado alrededor de un 25% de ese tiempo en materias estrictamente del area, lo que parece razonable. En las carreras actuales, ese coeficiente es de un 30%. Recordemos que otras materias que son obligatorias ocuparían un 37% en un

plan de cinco años si se conservaran sus cargas horarias.

	Créd.	%
Obligatorias Electrónica	12	5,0%
Optativas Electrónica	18/22	7,5%/9,2%
Obligatorias Informática	6	2,5%
Optativas Informática	6/12	2,5%/5,0%

**Tabla 2:** Carga relativa de las materias estrictamente sobre digitales según lo propuesto. Las alternativas, para las optativas de las dos carreras, se deben a la incertidumbre con respecto a las materias *Sistemas Digitales IB e Diseño y Análisis de VLSI*

Hay una desventaja en la propuesta que no se ve en la Tabla 2, que es el problema que se crearía si *Matemática Discreta* fuera obligatoria, lo que constituiría un aumento de la participación del area en dichas materias. Este tema se analiza en la sección siguiente.

#### 4 Las Materias Según la Propuesta

En esta sección se hacen descripciones de cada materia según la propuesta, incluyendo motivos que condujeron a las estructuras recién descritas.

##### 4.1 Matemática Discreta

La idea de hacer que esta materia sea obligatoria parece contradecir el espíritu de optimizar el tiempo utilizado en las ciencias básicas. El Consejo Directivo de la Facultad, en las resoluciones 2034 y 2035 del 2 de Marzo del 2000, resolvió una currícula de materias de ciencias básicas obligatorias y comunes a todas las Ingenierías que ocupa 66 o 68 créditos

- Álgebra de Boole: postulados y teoremas más importantes. Confección de diagramas de Karnaugh.
- Compuertas digitales. Conversión de ecuaciones lógicas en circuitos de compuertas y viceversa.
- Análisis y realización de diagramas de estados. Máquinas de Mealy y de Moore: ejemplos y conversión de una en otra. Minimización de autómatas.
- Sistemas numéricos. Precisión y rango. Operadores algebraicos sobre éstos. Otros códigos (Gray, Hamming) y sus aplicaciones.

**Tabla 3:** Currícula de *Matemática Discreta* en lo que respecta a la Electrónica Digital

y que, por supuesto, no incluye a *Matemática Discreta*. En Ing. Electrónica seguramente se agregaría una materia que trate la física cuántica. Esto suma un

30% del total de la carrera y deja poco espacio para más ciencias básicas. Sin embargo, un análisis más detallado parece sugerir la inclusión de *Matemática Discreta*, como se verá a continuación.

El primero de los temas que se tratan en la materia es la lógica. Si *Introducción al Pensamiento Científico* queda eliminada, esta sería la única oportunidad de ver lógica. Pienso que se justifica hacer de este un tema obligatorio, y al principio de la carrera, para los ingenieros electrónicos e informáticos.

Los siguientes temas (álgebra de Boole, lógica combinacional y autómatas) son cubiertos por materias obligatorias de sendas Ingenierías, por lo que su obligatoriedad no es novedad. Como un beneficio aparte, se estarían eliminando superposiciones temáticas improductivas.

Los temas que siguen son lenguajes formales y gramáticas. La necesidad de estos temas sí es cuestionable. Podrían ser pasados a una materia optativa que trate la teoría de la computación, como lo hace *Teoría de Grafos*. Recordemos también que hay una optativa llamada *Lenguajes Formales* en donde, hasta donde sé, se dan contenidos que no se relacionan con este título.

Quizás *Matemática Discreta* podría ocupar sólo 4 créditos si se transfieren los temas recién mencionados a una materia optativa. Sin embargo, sería conveniente evaluar si esto deja tiempo suficiente para lógica, tal como el tema lo amerita, o si podría aprovecharse la materia para incluir otro tema importante que en la currícula no aparece, que es ecuaciones en diferencias.

