

**LA MODERNIZACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE**

**COMENTARIOS SOBRE EL PROYECTO EDUCATIVO DEL
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

Preparada por:

**Mauricio Wilches Zúñiga
MSc en Ingeniería Biomédica**

Rionegro, Julio de 2013

**Universidad Católica de Oriente
Facultad de Ingeniería**

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	3
1. Contextualización	4
2. Breve historia de la Ingeniería Electrónica	9
3. El programa de Ingeniería Electrónica en el país	13
4. Los proyectos integrativos de programa (PEP)	18
Conclusiones	25
Agradecimientos	27

INTRODUCCIÓN

La idea fundamental que origina el presente documento es realizar una reflexión generalizada del Proyecto Educativo del Programa (PEP) de Ingeniería Electrónica que se ofrece en la Universidad Católica de Oriente. Dicha reflexión abarca aspectos legales, históricos, formativos y comparativos.

En la sección correspondiente a la contextualización se mencionan brevemente los antecedentes que dieron origen a los Proyectos Educativos de Programa (PEP), los organismos e instituciones que aportaron para su génesis y algunos de los aspectos legales y reglamentarios que obliga a que cada programa de Ingeniería que se cree vaya acompañado de su correspondiente PEP.

En la sección correspondiente a la Historia de la Electrónica se pretende dar una mirada somera de la evolución de tal ingeniería, desde el inicio del telégrafo hasta el estado actual, mencionando con algún detalle la importancia que han tenido el conocimiento científico, el desarrollo tecnológico y las expectativas de la sociedad. Se pretende mostrar que la esencia de la Ingeniería Electrónica es la manipulación de señales y que las telecomunicaciones lo que hacen es precisamente eso. El hecho de que dicha ingeniería también se ocupe de los sistemas de control, sólo refuerza su naturaleza pues lo hace a partir del sentido de señales.

En la sección correspondiente a la evolución de la Ingeniería Electrónica en el País, en los casi 70 años de existencia de tal profesión, se muestra que durante más de treinta años el número de programas de Ingeniería Electrónica existentes en el País no llegaba a la decena. También se muestra que tales programas sólo se ofrecían en tres ciudades, mientras que hoy existen mucho más de medio centenar de ellos esparcidos por casi todo el territorio nacional.

Aprovechando que es una obligación de ley que cada programa de Ingeniería Electrónica tenga su propio PEP, se tomó el plan de estudios allí plasmado para realizar comparaciones entre el panorama formativo que ofrecen algunos programas de otras universidades colombianas y el que ofrece la Universidad Católica de Oriente. La confrontación con universidades extranjeras es un poco más compleja porque no es fácil encontrar parámetros suficientemente objetivos para realizar una comparación razonable y, sobre todo, equitativa.

En la parte final del documento aparecen unas conclusiones y recomendaciones que, de parecer razonables, pueden ser tenidas en cuenta para realizarle ajustes al Programa de Ingeniería Electrónica de la UCO.

1. CONTEXTUALIZACIÓN

El Proyecto Educativo de Programa (PEP) es una construcción que cada programa académico debe realizar, obligatoriamente, para presentarle a la sociedad, en general, y a los interesados, en particular, la información mínima que se requiere para entender los objetivos del programa, por un lado, y aquellos aspectos específicos que identifican dicho programa dentro de una institución determinada, por otro. Por decirlo fácil, el PEP de Ingeniería Electrónica de la UCO debe tener similitudes con su homónimo de la Universidad Javeriana pero no deben ser idénticos, puesto que poseen distintas fortalezas.

La Ley 30 de 1.992 (Ley de la Educación Superior) organiza el servicio público de la educación superior y establece para la formación de ingenieros y profesionales en general lo siguiente:

- La educación superior es un proceso permanente que posibilita el desarrollo de las potencialidades del ser humano de una manera integral y tiene por objeto el pleno desarrollo de los estudiantes y su formación académica o profesional.
- El Estado garantiza la autonomía universitaria y vela por la calidad del servicio educativo a través de la suprema inspección y vigilancia de la Educación Superior.
- La Educación Superior, sin perjuicio de los fines específicos de cada campo del saber, despertará en los estudiantes un espíritu reflexivo, orientado al logro de la autonomía personal, en un marco de libertad de pensamiento y de pluralismo ideológico que tenga en cuenta la universalidad de los saberes y la participación de las formas culturales existentes en el país. Por ello, la Educación Superior se desarrollará en un marco de libertades de enseñanza, de aprendizaje, de investigación y de cátedra.

En primera instancia, el PEP recoge la orientación que la Ley General de Educación (Ley 115 de 1.994) señala sobre el concepto mismo de Educación: “es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y sus deberes”.

A partir de 1.995, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) y el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES) emprendieron un proyecto denominado Encuentro por Ramas de la Ingeniería (EPARI), el cual tenía como propósito fundamental reflexionar sobre la actualización, modernización y pertinencia de los aspectos curriculares de la ingeniería, con la intención de hacer más competitivo al ingeniero colombiano de cara al inicio del siglo XXI.

El proyecto EPARI, aunque serio fue muy sesgado, ya que decidió concentrar sus esfuerzos en algunas ramas de la ingeniería, excluyendo otras. Las seleccionadas en el proyecto fueron:

- Ingeniería Civil
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Química
- Ingeniería Eléctrica
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería de Sistemas
- Ingeniería Geológica
- Ingeniería de Minas
- Ingeniería de Materiales
- Ingeniería de Petróleos
- Ingeniería Metalúrgica
- Ingeniería Ambiental
- Ingeniería Agrícola
- Ingeniería Agroindustrial
- Ingeniería Forestal
- Ingeniería de Alimentos

Algunas de las excluidas fueron:

- Ingeniería Administrativa
- Ingeniería Aeroespacial
- Ingeniería Automotriz
- Ingeniería Biológica
- Ingeniería Biomédica
- Ingeniería Catastral
- Ingeniería de Control
- Ingeniería General
- Ingeniería Física
- Ingeniería Mecatrónica
- Ingeniería de Producción
- Ingeniería Sanitaria
- Ingeniería de Software
- Ingeniería de Telecomunicaciones

No obstante, más allá de si un programa de ingeniería específico esté en la primera o en la segunda lista, lo concreto es que se pretende que esté bien estructurado y no quede la menor sombra de dudas sobre la calidad de sus egresados.

