

## INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL

*Herminio Martínez; Joan Domingo; Antoni Grau*  
*Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB)*  
*Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)*  
C/ Comte d'Urgell, 187. ES-08036, Barcelona  
[herminio.martinez@upc.edu](mailto:herminio.martinez@upc.edu)

### RESUMEN.

La mejora de la calidad en los sistemas de adquisición de datos y de control industrial, dentro del campo de la ingeniería, está íntimamente relacionada con el conocimiento de la base en la que se asientan los sistemas electrónicos para tal fin.

Dentro de la oferta de asignaturas optativas en la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), aparecidas a raíz de la puesta en marcha de los actuales planes de estudio de Grado de Ingeniería en la rama industrial, y dentro del marco del EEES, este curso 2011-12 ha aparecido una asignatura, **Mecatrónica** (MEC), que permite a estudiantes de los citados grados, y que no son de Electrónica, adentrarse en los conocimientos de esta materia. Esta asignatura deriva de la asignatura **Electrónica de Adquisición de Datos y Control Industrial** (EADCI), que ha permitido, en este caso, al estudiante de la especialidad de Electricidad de la EUETIB, aparecida a raíz de la puesta en marcha del plan de estudios 2002, el estudio de dicha materia.

La presente comunicación expone la evolución de la enseñanza de la Electrónica, especialmente para adquisición de datos y control, dentro de los últimos planes de estudio en las diferentes especialidades de Ingeniería Técnica Industrial en la EUETIB, y, actualmente, en los estudios de grado (sin ser de la especialidad de Ingeniería Electrónica). El artículo refleja la filosofía de impartición y contenidos de la asignatura EADCI, de forma que analiza la orientación que se ha pretendido dar, y que ha permitido su rápida adaptación a la nueva asignatura MEC, dentro del nuevo marco de asignaturas ofertadas en la EUETIB en el EEES donde, además de las horas de teoría, problemas y laboratorio, ha de darse cabida a las denominadas 'actividades dirigidas' que el nuevo plan contempla.

### PALABRAS CLAVE.

Trabajo Cooperativo; Actividades Dirigidas; Actividades Presenciales; Actividades No Presenciales

## 1.- INTRODUCCIÓN.

La mejora de la calidad en los sistemas de adquisición de datos y de control industrial, dentro del campo de las máquinas y equipos eléctricos de potencia, está íntimamente relacionada con el conocimiento de la base en la que se asientan los sistemas electrónicos para tal fin.

Dentro de la oferta de asignaturas optativas de la especialidad de Electricidad de la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), aparecidas a raíz de la puesta en marcha del plan de estudios (Plan 2002), ha existido existe una asignatura, **Electrónica de Adquisición de Datos y Control Industrial** (EADCI), que permite al estudiante de la citada especialidad adentrarse en los conocimientos de esta materia. La presente comunicación expone la filosofía de esta asignatura, de forma que analiza la orientación que se pretender dar, en especial dentro del nuevo marco de asignaturas ofertadas en la EUETIB donde, además de las horas de teoría, problemas y laboratorio, ha de darse cabida a las actividades no presenciales que el nuevo plan contempla.

El presente artículo se centrará en las experiencias llevadas a cabo en esta asignatura. Estas experiencias, realizadas a lo largo de impartición de la asignatura EADCI, desde el curso académico 2002-03 hasta este curso 2011-12 (en que ha finalizado la docencia presencial del antiguo plan 2002), han permitido desarrollar los contenidos, núcleos y filosofía de impartición de la nueva asignatura **Mecatrónica** (MEC), que los autores acaban justamente de empezar a impartir también este curso académico 2011-12.

La asignatura *Mecatrónica*, como asignatura optativa en la EUETIB, aparecida a raíz de la puesta en marcha de los actuales planes de estudio de Grado de Ingeniería en la rama industrial, y dentro del marco del EEES, permite a estudiantes de los citados grados, no necesariamente de Ingeniería Eléctrica (pero que no son del Grado de Ingeniería Electrónica), adentrarse en los conocimientos de esta materia.