El último de los temas que trata la materia es grafos y redes. Esta teoría está muy presente en muchas areas de las dos ingenierías. Pienso que sería útil discutir si se deben incluir en una materia obligatoria y cómo.

Resumiendo, creo que hay suficiente material con méritos para estar en una materia obligatoria. El problema es que estoy proponiendo que estos 4 o 6 créditos no se saquen de *Técnica Digital* y *Estructuras del Computador*. Entonces, esos créditos se obtendrían del espacio de otras materias optativas. Esto, a-priori, no parece perjudicar a las otras especializaciones pero habría que evaluarlo.

##### 4.2 Técnica Digital

En esta materia se brindaría una base teórica de la electrónica digital, enseñando los elementos de un circuito digital y métodos de análisis y síntesis. Dada la limitación del tiempo, y la calidad de única materia obligatoria específicamente sobre digitales, se propone que no se priorice el enseñar a diseñar. Eso puede dejarse para materias optativas subsiguientes.

La prioridad debería ser brindar conocimientos que sirvan para evaluar el rol del area, ejemplificar los problemas básicos y sus métodos de solución y dar una introducción teórica.

- Qué son los circuitos digitales. Clasificación. Abstracción digital y familias lógicas. Niveles de descripción de un sistema digital (arquitectura, circuito e implementación física.)
- Análisis y síntesis de circuitos con compuertas. Transformaciones (demorganizando, etc.) para hacerlos más fáciles de leer o adaptarlos a los circuitos disponibles. Introducción a familias lógicas.
- Simplificación lógica: sus partes y definiciones asociadas (cubo, minitérmino, POS, etc.) Utilización de diagramas de Karnaugh. Conocimiento de otros algoritmos (Quine-McCluskey, Espresso). Riesgos en circuitos combinacionales y redundancias. Notaciones prácticas y operadores sobre minitérminos con indeterminaciones.
- Circuitos combinacionales más comunes: sumadores, restadores, codificadores, comparadores, multiplexores, etc. Parámetros temporales de las compuertas y de estos circuitos. Comparaciones para distintas familias lógicas, utilizando hojas de datos. Salidas open-collector y tri-state. Aplicaciones.
- Circuitos secuenciales asíncronos: definición y análisis. Flip-flops y sus parámetros temporales. Análisis y síntesis de diagramas de tiempo. Riesgos en circuitos asíncronos. Contadores asíncronos y sus problemas.
- Circuitos secuenciales síncronos: definición, clasificación y análisis. Circuitos más comunes: contadores, registros, etc. Parámetros temporales.
- Lógica programable: arquitecturas PLA y PAL. Diseño con PALs usando software. Tecnologías de mayor complejidad: celdas, aplicaciones y métricas.
- Memorias: clasificación básica y parámetros temporales.

**Tabla 4:** Currícula de *Técnica Digital*

Esto es similar a los que ocurre actualmente con la materia, salvo algunos cambios. En primer lugar, gracias al tiempo ahorrado por la correlatividad de *Matemática Discreta*, se puede enseñar el análisis tanto para combinacionales como para secuenciales. La currícula actual es muy reducida en cuanto al análisis de circuitos secuenciales. Otro cambio sería reducir las exigencias con respecto a ciertos temas como códigos e implementaciones con multiplexores que no se ajustan tanto a los objetivos citados. Esos esfuerzos pueden focalizarse en temas que componen “el abc” de la electrónica digital (niveles de descripción, comportamiento temporal, circuitos secuenciales, etc.) de los cuales la materia se

ha ido apartando para ocuparse de temas suplementarios como aquellos.

Es conveniente dar someramente tecnologías actuales de lógica programable para que aquellos estudiantes que no se especialicen en el area puedan evaluar el rol de los circuitos digitales en la electrónica en general. Por último, la inclusión del tema memorias se sugiere para evitar una superposición temática entre las materias *Sistemas Digitales I* y *Laboratorio de Microcomputadoras*.