Como una especie de carta de navegación, los miembros del EPARI llegaron a la conclusión de lo importante que era poseer una estructura conceptual básica que orientara los planes de estudio

particulares, pero manteniendo algunas generalidades. Dicha estructura incluye los siguientes aspectos:

1. Buscar concordancia entre el perfil del ingeniero y el plan de estudios.
2. Facilitar y estimular el desarrollo de la creatividad y la motivación.
3. Estimular el trabajo en grupo.
4. Mejorar la comunicación oral y escrita de los estudiantes y futuros ingenieros, habilitándolos también en el entendimiento básico de una segunda lengua, fundamentalmente el inglés.
5. Desarrollar conciencia ecológica, de protección del medio ambiente y del manejo sostenible de los recursos naturales.
6. Desarrollar el espíritu experimental a través de la implementación de prácticas de laboratorio adecuadas.
7. Propiciar discusiones y análisis abiertos sobre información técnica, códigos, normas internacionales, asuntos de legislación, aseguramiento de la calidad, entre otros.
8. Capacitar al estudiante, y futuro egresado, para la autocrítica y permanente cuestionamiento hacia la excelencia.
9. Estimular el debate ideológico como preparación para la vida ciudadana, hacia la práctica de la tolerancia y el pluralismo en el marco de la democracia participativa.
10. Estimular la disciplina de trabajo mediante la realización de proyectos multidisciplinarios.
11. Impartir una formación humanística, ética, estética y con respeto por la dignidad de las personas y sus derechos.

Las ideas plasmadas en este decálogo mas uno, como lo llamaron cariñosamente algunos, se direccionaron y sintetizaron de tal manera que dio origen a las siguientes áreas de formación:

- Ciencias Básicas: entendidas como los principios y fundamentos de la matemática, la física, la química y la biología.
- Básicas de Ingeniería: son las aplicaciones de las ciencias básicas, incluyendo expresiones gráficas, orales, escritas e informáticas.
- Aplicación profesional: corresponde a la actividad y el desarrollo de la formación profesional.
- Económico-Administrativa: es un área que permite integrar los procesos productivos dentro del contexto de la rentabilidad, de la gestión y de la eficiencia de los recursos físicos y humanos.
- Socio- Humanística: corresponde a los aspectos del hombre y la sociedad.

El trabajo de las diferentes comisiones del EPARI fue más lejos y propuso los siguientes porcentajes mínimos en horas de formación para cada área:

- Ciencias Básicas 20%

- Básicas de Ingeniería 20%
- Aplicaciones de Ingeniería 25%
- Económico-Administrativas 5%
- Socio-Humanística 10%

Lo cual sugiere que el 20% restante se repartirá de acuerdo con las necesidades propias de cada programa de ingeniería.

Como una consecuencia directa de las recomendaciones del EPARI aparece el Decreto 0792 de Mayo 8 de 2.001, el cual establece estándares de calidad en programas académicos de pregrado en Ingeniería y que en su artículo 4 (Aspectos curriculares básicos) dice textualmente:

“El programa debe poseer la fundamentación teórica y metodológica de la Ingeniería que se basa en los conocimientos de las ciencias naturales y matemáticas; en la conceptualización, diseño, experimentación y práctica de las ciencias propias de cada campo, buscando la optimización de los recursos para el crecimiento, desarrollo sostenible y bienestar de la humanidad.

Para la formación integral del estudiante en Ingeniería, el plan de estudios básico comprende, al menos, las siguientes áreas del conocimiento y de prácticas:

- a) Área de la Ciencias Básicas: está integrado por cursos de ciencias naturales y matemáticas.
- b) Área de Ciencias Básicas de Ingeniería: incluye los cursos que estudian las características y aplicaciones de las ciencias básicas para fundamentar el diseño de sistemas y mecanismos en la solución de problemas.
- c) Área de Ingeniería Aplicada: conjunto de conocimientos propios de un campo específico de la Ingeniería.
- d) Área Socio-humanística: comprende los componentes económico-administrativo y socio-humanístico.

En la propuesta del nuevo programa deberá hacerse explícita la estructura y organización de los contenidos, las estrategias pedagógicas, así como los contextos posibles de aprendizaje para el logro de los resultados esperados.”

Infelizmente, este decreto no logró ser suficientemente específico y las universidades lo fueron “interpretando” a su modo. Por ejemplo, no se especifica el contenido mínimo del componente matemático para que un programa se considere una ingeniería. Tampoco se reglamentó el contenido mínimo en el componente físico, químico y biológico. Es más, en un número muy grande de las llamadas ingenierías no se estudia Cálculo Vectorial, en la mayoría no se estudia Física Moderna ni Mecánica Cuántica, en otras no se menciona nada de Química y en la inmensa mayoría el componente biológico es inexistente. En otras palabras, existe una flagrante violación del literal a) del artículo 4 del Decreto 0792.

El espectro del Área de Ciencias Básicas de Ingeniería es sumamente amplio: Resistencia y Propiedades de los Materiales, Termodinámica, Transferencia de Calor, Mecánica de los Fluidos, Mecánica de los Sólidos, Electroquímica, Sistemas (Circuitos) Eléctricos, Sistemas Automáticos de Control, Sistemas Algorítmicos, Lenguajes de Programación, Dibujo y muchas otras. ¿Cuánto de esto debe ser obligatorio para todas las ingenierías?

El área de Ingeniería Aplicada es, sin lugar a dudas, la mejor tratada. En la inmensa mayoría de los programas de Ingeniería Electrónica existentes en el país se hace un gran énfasis en ella. Pareciese que lo tecnológico debe primar ampliamente sobre lo científico.

Lo que queda razonablemente claro, de lo mencionado hasta ahora, es el esfuerzo que ha realizado el Estado por definir y reglamentar marcos conceptuales dentro de los cuales deben moverse los programas de educación superior y, muy particularmente, los de Ingeniería.

2. BREVE HISTORIA DE LA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Si partimos del supuesto de que la Ingeniería Electrónica trata, fundamentalmente, del uso de la energía eléctrica para procesar información, podríamos decir que sus inicios se remontan al año 1.850 con el invento del Telégrafo por parte de Samuel F. B. Morse interrumpiendo la corriente eléctrica producida por una pila de Volta de una manera codificada. Es un invento sencillo, pero genial, mediante el cual se ponía a “viajar” la información a través de conductores de cobre. Como una golondrina no hace verano, reza el dicho popular, es claro que no podemos tomar tal fecha como el inicio de la Ingeniería Electrónica como profesión, puesto que ello ocurrirá mucho más tarde. Otro invento de similar importancia fue uno de los más grandes aportes de la genialidad de Alexander Graham Bell en 1.875, me refiero al teléfono.

Como es ampliamente conocido, la Ingeniería Electrónica nace como una subdivisión de la Ingeniería Eléctrica (en 1.889 la Universidad de Columbia creó el primer departamento académico de tal profesión) cuyo objetivo fundamental se concentra en la generación, transformación, transporte y distribución de la energía eléctrica. Es claro que el uso de los circuitos eléctricos constituye la cuna de los circuitos electrónicos; basta cambiar los dispositivos y listo, porque los principios que rigen unos y otros son los mismos.