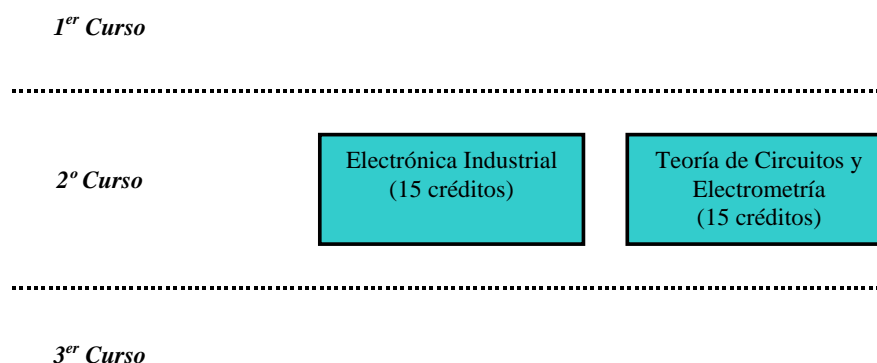
Por otro lado, con la puesta en marcha del actual Plan en la EUETIB, se apuesta porque gran parte de las asignaturas de las diferentes titulaciones puedan contener un porcentaje de créditos referentes a las denominadas 'actividades dirigidas' (ADs). En las mismas, se propone al estudiante la realización de diferentes actividades (teóricas, prácticas o de búsqueda de información), en el transcurso de las cuales el profesor tutorice, guíe y, si es necesario, introduzca elementos de corrección de dichas actividades para, finalmente, evaluarlas adecuadamente.

## 2.- EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA DENTRO DE LA ESPECIALIDAD DE ELECTRICIDAD INDUSTRIAL EN LA EUETIB.

El estudiante de Ingeniería Eléctrica, dentro de los modernos planes de estudio, no solamente debe adquirir una sólida base en el conocimiento de máquinas eléctricas y sistemas eléctricos de media y alta potencia. En efecto, debe, además, conocer aquellos sistemas electrónicos que le permitirán, en su posterior carrera profesional, la adquisición de datos o informaciones, el control de sistemas y plantas industriales, y las comunicaciones en dichos entornos.

Bajo esta premisa, y dentro de la especialidad en Electricidad de la Titulación de Ingeniería Técnica Industrial, ofertada por la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (EUETIB) en el plan de estudios puesto recientemente en marcha en dicho centro, las asignaturas de Electrónica, tanto troncales como optativas, tienen cada vez un peso creciente si las comparamos con las ofertadas en los antiguos planes de estudios 72 y 95.

En el ya desaparecido Plan 72, la Electrónica tenía un peso escaso en la titulación (antigua sección de Máquinas Eléctricas), puesto que, una vez superado el primer curso de la Carrera con asignaturas comunes (**'Álgebra Lineal'**, **'Cálculo Infinitesimal'**, **'Física'**, **'Química'** y **'Dibujo Técnico'**), el estudiante solamente cursaba la asignatura anual de 15 créditos denominada **'Electrónica Industrial'** en segundo curso, simultaneada con **'Teoría de Circuitos y Electrometría'**, también de 15 créditos (figura 1), y otras asignaturas propias de la especialidad, en particular **'Tecnología de Materiales Eléctricos'** (de 12 créditos) y **'Teoría de Máquinas Eléctricas'** (de 21 créditos), y de áreas comunes (**'Ampliación de Matemáticas'**, **'Mecánica Técnica'** y **'Dibujo Industrial'**).



**Fig. 1.-** Enseñanza de los sistemas electrónicos dentro del Plan 72 para la especialidad de Electricidad Industrial (sección de Máquinas Eléctricas) en la EUETIB.

Básicamente en esta asignatura de Electrónica Industrial al estudiante de la antigua especialidad de Máquinas Eléctricas se le impartía docencia en áreas amplias que comenzaban con las leyes eléctricas básicas (leyes de Kirchhoff, teoremas de Thévenin y Norton, etc.), el comportamiento de las redes pasivas *RLC*, los dispositivos electrónicos básicos (diodos, transistores y amplificadores operacionales) y sus aplicaciones, para, una vez realizada una incursión en la electrónica digital (combinacional y secuencial), concluir el curso con temas referentes a la Electrónica de Potencia, básicamente centrados en convertidores AC/DC (rectificadores controlados y no) y convertidores DC/DC (troceadores).