Con respecto a los TT.PP y proyectos, los conocimientos procedimentales adquiridos no parecen suficientes para realizar diseños interesantes, principalmente porque no se enseñaría a sintetizar circuitos secuenciales. Además, al no haberse enseñado a diseñar confiablemente existe el riesgo de que muchos estudiantes pierdan tiempo tratando de resolver problemas sin poseer los conocimientos necesarios. La práctica puede consistir en la elaboración de reportes de investigación o la preparación o utilización de herramientas de software. En cuanto a esto último, considerando la importancia de los algoritmos en el diseño digital, podría ser conveniente que *Algoritmos y Programación I* fuera cursada previamente.

### 4.3 Laboratorio de Microcomputadoras I

En esta materia se introduce y desarrolla el análisis y la síntesis de sistemas microprocesadores y mi-

- Sistemas microprocesadores y microcontroladores: utilidad, ventajas, limitaciones y clasificación. Marco histórico y productos actuales.
- Arquitectura de un sistema microprocesador. Ejemplos. Distintos tipos de sincronización de CPU y memoria.
- Software para microprocesadores: registros, códigos de operación y operandos, assembler, modos de direccionamiento, ciclo de máquina, ciclos por instrucción, stack, subrutinas.
- Programación sobre una arquitectura determinada (actualmente se utiliza MCS-51). Particularidades y comparaciones con otras arquitecturas. Programación de cálculos aritméticos.
- Hardware de microprocesadores: entrada-salida, puertos paralelo y serie, interrupciones, otros periféricos. Hardware de la arquitectura dada en el curso y comparaciones.
- Diseño de sistemas microprocesadores de la arquitectura dada en el curso, incluyendo documentación y análisis temporal.

**Tabla 5:** Currícula de *Laboratorio de Microcomputadoras I*

crocontroladores. Los cambios en las materias previas la beneficiarían porque los estudiantes llegarían

con una mejor preparación en diagramas temporales, lógica combinacional, interpretación de hojas de datos y nivel físico. Esto ahorraría un tiempo de repaso, que se podría usar para nuevos temas.

Actualmente la materia se concentra en una arquitectura: la MCS-51. Utilizar una arquitectura parece ser conveniente para poder reforzar la parte práctica, siempre y cuando se les de importancia a las comparaciones con otras, ya que es importante poder evaluar las distintas opciones.

#### 4.4 Sistemas Digitales I

Esta materia principalmente enseñaría a diseñar circuitos digitales. Sería, por lo tanto, mucho más práctica que su antecesora, y los proyectos deberían formar una parte significativa de la aprobación. Los temas teóricos que se proponen apuntan fundamentalmente a habilitar para un diseño confiable y con ciertas consideraciones de tipo económico.

- Nivel físico. Circuitos equivalentes de entrada y salida. Interfases. Factores que intervienen en la confiabilidad de un diseño. Comparaciones para distintas familias lógicas.
- Análisis y síntesis de circuitos secuenciales sincrónicos y asincrónicos que sean confiables. Identificación de problemas asociados con asincronismos en circuitos sincrónicos.
- Consideraciones económicas del diseño. Generación y evaluación de alternativas. Nociones de manufacturabilidad, reutilización, tiempo de vida, etc. Realización de prototipos.
- Diseño de la arquitectura. Diagramas. Lenguajes de descripción. VHDL.
- Tecnologías de lógica programable compleja: CPLD, FPGA, "gate-arrays". Evaluación y utilización. Software.
- Memorias: tecnologías y utilización.

**Tabla 6:** Currícula de *Sistemas Digitales I*

Dado el énfasis puesto en el nivel físico, y la exigencia mayor que la actual, se sugiere que esta nueva materia no forme parte de la currícula de Ing. en Informática. Si los estudiantes de esa carrera quieren profundizar los conocimientos sobre electrónica digital, sería conveniente que lo hicieran en una materia más informativa que práctica, por ejemplo *Sistemas Digitales IB*.