La promulgación de la Teoría Electromagnética por James Maxwell constituye un hito en la historia de la Ingeniería Electrónica. Tanto físicos como ingenieros tratan de verificar la validez y aplicabilidad de tan increíble teoría y la someten a las verificaciones más rigurosas, de las cuales sale muy bien librada. Tanto es así, que hacia mediados de 1.901 Guglielmo Marconi había logrado transmitir exitosamente ondas de radio a través del Océano Atlántico, convirtiéndose en el pionero de las comunicaciones por radio, título este ampliamente disputado por Tesla. No cabe la menor duda que, en sus orígenes, la Ingeniería Electrónica era Ingeniería de Telecomunicaciones y fue así por un buen tiempo.

Otro hito de la Ingeniería Electrónica lo constituye la aparición de la válvula de vacío inventada por De Forest entre 1.901 y 1.903, pero perfeccionada en 1.906. Su principio es simple: un cátodo metálico es calentado por un filamento con la intención de liberar electrones, los cuales viajan a través del vacío producido previamente en la ampolla de vidrio que los contiene, que a su vez son atraídos por un ánodo, también metálico, sometido a una diferencia de potencial que genera un campo eléctrico atractivo para los electrones. Así se genera una gran corriente de origen termiónico. Colocando electrodos adicionales (grillas), y polarizándolos adecuadamente, se crearon, además de diodos, tríodos, tetrodos, pentodos. Con estos primeros dispositivos electrónicos y la ayuda de dispositivos eléctricos tales como resistores, capacitores, inductores, transformadores, interruptores, etc., aparecen los primeros circuitos electrónicos analógicos capaces de realizar un sinnúmero de tareas: rectificación, amplificación, mezcla, modulación, oscilación, entre otras. El perfeccionamiento de estos circuitos y la creación de entidades internacionales de regulación como la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) permitieron el surgimiento de verdaderos servicios y es así como se crea la radiodifusión comercial

(broadcasting en inglés) y algo más tarde la televisión. La consolidación de la primera, en la década del 20, y de la segunda, en la década del 30, son claros ejemplos de que la ingeniería estaba procesando la información en forma de energía eléctrica, y puede considerársele el nacimiento de la Ingeniería Electrónica.

Ya desde principios de la década del 30 varias ingenierías se cuestionaban las posibles aplicaciones de uno de los temas que apasionaba a más de un matemático de la época: la lógica binaria. La Ingeniería Electrónica encontró en tal herramienta un aliado importantísimo que le permitió pensar de otra manera y resolver ciertos problemas en el dominio digital (o electrónica de la conmutación o suitcheo, como se le llamó en algún tiempo), aun entendiendo que el mundo que nos rodea es esencialmente analógico. Empleando válvulas de vacío inició el diseño y construcción de los primeros circuitos lógicos: compuertas, flip-flops (o biestables), astables, monoestables, registros, etc. En la década del 40 aparecieron los primeros computadores analógicos, que fue una de las primeras aplicaciones de la electrónica diferentes de la radiocomunicación; también la Electrónica empieza a incursionar en el control de máquinas de producción industrial, que hasta ese momento eran del entero dominio de las ingenierías Mecánica y Eléctrica. Debido al flagelo de la Segunda Guerra Mundial el desarrollo del radar y el sonar, por un lado, y las comunicaciones móviles, por otro, pusieron nuevamente en escena las telecomunicaciones como la aplicación favorita de la Ingeniería Electrónica.

Fue a partir de 1.945 cuando el auge de la Electrónica se volvió imparable dado que empezó a incursionar en todos los aspectos de la cotidianidad. Se diseñaron y construyeron las primeras computadoras digitales, de las cuales la IBM fue pionera, continuaron produciéndose computadoras analógicas para controlar procesos en tiempo real, la Electrónica incursiona en el sensado, transducción y control de muchas variables y lleva la teoría de control a unos grados de desarrollo insospechados. También en esta época los teóricos de la Electrónica plantearon la teoría que rige el comportamiento de los transistores a efecto de campo, cuya construcción tuvo que esperar unas décadas más hasta que la tecnología del momento permitiera construirlos. Es en esta década en donde se acentúa de manera abismal la brecha entre los países desarrollados y los llamados en vía de desarrollo.

La década del 50 marca un nuevo hito en la Ingeniería Electrónica: aparecen los diodos semiconductores y los transistores bipolares (BJT), los cuales desplazan rápidamente a las válvulas de vacío (o termoiónicas) en casi todas sus aplicaciones, lográndose con ello una increíble disminución de espacio y de disipación de calor (y con el tiempo de dinero); se inicia la era de la "compactación" lo cual constituye un gran estímulo para la aviónica, la industria en general, la electromedicina y la computación, entre otras disciplinas. Se inicia la época de la transportabilidad, es decir, el uso de los instrumentos móviles operados por baterías. No obstante ello, los computadores siguen usando memorias magnéticas, tanto de cinta como de disco y de ferrita y, teniendo en cuenta el gran tamaño de sus periféricos, resultan monumentalmente grandes. (Basta recordar el espacio que ocupaban el 1130, el 360 o el 370, tres modelos de computadores IBM muy populares en su época).

El primer material semiconductor utilizado en la fabricación de diodos fue el selenio, remplazado rápidamente por películas de germanio y luego de silicio, ambos dopados con pequeñas impurezas de materiales como el boro. Resulta sorprendentemente interesante lo que se ha logrado con el uso de uniones PN, que desde esa época no han cesado de utilizarse. Compañías como Motorola, Texas, Fairchild y RCA en Estados Unidos, además de Philips y Siemens en Europa, entre otras muchas, se dedicaron a producir dispositivos semiconductores para muy diferentes aplicaciones.

La década del 60 fue singularmente importante para la industria electrónica por la cantidad de innovaciones que se registraron y popularizaron: además de diodos rectificadores aparecieron otros especiales como el Zéner, el varactor, el túnel; los interruptores electrónicos como el diac, el triac, el SCR; dispositivos especiales para operar en radiofrecuencias y, como si fuera poco, aparecieron los JFET primero y los MOSFET después. Las telecomunicaciones evolucionaron grandemente y se llega a la edad dorada en el uso de las microondas. Se crea la empresa INTELSAT responsable de colocar en circulación el Early Bird (el primer satélite geostacionario de telecomunicaciones) y del porcentaje más alto de todos los que le precedieron. Pero faltaba lo mejor: el hombre conquista el espacio y llega a la Luna en 1.969. Muy al final de esta década aparecieron los primeros circuitos integrados analógicos de los cuales el LM741 es un hermoso recuerdo. Se iniciaba a pasos agigantados la era de la “miniaturización”.