Este inmenso abanico de temas referentes a la ciencia Electrónica hacía que la asignatura de Electrónica Industrial representara un *handicap* difícil de superar para el estudiante. Es más, hacia la propia asignatura había una cierta reluctancia o rechazo por parte de los estudiantes difícil de vencer (independientemente del profesor que la impartiera), cuando además, la carga docente principal se centraba en desarrollos teóricos de pizarra y no en clases prácticas o de laboratorio, generalizándose la idea de que los conocimientos de electrónica impartidos en ella les servían de bien poco. Como corroboración de esta idea, cabe pensar que el número de alumnos/as suspensos y no presentados de la asignatura rozaban porcentajes altamente preocupantes.

A raíz de la implantación del Plan de estudios 95, se pensó en una mejor racionalización en la impartición de las asignaturas referentes a la Electrónica. En efecto, el estudiante de Electricidad, dentro de un entorno de asignaturas cuatrimestrales, se introducía al mundo de la Electrónica con la asignatura de primer cuatrimestre '**Fundamentos de Electrónica Digital y Analógica**', de 6 créditos (figura 2), simultaneada con '**Circuitos y Electrometría**', también de 6 créditos, y otra asignaturas propia de la especialidad: '**Materiales Eléctricos y Magnéticos**', de 3 créditos, y de áreas comunes ('**Fundamentos de Física I**' de 4,5 créditos, '**Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería I**' de 6 créditos, '**Expresión Gráfica y DAO**' de 6 créditos y '**Fundamentos de Informática**' también de 6 créditos).

En esta asignatura de '**Fundamentos de Electrónica Digital y Analógica**' se trataban temas básicos de Electrónica: leyes eléctricas básicas (leyes de Kirchhoff, teoremas de Thévenin y Norton, etc.), el comportamiento de las redes pasivas *RLC*, los dispositivos electrónicos básicos (diodos, transistores y amplificadores operacionales) y sus aplicaciones, para concluir el cuatrimestre en la electrónica digital (combinacional y secuencial).

Realizada esta asignatura, el siguiente encuentro del estudiante con el mundo de la electrónica era en el tercer cuatrimestre de la carrera con la asignatura cuatrimestral troncal de 3 créditos '**Electrónica de Potencia**'. En ella se trataban los temas propios de esta área como son convertidores AC/DC, DC/DC, DC/AC y AC/AC, y sus aplicaciones más importantes.

Finalmente, el estudiante de Ingeniería Eléctrica acababa el estudio de asignaturas troncales u obligatorias relacionadas con la Electrónica con la asignatura cuatrimestral obligatoria de 3 créditos de 5ª cuatrimestre '**Sistemas Electrónicos de Adquisición de Datos y Control**'. Además, el/la alumno/a tenía la posibilidad de ampliar conocimientos dentro de los sistemas de adquisición de datos con la asignatura optativa de 6ª cuatrimestre, y también de 3 créditos, '**Técnicas de Comunicación Industrial**', en la que se presentaban los actuales métodos de transmisión de información, especialmente en el entorno industrial.