#### 4.5 Organización de Computadoras

Esta materia fue incluida en este reporte, a pesar de no ser una materia estrictamente sobre diseño digital, debido a que hay ciertos cambios que necesariamente hace falta proponer para el funcionamiento

correcto de *Laboratorio de Microcomputadoras II*, que sería una correlativa siguiente.

Los cambios propuestos apuntan a sistematizar y actualizar la materia. En la actualidad, la teoría se concentra demasiado en arquitecturas de uno o dos buses microprogramadas, y esto también se hace en una de las prácticas. Así se dejan de lado los paradigmas más modernos y los conocimientos necesarios para evaluar arquitecturas. Se desaprovecha la oportunidad de expandir conocimientos adquiridos en *Laboratorio de Microcomputadoras* a otras arquitecturas. También se olvida la sistematización y el marco histórico. La materia debería concentrarse en temas que, hoy en día, son más relevantes. Por ejemplo, sin importar el horario de práctica elegido, todos los estudiantes deberían conocer métricas y clases de arquitecturas, saber el funcionamiento interno de distintas microarquitecturas, tener una noción de la historia de la arquitectura de computadoras y haber practicado con distintos sets de instrucciones.

- Introducción. Marco histórico.
- Métricas.
- Arquitecturas de set de instrucciones. CISC, RISC y VLIW. Ejemplos y comparaciones.
- Microarquitecturas. Microprogramación.
- Pipelining y paralelismo de nivel de instrucciones. Uniciclos, escalares, superescalares y paralelismo explícito.
- Jerarquías de memoria.

**Tabla 7:** Currícula de *Organización de Computadoras*

#### 4.6 Sistemas Digitales II

Esta materia sería la reunión de lo que hoy es *Circuitos de Pulsos y Técnica Digital Avanzada*. Con-

- Repaso y profundización de tecnologías: familias lógicas, memorias, ASICs, VLSI, circuitos mixtos. Productos actuales.
- VHDL. Práctica más intensiva que en *Sistemas Digitales I*.
- Herramientas para un diseño confiable: diagramas de Bergeron y análisis estadístico del estado metaestable.
- Testeo: definición, métodos, herramientas y estándares.

**Tabla 8:** Currícula de *Sistemas Digitales II*

stituiría una profundización de la práctica de *Sistemas Digitales I* con la inclusión de algunos temas avanzados relacionados con el diseño de sistemas digitales.

En realidad se sugieren cambios con respecto a lo que hoy son las materias mencionadas. Por un lado, el nivel físico se estudiaría en materias previas, y entonces no sería necesario dar varios de los contenidos de *Circuitos de Pulsos*. Estos podrían ser reemplazados por un repaso y por la inclusión de tecnologías más complejas. En este punto cabe mencionar la cuestión sobre ASICs y VLSI. El avance en la manufactura de circuitos integrados aumenta la importancia de estos temas con el paso del tiempo. Esto sugiere mantener la materia *Diseño y Análisis de VLSI*, pero si se decide no hacerlo, la materia *Sistemas Digitales II* sería una oportunidad para dar algo de esa teoría.

El otro cambio que se sugiere está relacionado con un enciclopedismo que se observa en las materias actuales. Es una pena que los conocimientos que traen los estudiantes no se utilicen para realizar más prácticas. Esto seguramente se debe a la poca cohesión del área actual. Por ejemplo, *Circuitos de Pulsos* no es correlativa con *Sistemas Digitales*, por lo que difícilmente se puedan pedir diseños. Por otro lado, los estudiantes suelen llegar a *Técnica Digital Avanzada* con muy poca experiencia en el nivel físico y el diseño confiable. Las correlatividades propuestas, en cambio, habilitan para la realización de prácticas muy interesantes, y sería importante explotarlo.

#### 4.7 Laboratorio de Microcomputadoras IIA

Esta materia brindaría conocimientos avanzados de sistemas microprocesadores que actualmente están

- Sistemas embebidos: periféricos, sistemas operativos, herramientas y métodos de diseño.
- Marco histórico y productos actuales.
- Arquitecturas 80x86 e IA-64.
- Aritmética de computadoras. Coprocesadores.
- Buses. Normas. Integración de sistemas.