La década del 70 se torna altamente importante porque, además de continuar el diseño y fabricación de cantidades de circuitos integrados análogos (chips), se inicia el diseño y construcción de sus homólogos digitales que terminarían por revolucionar el mundo entero. Una de las familias de circuitos digitales que tuvo gran impacto fue la TTL (Transistor-Transistor-Logic) que se utilizó ampliamente, por lo menos un par de décadas. La industria semiconductor se convirtió en un negocio fabuloso y se trabajó arduamente en el diseño y desarrollo de chips con aplicaciones altamente específicas: ALU (Arithmetic Logic Unit), DMA (Direct Access Memory), Dispositivos de siete segmentos, DATA BUS, CONTROL BUS, ADDRESS BUS, manejadores de buses, ADC (Analog Digital Converter), DAC (Digital Analog Converter), memorias semiconductoras de gran capacidad y, por último, aparecieron los prodigiosos procesadores, de los cuales el COSMAC y el Z-80, entre otros, gozaron de gran popularidad. A finales de esta época se empezaron a vender los primeros computadores personales (PC) y apareció el primer videojuego “familiar”: el Atari.

La década del 80 constituye definitivamente la migración de la electrónica analógica hacia la digital. Se populariza la radiodifusión digital y aparecen la FM y la TV digitales. Los sistemas de control tradicionales (P, PI y PID) empiezan a dejarle espacio a sistemas basados en lógica difusa, redes neuronales e inteligencia artificial. La Electrónica y la Mecánica se juntan y se inicia el desarrollo ininterrumpido de la Robótica que, poco a poco, diseñó autómatas programables capaces de realizar tareas prodigiosas. La industria electrónica no descansa y aparecen empresas como Intel, desarrolladora de los famosos procesadores 286, 386, 486 y Pentium, cuya última versión todavía hoy nos deslumbra. También en esta década aparecen los primeros dispositivos programables por el usuario (PGA Y FPGA), los pioneros podían programarse sólo una vez y luego aparecieron los reprogramables. Al final de la década se crean compañías como Xiling y Altera,

entre otras, que generan intrincados sistemas de desarrollo (verdaderas plataformas electrónicas) sobre los cuales el usuario puede desarrollar aplicaciones complejas. Un último aporte fundamental de la Electrónica durante esta década es el desarrollo de la telefonía celular, la cual ha sustituido prácticamente a la telefonía alamburada.

En los últimos veinte años la Electrónica no parece haberse planteado nuevos paradigmas. En vez de ello, ha llevado a un grado de refinamiento máximo los paradigmas anteriores aprovechando el vertiginoso mejoramiento de las características de los nuevos dispositivos electrónicos y la disminución sustancial en sus precios. Los videojuegos actuales hacen ver ridículo al Atari; las nuevas videocámaras y cámaras fotográficas, por sus bajos precios y excelentes especificaciones, son el deleite de chicos y grandes; los nuevos computadores personales y portátiles, al igual que las Tablet, han transformado nuestra vida diaria incluyendo las formas de trabajo y los sistemas de enseñanza-aprendizaje (hoy día las TIC están ganando espacio). Los teléfonos celulares, con sus múltiples aplicaciones, se han convertido en elemento casi esencial en la vida de los seres humanos de este milenio. La tendencia al uso y fortalecimiento de las redes de datos y de las redes sociales es claramente creciente. También lo es la tendencia al uso generalizado de sistemas inalámbricos como WII, Bluetooth, Wi-Fi, etcétera.

Poco a poco, la Electrónica ha venido incursionando en todos los campos del saber, a tal punto, que resulta difícil encontrar uno en el cual no sea útil. A veces ello constituye un problema para el ingeniero electrónico que, como cualquier otro profesional, tiene severas restricciones para entender la naturaleza de los problemas propios de otras profesiones.

3. EL PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN EL PAÍS

La evolución de la profesión que hoy denominamos Ingeniería Electrónica en Colombia no ha sido idéntica a la que ha tenido, por ejemplo, Argentina o Méjico. Nuestra historia se inicia en 1.950 con la creación del Programa de Ingeniería Radiotécnica en la recién fundada Universidad Distrital Francisco José de Caldas. En ese momento el país sufría un atraso enorme en lo referente a las telecomunicaciones y prácticamente se tenía una gran dependencia de la telegrafía. Por iniciativa gubernamental se desea extender los servicios de telefonía urbana y de “larga distancia” (léase intermunicipal). El primer plan curricular fue un amalgamamiento de planes locales de otras ingenierías existentes en el país, particularmente en Bogotá, y de planes de universidades extranjeras que lograban llegarnos a través de ciertos funcionarios. Lo mejor de este inicio fue que un número importante de los docentes iniciales eran extranjeros bien formados, europeos en su mayoría, que llegaron al país a través de diferentes convenios. También por esta época Bogotá y Medellín empiezan a desarrollar algunas industrias que requieren la instalación de ciertas tecnologías desconocidas en el país. Digamos que el término electrónica empieza a tener alguna connotación, por lo menos en cierto círculo. Al final de la década el Programa cambió su nombre por el de Ingeniería Electrónica, compartiendo muchos elementos curriculares con el Programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

En 1.961, la relativamente recién creada Empresa Nacional de Telecomunicaciones TELECOM firmó un convenio con la Universidad del Cauca para crear la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, con gran énfasis en lo segundo, con el fin de formar allí a su personal técnico. La iniciativa privada no se quedó atrás y en 1.962 la Universidad Javeriana crea el Programa de Ingeniería Electrónica. La pujante región antioqueña no se queda atrás en 1.969 la Universidad de Antioquia y en 1970 la Universidad Pontificia Bolivariana crean sus respectivos Programas de Ingeniería Electrónica. Más adelante, otra vez en Bogotá, la Universidad Santo Tomás en 1.984 y la Universidad Antonio Nariño crean sendos Programas de Ingeniería Electrónica. Es decir, en un lapso de 36 años se habían creado siete programas de Ingeniería Electrónica en el país.