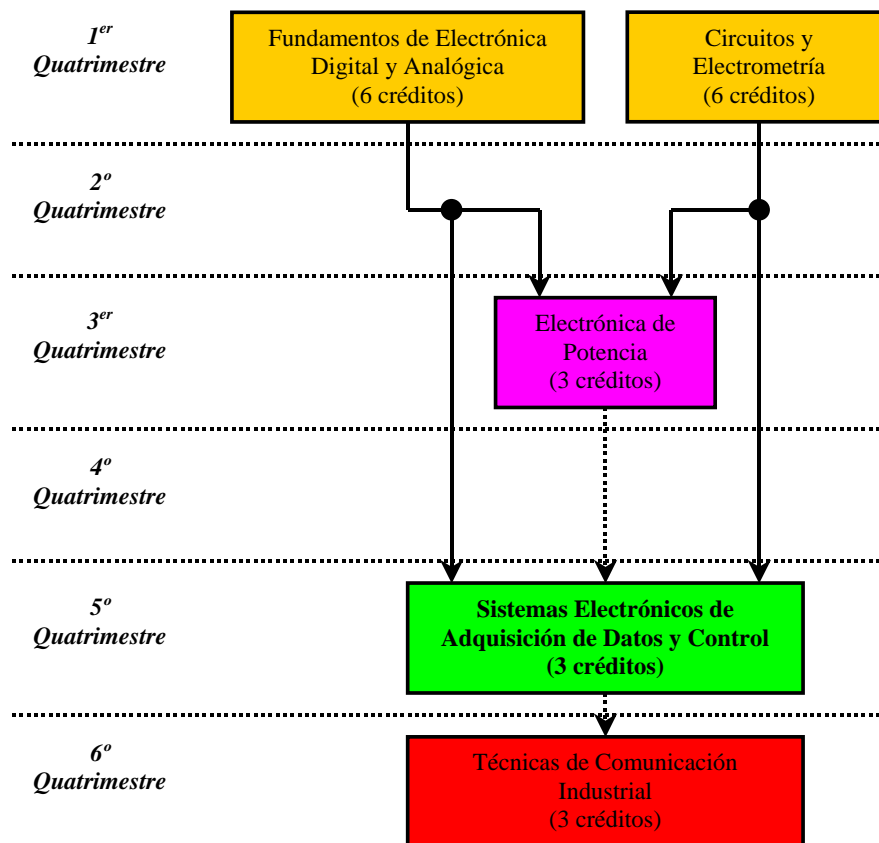


Fig. 2.- Enseñanza de los sistemas electrónicos dentro del Plan 95 para la especialidad de Electricidad Industrial en la EUETIB.

### 3.- CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA DENTRO DE LA ESPECIALIDAD DE ELECTRICIDAD INDUSTRIAL EN LA EUETIB.

Con la revisión del Plan de estudios 95, en el año 2002 se implanta en la EUETIB el Plan 2002, donde se intenta corregir las anomalías más significativas de las asignaturas existentes en las diferentes titulaciones de la Escuela. Esta revisión afecta también a las asignaturas relacionadas con la

Electrónica para la especialidad de Ingeniería Eléctrica. Una de las principales anomalías detectadas en relación a la asignatura de Sistemas Electrónicos de Adquisición de Datos y Control (precursora de la actual Electrónica de Adquisición de Datos y Control Industrial), está en la enorme distancia temporal entre la impartición de la asignatura de *Fundamentos de Electrónica Digital y Analógica* y la primera (tres cuatrimestres entre ambas), lo que hace que los/las alumnos/as llegasen a ella con gran parte de los conocimientos de Electrónica prácticamente olvidados. Esto obligaba a dedicar un cierto número de horas, al comienzo del curso, al repaso de conocimientos de Electrónica básica, que en ese cuatrimestre deberían estar asimilados perfectamente. Ello conllevaba que no se lograran cubrir al cien por cien los conocimientos propios del temario de la asignatura por falta de tiempo.

A este respecto, e intentando corregir dicha anomalía, en el nuevo plan 2002, al estudiante se le introduce en los principios fundamentales de electricidad y medidas eléctricas en la asignatura troncal de 3 créditos de primer cuatrimestre '**Electrometría**' (figura 3), presentando en dicha asignatura conocimientos básicos como las leyes eléctricas básicas (leyes de Kirchhoff, teoremas de Thévenin y Norton, etc.), el comportamiento de las redes pasivas *RLC*, etc.

Es en segundo cuatrimestre cuando se presentan las asignaturas troncales '**Electrónica Industrial**', de 9 créditos, simultaneada con '**Circuitos**', también de 9 créditos, y otras asignaturas propias de la especialidad ('**Centrales Eléctricas**' de 9 créditos, y '**Materiales Eléctricos y Magnéticos**' de 3 créditos) y de áreas comunes ('**Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería II**' de 6 créditos).

Esta asignatura de '*Electrónica Industrial*' engloba actualmente los conocimientos tratados en las asignaturas de '*Fundamentos de Electrónica Digital y Analógica*' y '*Electrónica de Potencia*' de Plan 95: comportamiento de las redes pasivas *RLC*, los dispositivos electrónicos básicos (diodos, transistores y amplificadores operacionales) y sus aplicaciones, electrónica digital (combinacional y secuencial) y concluyendo el cuatrimestre con convertidores AC/DC, DC/DC, DC/AC y AC/AC, y sus aplicaciones más importantes.