**Tabla 9:** Currícula de *Laboratorio de Microcomputadoras II*

repartidos entre *Laboratorio de Sistemas Digitales* y *Seminario de Electrónica: Sistemas Embebidos*.

La correlatividad con *Organización del Computador* y la mejor preparación en las áreas de digitales y matemáticas discretas permitirían una mejor utilización del tiempo. Esto haría implementable la unificación de lo que en la actualidad son dos materias, siempre y cuando se recuerde que el objetivo es dar una base habilitante para el trabajo y no una acumulación de conocimientos declarativos. Por otra parte, sería útil hacerla correlativa a *Comunicación de Datos* para integrar conocimientos de esa materia

y poder realizar mejores prácticas.

#### 4.8 Laboratorio de Microcomputadoras IIB

Me parece interesante la posibilidad de crear una materia, en Informática, asociada a *Sistemas Digitales IIA* de Electrónica. Por un lado, muchos conocimientos de *Laboratorios de Microcomputadoras IIA* tendrían relevancia para los ingenieros en informática. Además, el trabajo en equipo de estudiantes avanzados de las dos carreras podría producir valiosos intercambios de experiencias. Se propone diferenciar las dos especialidades para que ciertos temas, como por ejemplo “buses”, puedan dirigirse a los electrónicos. Por otro lado, si en la currícula de Ing. en Informática no se hace lugar para una profundización en electrónica digital, como se había sugerido con *Sistemas Digitales IB*, este espacio podría aprovecharse para eso.

## 5 Epílogo

Hacer que FIUBA sea la cuna de buenos diseñadores de hardware es un desafío que, en mi opinión, está pendiente. Al escribir esta monografía fui sintiendo que no podía volcar muchas ideas que me hubiera gustado expresar. Pienso que se debe a que este reporte trata la estructura del área, pero una mejora sustancial depende mucho más del enfoque que se hace en cada materia. Es fundamental el énfasis que se le den a ciertos temas, en detrimento de otros menos importantes. También qué se les exige a los estudiantes en sus evaluaciones. Este trabajo no debería interpretarse como que mi opinión es que un cambio de estructura es lo fundamental.

Otra idea que no tuve la oportunidad de comentar es la siguiente. Pienso que el desarrollo en general se puede pensar de dos maneras. La primera es la de la concreción de un proyecto, en donde las tareas son secuenciales. Por ejemplo, Colón siguió diferentes pasos, uno tras el otro, para llegar a América. El otro enfoque es el de un proceso continuo, en donde el crecimiento depende de varios factores que son desarrollados al unísono, potenciándose unos a los otros, y donde se mantiene cierto equilibrio. Por ejemplo, una empresa crece en clientes, personal, financiamiento, infraestructura, etc. en forma gradual. Si hubieran muchos clientes pero poco personal, los primeros serían descuidados. Creo que la enseñanza de la electrónica digital en nuestra Facultad está organizada muy como en el primer modo (una secuencia) cuando debería ser más parecido al segundo. En el afán de conservar lo más posible la estructura anterior pienso que dejé de lado esta idea. Por ejemplo, me arrepiento un poco de



haber escrito que me parece conveniente no enseñar a diseñar sino hasta *Sistemas Digitales IA*. Quizás los estudiantes puedan hacer diseños y luego ir aprendiendo más códigos, circuitos estandarizados, etc., lo que haría más interesante la carrera.

Creo que la idea del proceso continuo, y otras que pudiera tener gente de la Facultad que sin duda tiene mejor preparación que yo para opinar, abre lugar para hacer una reforma más radical. No sigo escribiendo porque llegué a mi límite de tiempo disponible y porque no se si ni siquiera este texto pueda servir de algo. Pero me gustaría intercambiar opiniones sobre el tema, y también recibir comentarios de esta monografía. Para eso, mi dirección de email es [andres@indicart.com.ar](mailto:andres@indicart.com.ar) .