En las últimas tres décadas el auge de la Ingeniería en el mundo ha sido abismal y la Electrónica no ha sido la excepción. Hoy, el panorama nacional de esta ingeniería es, aproximadamente (es posible que se hayan escapado algunos), el siguiente:

Bogotá

1. Universidad de los Andes
2. Universidad Antonio Nariño
3. Universidad Autónoma de Colombia
4. Universidad Central
5. Universidad Católica de Colombia
6. Universidad Cooperativa de Colombia
7. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

8. Universidad Distrital Francisco José de Caldas
9. Universidad EAN
10. Universidad El Bosque
11. Universidad INCCA de Colombia
12. Universidad Javeriana
13. Universidad Manuela Beltrán
14. Universidad Militar Nueva Granada
15. Universidad Nacional de Colombia
16. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
17. Universidad San Buenaventura
18. Universidad Santo Tomás
19. Universidad Sergio Arboleda
20. Corporación Unificada Nacional de Educación Superior-CU
21. Escuela Colombiana de Carreras Industriales
22. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
23. Fundación Universitaria Loa Libertadores
24. Institución Universitaria de Colombia

Medellín

1. Universidad de Antioquia
2. Universidad Cooperativa de Colombia
3. Universidad Pontificia Bolivariana
4. Universidad San Buenaventura
5. Universidad Santo Tomás
6. Institución Universitaria de Envigado
7. Institución Universitaria Salazar y Herrera
8. Instituto Tecnológico Metropolitano
9. Politécnico Colombiano Jorge Isaza Cadavid

Cali

1. Universidad Autónoma de Occidente
2. Universidad del Valle
3. Universidad ICESI
4. Universidad Javeriana
5. Universidad San Buenaventura
6. Universidad Santiago de Cali

Barranquilla

1. Universidad Autónoma del Caribe
2. Universidad de la Costa
3. Universidad del Norte
4. Corporación Politécnico de la Costa Atlántica

5. Corporación Universitaria de la Costa CUC

Bucaramanga

1. Universidad de Santander
2. Universidad Industrial de Santander
3. Unidades Tecnológicas de Santander
4. Universidad UDES
5. Corporación Universitaria de Investigación y Desarrollo

Cartagena

1. Universidad Los Libertadores
2. Universidad Tecnológica de Bolívar
3. Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco

Santa Marta

1. Universidad Cooperativa de Colombia
2. Universidad del Magdalena
3. Institución Universitaria CESMAG

Popayán

1. Universidad del Cauca
2. Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Tunja

1. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
2. Universidad Santo Tomás

Valledupar

1. Universidad Popular del Cesar
2. Institución Universitaria CESMAG

Villavicencio

1. Universidad de los Llanos
2. Corporación Universitaria del Meta Unimeta

Pasto

1. Universidad de Nariño
2. Corporación Autónoma de Nariño – AUNAR

Cúcuta

1. Universidad Francisco de Paula Santander

Montería

1. Universidad Pontificia Bolivariana

Sincelejo

1. Corporación Universitaria del Caribe – CECAR

Manizales

1. Universidad Autónoma de Manizales

Pereira

1. Universidad Tecnológica de Pereira

Armenia

1. Universidad del Quindío

Ibagué

1. Universidad de Ibagué

Neiva

1. Universidad Surcolombiana

Pamplona

1. Universidad de Pamplona

San Gil

1. Fundación Universitaria de San Gil

Fusagasugá

1. Universidad de Cundinamarca

Rionegro

1. Universidad Católica de Oriente

La lista anterior, que como se dijo puede estar algo incompleta, muestra la tendencia a que aparezcan Programas de Ingeniería Electrónica en las capitales departamentales. Dentro de muy pocos años tendremos noticias del Programa en ciudades como Leticia, Florencia, Mocoa, Arauca, Yopal, Riohacha y otras.

Algunas universidades, con el fin de darle ventajas comparativas a sus egresados, han optado por ofrecerles a sus estudiantes pasantías en universidades extranjeras, prácticas empresariales en corporaciones de alta tecnología o, incluso, doble titulación (en algunos casos en universidades extranjeras). Estos nuevos beneficios marcan una gran diferencia dividiendo el conjunto de

programas de Ingeniería Electrónica ofrecidos en el país en tres segmentos: un grupo élite, en donde están las universidades Nacional, de Antioquia, de los Andes, Javeriana de Bogotá, Industrial de Santander, Distrital y del Norte. Un segundo grupo, con universidades excelentes, están la UPB de Medellín, la Javeriana de Cali, la Antonio Nariño de Bogotá, la Pedagógica y Tecnológica de Colombia sede Bogotá, la San Buenaventura de Bogotá, la Santo Tomás de Bogotá, la del Cauca y la Escuela Colombiana de Ingeniería. El tercer grupo, totalmente heterogéneo, está conformado por el resto de los programas existentes en el país.

De alguna manera, a través de las pruebas de Estado (ECAES primero y Saber Pro después), el Gobierno Nacional pretende tener algún control sobre la enseñanza a nivel universitario. En muchos casos se considera que si los resultados están por encima de la media nacional se interpretan como satisfactorios y en el caso contrario como preocupantes. Para el caso particular de la Ingeniería Electrónica, aclarando que un solo examen no puede medir todo lo que estudiante sabe (o ignora), el rasero debe constituirlo la media obtenida por las universidades del segundo grupo (o mejor aun por el de élite) y no por la totalidad de los programas. Ser menos malo que los que no son tan buenos nunca podrá ser un criterio de calidad.

4. LOS PROYECTOS EDUCATIVOS DE PROGRAMA

Los Proyectos Educativos de Programa (PEP) deben reflejar en su Misión y en su Visión sendos aspectos del Proyecto Educativo Institucional (PEI). No obstante, el PEP de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Bogotá es mucho más coherente con su PEI que el de la Universidad de Antioquia, por poner un ejemplo. En el primer caso, el PEP es reiterativo de los principios de independencia ideológica y del carácter plural de la educación, mientras que en el segundo el PEP se centra fundamentalmente en aspectos académicos y olvida reiterar principios que son importantes, sin que ello signifique, por supuesto, que no se está de acuerdo con ellos. Este detalle se observa en los PEP de Ingeniería Electrónica de varias universidades. También el PEP de Ingeniería Electrónica de la UCO debe mejorar en este aspecto.

De alguna manera los PEP de Ingeniería Electrónica de la mayoría de las universidades tienen un conjunto de elementos comunes y, lógicamente, los desarrollan en forma muy similar aunque con pequeñas diferencias. De una revisión de un número importante de ellos queda claro lo siguiente:

- La pertinencia de la Ingeniería Electrónica en la región y en el país.
- La importancia de ser reconocidos a nivel local y nacional.
- La importancia de la revisión permanente de los aspectos curriculares.
- La importancia de convertir al PEP en un elemento que ayude al Programa a obtener un reconocimiento de alta calidad.
- La importancia del bilingüismo dentro del proceso de internacionalización del conocimiento.
- La importancia de una formación robusta en ciencias exactas y naturales.
- La importancia de una formación participativa en la cual el estudiante escoge su área de profundización.
- La formación adecuada que posibilite la participación en procesos de investigación y/o desarrollo.
- La formación integral del profesional incluyendo valores éticos.
- La formación que fomente el trabajo en equipo y los procesos de liderazgo.
- El compromiso con el cuidado del medio ambiente.
- El mejoramiento de los aspectos humanísticos y del entorno social (conocimiento, tolerancia, respeto, compromiso, lealtad, etc.).