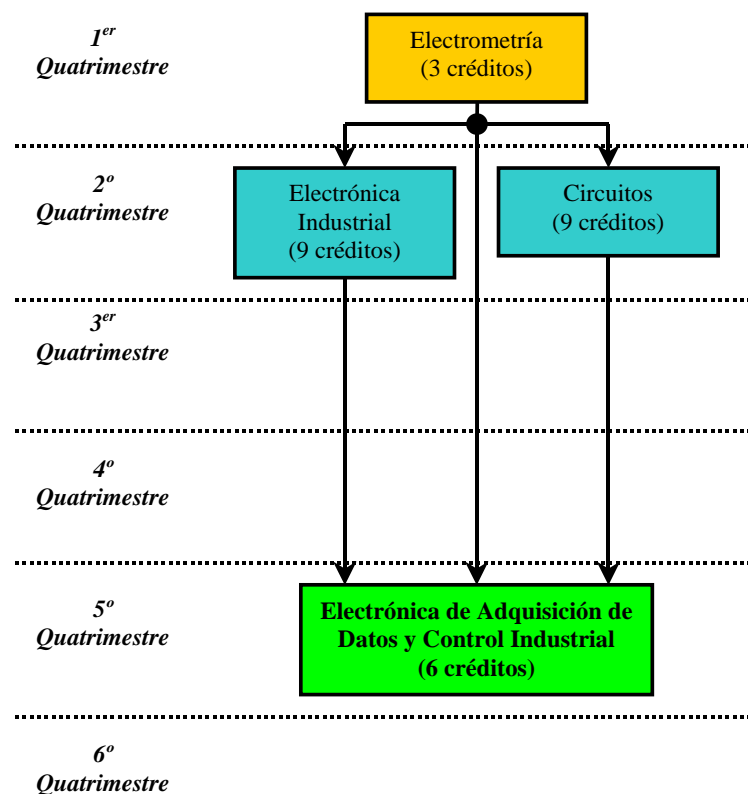


Fig. 3.- Enseñanza de los sistemas electrónicos dentro del Plan 2002 para la especialidad de Electricidad Industrial en la EUETIB.

#### 4.- CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA 'ELECTRÓNICA DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL INDUSTRIAL' DENTRO DE LA ESPECIALIDAD DE ELECTRICIDAD INDUSTRIAL EN LA EUETIB.

Con la asignatura de '*Electrónica Industrial*' termina para el estudiante de Ingeniería Eléctrica la carga de asignaturas troncales u obligatorias relacionadas con la Electrónica. No obstante, y dentro de la oferta de asignaturas optativas, se presenta la posibilidad de escoger la asignatura de 6 créditos '*Electrónica de Adquisición de Datos y Control Industrial (EADCI)*' en quinto cuatrimestre, que intenta recoger aquellos conocimientos impartidos en la asignatura '*Sistemas Electrónicos de Adquisición de Datos y Control*' y parte de los de la asignatura '*Técnicas de Comunicación Industrial*' del antiguo Plan 95.

Haciendo mención a su nombre, la asignatura de '*Electrónica de Adquisición de Datos y Control Industrial*' presenta al estudiante, teniendo como prerrequisito la asignatura de *Electrónica Industrial*, la tecnología electrónica y circuitería utilizada hoy en día en los actuales sistemas de adquisición de datos y control industrial.

El diseño y la presentación de la asignatura se ha realizado desde un punto de vista altamente práctico, teniendo en cuenta el perfil del estudiante al que va dirigido. En efecto, puede afirmarse que el futuro Ingeniero Eléctrico no necesita un profundo conocimiento teórico de los elementos electrónicos que formarán los equipos de adquisición de datos y control que se encontrará en la industria, puesto que, con toda probabilidad, no diseñará dichos equipos. Sin embargo, sí es necesario que conozca la estructura de los mismos, así como su funcionamiento y bloques funcionales.

## 5.- CONOCIMIENTOS A IMPARTIR.

Teniendo en mente la idea mencionada en el apartado anterior, los conocimientos a impartir en esta asignatura se han dividido en 5 grandes bloques, cada uno de ellos con entidad propia, pero que en conjunto permiten tener una visión global e integral de los actuales sistemas de adquisición de datos y control. Estos cinco bloques o capítulos tratados en el presente curso son los siguientes (figura 4):

1. Sensores eléctricos y electrónicos.
2. Técnicas de amplificación de baja potencia y de cómputo analógico.
3. Electrónica de la etapa frontal en la adquisición de señales.
4. Actuadores y control final.
5. Acciones básicas de control y controladores electrónicos industriales.

En el primer capítulo, se estudian los principios de los sensores electrónicos, su clasificación, características generales y aquellos modelos más utilizados en la práctica, haciendo especial hincapié en los que relacionados con la especialidad eléctrica (por ejemplo, sensores y células Hall o codificadores de posición), o aquéllos que tienen una presencia en el mundo industrial (sensores resistivos de temperatura, termopares, detectores de nivel, etc.).

El segundo capítulo trata el estudio de amplificadores de baja potencia, basados en el amplificador operacional (amplificadores inversor, no inversor, diferencial, de instrumentación, de aislamiento, etc.), y diferentes circuitos de cómputo analógico realizados entorno de éstos últimos (circuitos logarítmicos, exponenciales, multiplicadores, divisores analógicos, etc.).

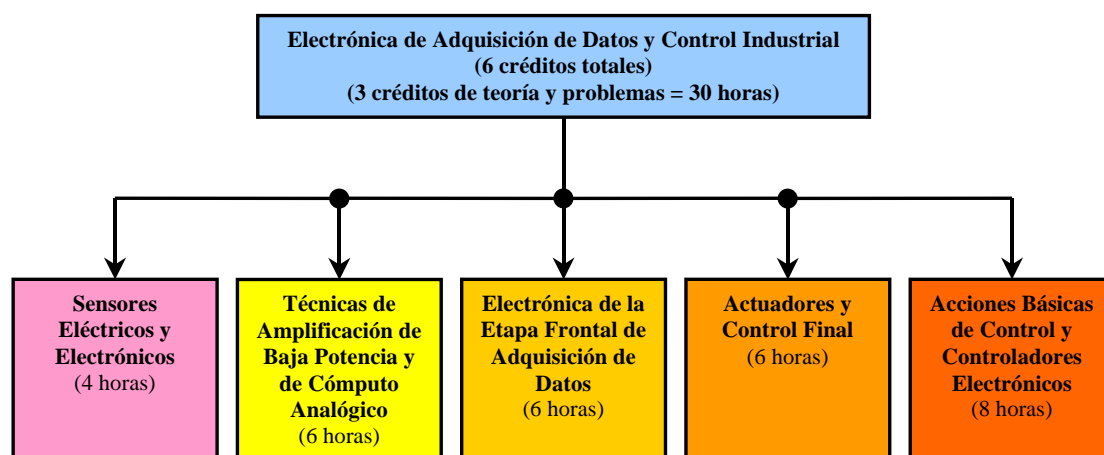
El tercer tema presenta aquella circuitería que permite el adecuado acople de la señal captada a los sistemas microprocesadores y microcontroladores. Dentro de la misma se estudian las células básicas de filtrado de primer y segundo orden, especialmente para aplicaciones de filtros *antialiasing*, los conmutadores y multiplexores analógicos, los circuitos *sample-and-hold* y los convertidores analógico-digital y digital-analógico. Puesto que hoy en día gran parte de estos dispositivos se comercializan mayoritariamente en forma de circuitos integrados (y teniendo en cuenta los/las alumnos/as a los que va destinada la asignatura), el estudio no se basa tanto en el



funcionamiento interno de los mismos, sino en el conocimiento de sus terminales de acceso o control y funcionamiento a nivel de bloque funcional.

Aunque en la asignatura no se estudia en detalle los actuadores eléctricos, electromecánicos, electrohidráulicos o electroneumáticos que el ingeniero eléctrico debe necesariamente conocer, puesto que los mismos son estudiados a lo largo de diferentes asignaturas troncales y optativas de la carrera, la misma sí presenta en el cuarto capítulo el control de los mismos a través de la circuitería electrónica asociada. Especialmente se estudia el control mediante transistores bipolares y de efecto de campo, elementos optoaisladores, amplificadores de potencia basados en transistores (pares Darlington, etapas *push-pull* de simetría complementaria, etc.), los amplificadores operacionales de alta tensión y de potencia, y los amplificadores de potencia para aplicaciones de baja frecuencia en forma de circuitos integrados comerciales. Finalmente el capítulo finaliza con algunas etapas típicas basadas en TRIACs y tiristores, enlazando aquí con los conocimientos de Electrónica de potencia presentados en la asignatura 'Electrónica Industrial' que el estudiante debe haber cursado previamente.