En síntesis, todo apunta a satisfacer lo propuesto en el llamado “decálogo mas uno”, del cual se habló en la sección 2 (contextualización), aunque no con el rigor que se quisiera, dado que algunas pautas se declaran pero no se cumplen, o sólo lo hacen parcialmente.

No todos los planes de estudio que aparecen en los diferentes PEP son respetuosos del Artículo 4 del Decreto 0792 de mayo 8 de 2.001, el cual, como ya se mencionó, divide los campos del saber,

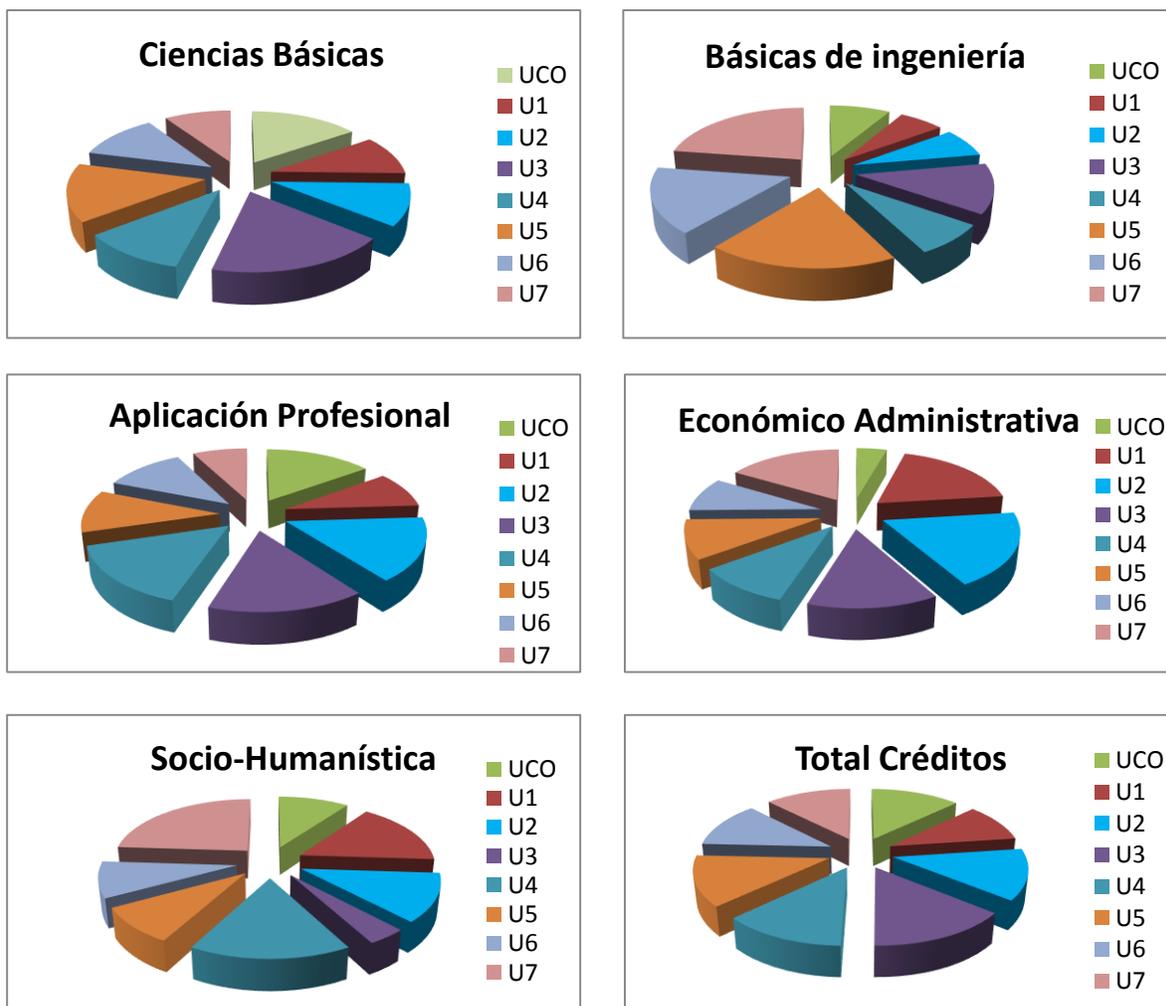
para Ingeniería, en: Ciencias Básicas, Ciencias Básicas de Ingeniería, Aplicaciones de Ingeniería, Económico-Administrativo y Socio-Humanístico. En el caso particular de la ciencia básica, todos los PEP consultados contemplan, como una declaración de principios, la importancia de una sólida formación en ella; no obstante, en un solo caso, además del estudio de la Matemática y la Física, se incluye el estudio de la Química y, en ninguno, el de la Biología, lo cual muestra a las claras la poca importancia que se le da en el país a la verdadera formación en ciencia básica. Para el caso de las ciencias básicas de Ingeniería el escenario no es mejor, para nada se ocupan de la mecánica de los sólidos, de los fluidos y de la termodinámica, entre otros campos. Como ya se dijo en la sección de contextualización, el Área de Aplicación Profesional recibe una atención especial, que en algunos casos es superlativa. En los cuadros 1 y 2 aparecen comparaciones entre la UCO y un número importante de universidades colombianas, las cuales denominamos de la siguiente manera:

UCO	Universidad Católica de Oriente
U1	Universidad de los Andes
U2	Universidad Javeriana (Sede Bogotá)
U3	Universidad de Antioquia
U4	Universidad Pontificia Bolivariana (Sede Medellín)
U5	Universidad del Quindío
U6	Universidad Surcolombiana
U7	Universidad de Cundinamarca

Cuadro 1								
Distribución de créditos cursados en las distintas áreas								
ÁREA	UCO	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7
Ciencias Básicas	52	32	33	58	34	46	37	30
Básicas de Ingeniería	17	15	17	29	18	44	68	53
Aplicación Profesional	94	57	98	97	96	67	71	48
Económico Administrativa	4	17	17	12	9	9	8	15
Socio Humanística	11	16	12	4	16	9	9	24
Total Créditos	178	137	177	200	173	175	193	170

Las comparaciones que se hagan con la información plasmada en el Cuadro 1 deben realizarse con cuidado, dado que el número de créditos y la duración del programa varían. Por ejemplo, en la Universidad de los Andes el número de créditos es mas bajo porque el Programa de Ingeniería Electrónica se ofrece en ocho semestres, siguiendo muy de cerca el modelo empleado en Estados Unidos. La Universidad de Antioquia, en el otro extremo, se basa en un modelo más comprensivo y ofrece el mismo programa en diez semestres con 200 créditos. Hay una tendencia, injustificada por cierto, de acercarse a los 180 créditos. No obstante, en una primera comparación muy general, que no pretende favorecer ningún modelo, podemos sacar algunas conclusiones referentes a la

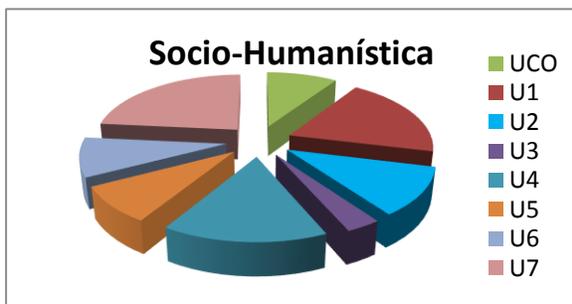
realidad de la UCO con respecto a los referentes. En las siguientes gráficas circulares, tal vez, se vea mejor.



Una comparación más adecuada puede lograrse cuando se hace una distribución porcentual de créditos cursados en las distintas áreas, como se muestra en el Cuadro 2. Queda en evidencia que los Programas de Ingeniería Electrónica de las universidades de Antioquia, UCO y Quindío, en ese orden, son las más preocupadas por el Área Básica, mientras que las de Cundinamarca y Javeriana parecen menos interesadas. En el Área de Básicas de Ingeniería la ganadora absoluta es la Universidad de Cundinamarca, seguida de lejos por las universidades del Quindío y Surcolombiana. La UCO está muy lejos de lograr un buen nivel en esa área y, por ende, se debe mejorar. En el Área de Aplicación Profesional las universidades Pontificia Bolivariana y Javeriana marchan a la cabeza, seguidas muy de cerca por la UCO. El Área Económico-Administrativa está muy protegida por las universidades Andes y Javeriana y casi desprotegida en la UCO. Por último, en el Área Socio-Humanística, la Universidad de Antioquia se muestra displicente, la Universidad de los Andes muy aplicada y la UCO en la mitad de las dos.

Cuadro 2 Distribución de porcentajes de créditos en las distintas áreas								
ÁREA	UCO	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7
Ciencias Básicas	29.21%	23.36%	18.64%	29.00%	19.65%	26.29%	22.70%	17.65%
Básicas de Ingeniería	9.55%	10.95%	9.60%	14.50%	10.40%	25.14%	23.31%	31.18%
Aplicación Profesional	52.80%	41.61%	55.37%	48.50%	55.49%	38.29%	43.56%	28.24%
Económico Administrativa	2.24%	12.41%	9.60%	6.00%	5.20%	5.14%	4.91%	8.82%
Socio Humanística	6.17%	11.68%	6.78%	2.00%	9.25%	5.14%	5.52%	14.12%
Total Créditos	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

A continuación se muestran las gráficas circulares de la información contenida en el Cuadro 2:



Una comparación entre el Programa de Ingeniería Electrónica ofrecido en la UCO y los ofrecidos por otras universidades extranjeras es un tanto difícil, entre otras cosas, porque están regidos por diferentes normatividades, unidades académicas y temporalidades. Por ejemplo, en la UCO las unidades académicas son los créditos y la duración del programa es diez semestres, mientras que en las universidades mejicanas es de nueve y en las norteamericanas, inglesas y japonesas es de ocho. En la mayoría de las universidades norteamericanas se emplea el sistema de créditos, lo mismo que en las japonesas, pero éstos no se calculan como lo hacemos en Colombia. No obstante, con la información que fue posible obtener, es posible generar algunos indicadores que nos permitan hacer comparaciones razonables. Veamos algunas de ellas:

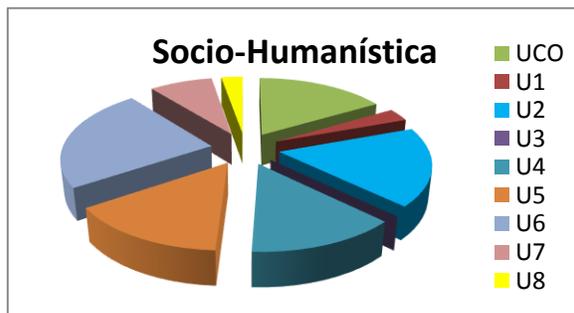
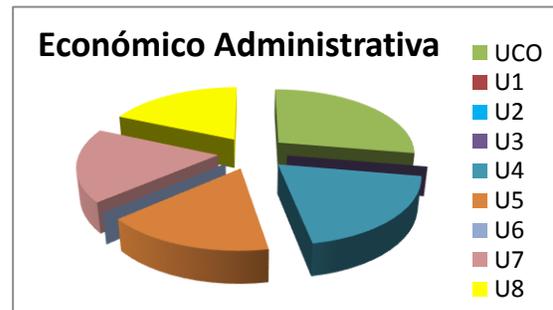
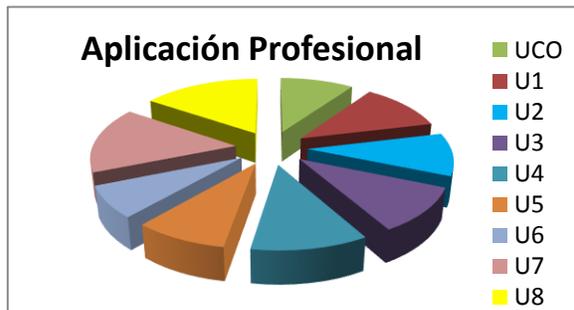
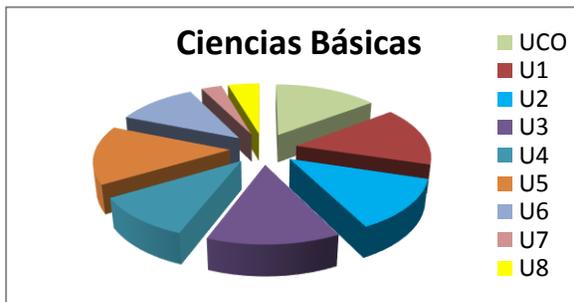
UCO	Universidad Católica de Oriente
U1	Stanford University
U2	University of Wisconsin
U3	Yale University
U4	Instituto Tecnológico de Monterrey
U5	Universidad Nacional Autónoma de México
U6	Universidad de Osaka
U7	Imperial College of London
U8	Manchester University

Cuadro 3									
Distribución de unidades académicas cursadas en las distintas áreas									
ÁREA	UCO	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8
Ciencias Básicas	52	38	32	NI	NI	100	24	2	3
Básicas de Ingeniería	17	24	22	NI	NI	88	39	6	7
Aplicación Profesional	94	62	53	NI	NI	155	45	31	30
Económico Administrativa	4	5	2	NI	NI	15	0	2	2
Socio Humanística	11	4	16	NI	NI	42	24	3	1
Total Unidades Académicas	178	133	125	0	0	400	132	44	43