Finalmente, el quinto capítulo presenta las acciones básicas de control (leyes de control todo-nada, PD, PI, PID, etc.), la implementación de las mismas mediante circuitería electrónica analógica (basados en amplificadores operacionales) y digital (discretización de las funciones de transferencia y posible programación en un lenguaje de alto nivel como C), y los métodos de sintonía convencionales, como los de Ziegler y Nichols. Finalmente el capítulo (y el curso) finaliza presentando algunos ejemplos de control en aplicaciones prácticas como regulación de procesos térmicos o de control de máquinas eléctricas.

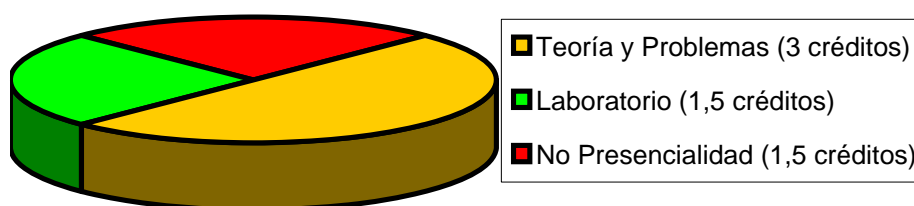


**Fig. 4.-** Distribución temática de la asignatura 'Electrónica de Adquisición de Datos y Control Industrial'. Las horas indicadas corresponden a las de teoría y problemas de la misma.

## 6.- MÉTODO DOCENTE. EL ADECUADO EQUILIBRIO ENTRE TEORÍA, PROBLEMAS, LABORATORIO Y NO PRESENCIALIDAD.

Con la puesta en marcha del actual Plan 2002 en la EUETIB, se apuesta porque gran parte de las asignaturas de la carrera, especialmente aquellas optativas que lleven al estudiante a seguir una intensificación dentro de una determinada especialidad, conlleve un porcentaje de créditos referentes a las denominadas 'actividades no presenciales'. En las mismas, se propone al estudiante la realización de diferentes actividades (teóricas, prácticas o de búsqueda de información), en el transcurso de las cuales profesor y estudiante no deben coincidir en el espacio ni en el tiempo. Eso sí, el profesor tutoriza, guía y, si es necesario, introduce elementos de corrección de dichas actividades para, finalmente, evaluarlas adecuadamente. El número de dichos créditos es variable, dependiendo de la asignatura, pero ronda entre el 10 % y el 25 % del total de créditos de la asignatura en la mayoría de ellas.

En particular, para la asignatura '*Electrónica de Adquisición de Datos y Control Industrial*', de los 6 créditos en total que tiene la asignatura, 1,5 créditos corresponden a actividades no presenciales. El otro 75 % se reparte entre teoría y problemas, con 3 créditos, y 1,5 créditos de prácticas de laboratorio (figura 5), relacionadas siempre con los contenidos teóricos presentados en las sesiones previas de la asignatura. Esta distribución de créditos hace que se impartan semanalmente dos horas de teoría y problemas, y sesiones quincenales de laboratorio de dos horas de duración a lo largo de todo el cuatrimestre (quince semanas), dejando disponibles en el cuatrimestre 15 horas por alumno para la realización de las actividades no presenciales propuestas.



**Fig. 5.-** Distribución porcentual de teoría y problemas (50 %), laboratorio (25 %) y actividades no presenciales (25 %) de la asignatura '*Electrónica de Adquisición de Datos y Control Industrial*'.

En las actividades no presenciales de la asignatura interviene una primera parte de actividades donde el estudiante, de forma individual o por parejas, debe analizar y simular diferentes circuitos haciendo uso del programa PSpice. La presentación al estudiante sobre la utilización de dicho *software*, para analizar el comportamiento temporal y frecuencial de circuitos eléctricos y electrónicos, se realiza en la primera práctica de la asignatura.