Para el caso de las Universidad de Yale y el Instituto Tecnológico de Monterrey no fue posible encontrar las Unidades académicas con las cuales valoran la complejidad de los cursos (NI = No Información); en la Universidad de Manchester y en el Colegio Imperial de Londres, aparentemente, los cursos se valoran de la misma manera y sólo cuenta el número de ellos, por tanto el Cuadro 3 no resulta de mucha utilidad, pero al menos pone de manifiesto la diferencia de criterios entre las universidades norteamericanas y la de Osaka con respecto a la Universidad Nacional Autónoma de México. Tal como nosotros los concebimos, 400 créditos serían inalcanzables en los nueve semestres de duración del Programa de Ingeniería Electrónica en la UNAM. Una distribución que tenga en cuenta el porcentaje de asignaturas que se cursa en cada una de las diferentes áreas de interés con respecto al número total de asignaturas cursadas es un

indicador interesante, por ello los resultados se tabulan en el Cuadro 4 y se amplían en las gráficas circulares que aparecen a continuación, cuyo código de colores es similar al empleado con el Cuadro 3.

Cuadro 4 Distribución de porcentajes de asignaturas en las distintas áreas									
ÁREA	UCO	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8
Ciencias Básicas	26.31%	23.34%	20%	20.59%	16.39%	23%	18%	4.55%	6.98%
Básicas de Ingeniería	10.52%	22.50%	20%	32.35%	14.75%	21%	29%	13.64%	16.28%
Aplicación Profesional	40.35%	51.66%	45%	47.06%	49.18%	40%	33%	70.45%	69.77%
Económico Administrativa	7.01%	0.00%	0%	0.00%	4.92%	4%	0%	4.55%	4.65%
Socio-Humanística	15.78%	2.50%	15%	0.00%	11.48%	13%	20%	6.82%	2.33%
Número total de asignaturas	57	30	40	34	61	48	58	44	43
% Total de Asignaturas	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%



Según nos muestran los datos consignados en el Cuadro 4, las Universidades de Stanford y Nacional Autónoma de México son las que presentan los mejores números en cuanto al Área de Ciencia Básica se refiere, inmediatamente seguidas por la UCO, lo cual sugiere que en esa área no se requieren grandes ajustes. Pero el caso del Área de Básicas de Ingeniería es bien distinto; mientras que las universidades de Yale y de Osaka le dan una importancia trascendental a este conocimiento, en la UCO lo subvaloramos a un nivel inaceptable. Para el caso del Área de Aplicación Profesional, aunque nos encontramos algo retirados del mejor, la Universidad de Stanford, nuestra universidad se encuentra en una cifra razonable. Con respecto al Área Económica-Administrativa la UCO aparece liderándola, con un total de siete materias, pero la realidad es otra puesto que se trata de materias de un solo crédito; claramente las universidades mexicanas le dan mucha más importancia y las norteamericanas ninguna. En el Área Socio-Humanística la delantera indiscutible la lleva la universidad japonesa pero la UCO se encuentra dentro un valor muy razonable. El caso de las universidades inglesas queda prácticamente fuera de toda comparación puesto que el único énfasis existente está en el área de Ingeniería Aplicada, lo cual muestra una confianza excesiva en su modelo de educación secundaria. Por último, en el gráfico circular que se muestra a continuación se ilustra el número total de materias que deben cursarse en las diferentes universidades tomadas como referentes y, por supuesto, la UCO.



CONCLUSIONES

Los datos plasmados en los Cuadros 2 y 4 nos permiten realizar ciertas comparaciones entre el Programa de Ingeniería Electrónica ofrecido por algunas universidades nacionales y extranjeras frente al ofrecido por la Universidad Católica de Oriente. No obstante, es importante recordar que el referente nacional es lo propuesto por el proyecto EPARI, según se mencionó en la sección 2 (contextualización). En el Cuadro 5 se comparan tres diferentes opciones posibles teniendo en cuenta lo sugerido por el mencionado proyecto con el currículum actual.

CUADRO 5

Comparación entre las distribuciones porcentuales del Programa de Ingeniería Electrónica en la UCO y la propuesta por EPARI

Área	UCO	EPARI (Opc. 1)	EPARI (Opc. 2)	EPARI (Opc. 3)
Ciencias Básicas	29.21%	20%	25%	30%
Básicas de Ingeniería	9.55%	20%	20%	20%
Aplicación Profesional	52.80%	45%	40%	35%
Económico-Administrativa	2.24%	5%	5%	5%
Socio-Humanística	6.17%	10%	10%	10%
Créditos totales	100%	100%	100%	100%

Aparentemente, la opción 2 de EPARI es la que nos conviene tomar como referencia. Según ella, las diferencias serían:

Diferencia de los porcentajes de créditos en las distintas áreas del programa con respecto a lo sugerido por EPARI	
ÁREA	Diferencia
Ciencias Básicas	+4.21%
Básicas de Ingeniería	-10.45%
Aplicación Profesional	+12.80%
Económico-Administrativa	-2.76%
Socio-Humanística	-3.83%

Hasta aquí, en resumen, podríamos decir que no estamos tan bien; debemos realizar un ajuste importante en nuestro currículum y la vía parece clara: disminuir los créditos en el Área de Aplicación Profesional e incrementarlos en el Área de Ciencias Básicas de Ingeniería.

Con respecto a las universidades extranjeras que tomamos como referentes, es difícil hablar de porcentajes de error porque las unidades académicas que se tomaron para realizar las comparaciones son muy heterogéneas. No obstante, en términos muy generales, podemos decir que no estamos tan perdidos puesto que fue posible realizar algún tipo de comparación.

Una manera de reducir el número de créditos dedicados a las Ciencias Básicas, para poder incrementar el de las Básicas de Ingeniería, es seguir el modelo del Instituto Tecnológico de Monterrey, y el de otras prestigiosas universidades, que proponen tomar cursos remediales antes de ingresar a la universidad. Muchos aspirantes toman esos cursos simultáneamente con los de inglés para cumplir con tales requisitos.

Cualquier comparación con las universidades inglesas resulta inadecuada porque su plan de estudios es absolutamente profesionalizante, y por lo menos cuatro de las áreas a tener en cuenta están reducidas al mínimo.

AGRADECIMIENTOS

La realización de la presente cartilla resultó ser más compleja de lo que parecía inicialmente, pero hubiese quedado mal presentada e incompleta sin la valiosa colaboración de mis compañeros Luis Felipe Echeverri, quien pacientemente elaboró todo el material que aparece en Excel; Reinel Castrillón, quien me suministró la información referente a la Universidad de Osaka y Juan Fernando Garzón, quien me suministró la información concerniente a la Universidad de Manchester y el Colegio Imperial de Londres. A ellos tres les quedo profundamente agradecido.