La segunda parte de actividades no presenciales propone al estudiante la realización física de un sistema de adquisición de datos o de control utilizando circuitería electrónica de bajo coste. En efecto, el profesor presenta una serie de títulos a los estudiantes (por ejemplo, control de un pequeño motor de DC, control de la temperatura de un pequeño recinto, control de luminosidad, adquisición de variables atmosféricas, etc.) y los/las alumnos/as, generalmente en grupos de dos o tres personas, deben diseñar, montar y soldar el circuito propuesto por ellos mismos en una placa de pruebas que cumpla con la tarea especificada en el título del trabajo. Finalmente, el circuito es testado por los alumnos en el laboratorio con la presencia del profesor, y evaluado por éste último.

Se ha visto en el último cuatrimestre de impartición de la asignatura que es altamente positiva la presentación del montaje delante del conjunto de la clase. El procedimiento consiste en que al final de cuatrimestre se dediquen unas horas a tal fin, de forma que durante unos diez o quince minutos el grupo exponga (incluso podríamos decir 'venda') el diseño realizado por ellos mismos, mediante el uso de algunas transparencias. Una vez finalizada esta explicación, el resto de alumnos de la clase y el mismo profesor pueden hacer las preguntas que crean oportunas al respecto. La evaluación puede hacerla el propio profesor o, incluso, pueden participar los propios alumnos, emitiendo de forma personal una nota del resto de grupos de la clase. La interacción de los grupos con el conjunto de la clase, así como la motivación por el hecho de ser los propios estudiantes quienes han de defender 'su' diseño, son elevadas.

## **7.- RESULTADOS EXPERIMENTALES Y CONCLUSIONES.**

Aunque en general los/las alumnos/as entran a la asignatura con alguna reticencia respecto a la asignatura, cabe decir que, a pesar del ambicioso temario propuesto, que conlleva por parte del/la alumno/a un importante trabajo de estudio y asimilación de conocimientos, por la relativamente alta carga de contenidos, la satisfacción de los/las alumnos/as respecto a la asignatura es altamente satisfactoria. En efecto, todos ellos valoran muy positivamente, por un lado, la utilidad de los conocimientos teóricos impartidos a lo largo de las clases de teoría y problemas, dejando de lado la formalidad y carga matemática innecesaria para una comprensión, por parte de estudiantes de ingeniería eléctrica, de los sistemas electrónicos mostrados y, por otro, la realización de unas prácticas de laboratorio que aclaran de forma importante los contenidos mostrados en dichas sesiones teóricas.

La introducción de herramientas *software* también en un factor importante a tener en cuenta. Especialmente se hace uso de PSpice para la simulación y análisis de los circuitos estudiados tanto en las sesiones teóricas y de problemas como en las clases de laboratorio. No obstante, se dejan las

puertas abiertas para la utilización de diversos programas informáticos para materia específica del temario. Este es el caso, por ejemplo, de los filtros analógicos, donde se incorporan herramientas como FilterPro, FilterLab o Filter Wiz PRO para la síntesis de filtros analógicos, sin tener que utilizar para tal fin los, comúnmente, engorrosos métodos analíticos o mediante tablas.

Respecto a la actividad no presencial, y pese al considerable número de horas que conlleva la realización de un prototipo electrónico para adquisición o control de una pequeña planta, prácticamente todos los/las alumnos/as consideran que aporta un contacto directo con el laboratorio de electrónica y con la realización, montaje y soldadura de circuitos que, de otra forma, casi ninguno de ellos adquiriría, debido a la inexistencia de asignaturas que alberguen el montaje de circuitos electrónicos dentro de la especialidad de Electricidad Industrial. La satisfacción personal de cada uno de los miembros que forman los grupos de trabajo queda sobradamente satisfecha cuando consiguen hacer funcionar el prototipo diseñado e implementado por ellos mismos.

El número de aprobados es altamente satisfactorio, gracias en buena medida a la realización de estas actividades no presenciales. En las últimas convocatorias de la asignatura, el porcentaje de los alumnos aprobados en la asignatura ronda el 75 % – 85 % del total de alumnos matriculados.

Cabe resaltar finalmente que el hecho de realizar por grupos las actividades no presenciales conlleva poner en práctica uno de los objetivos de la asignatura y, en general, de todas las asignaturas del plan de estudios 2002 puesto en funcionamiento en la EUETIB: la incentivación personal y motivación de los estudiantes por el trabajo en grupo y el cooperativismo en el aprendizaje.