

INNOVACIÓN METODOLÓGICA EN PRÁCTICAS DE ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS

J.C. DEL PINO, P.L. CRUZ, *Miembro IEEE* y M. BURGOS, *Miembro IEEE*
Departamento de Ingeniería Eléctrica. Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla.
España.

Esta comunicación presenta las novedades metodológicas introducidas en la realización de las prácticas de la asignatura de Tracción y Accionamientos Eléctricos impartida en la Titulación de Ingeniero Industrial, con objeto de adecuarlas a las nuevas directrices introducidas por el Espacio Europeo de Educación Superior, y cuya finalidad es la formación integral de los alumnos en una de las aplicaciones en auge de la Electrónica de Potencia: Los Accionamientos Eléctricos con motores de inducción.

1. Introducción

En las últimas décadas la Electrónica de Potencia ha sufrido un gran avance en cuanto a tecnología y desarrollo, obteniendo una mejora en aspectos tan importantes como la eficiencia energética. Esto ha favorecido en gran medida a una de sus principales aplicaciones: los Accionamientos Eléctricos con Motores de Inducción [1]. Por ello se ha extendido de forma notable el empleo de Convertidores de Frecuencia para su accionamiento y control, debido principalmente a su versatilidad, fiabilidad y el ahorro energético que introducen en los procesos. Este hecho, junto con que una de las aplicaciones más comunes a desarrollar por los ingenieros encargados del diseño y puesta a punto de plantas de producción o procesado es la selección y ajuste de convertidores de potencia para el accionamiento de motores de inducción, ha hecho que en la asignatura de Tracción y Accionamientos Eléctricos de 5º curso de la Titulación de Ingeniero Industrial se desarrollen los principios teóricos y prácticos en los que se basan los inversores, con objeto de dar a los alumnos una más completa formación en este tipo de accionamientos tan extendidos en la actualidad. Para ello, la asignatura plantea una serie de ejercicios y clases prácticas de laboratorio con las que completar los conceptos teóricos impartidos en las clases magistrales. Durante los últimos tres años, estas actividades han evolucionado priorizando la adquisición de conocimientos más directamente implicados en el proceso de selección y manejo de estos equipos por parte de un ingeniero en la industria, y dejando en un segundo plano aspectos más relacionados con el diseño y funcionamiento de estos equipos, cubiertos suficientemente en el temario. De esta forma, también se consigue dar al alumno una visión más completa y actualizada de los cambios tecnológicos y mejoras que han surgido en este tipo de tecnologías y sus posibles aplicaciones, aspectos que demandaban los alumnos con vistas a su futuro profesional. Por otro lado, la futura implantación del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior [2] trae consigo la renovación de la metodología empleada en la enseñanza universitaria. Introduce novedades que buscan una formación mucho más completa y efectiva del alumno, a fin de preparar buenos profesionales que sepan afrontar los retos que encontrarán en su vida laboral, proponiendo conceptos como el aprendizaje continuado y basado en proyectos, formación en competencias, etc. Es decir, la estrategia educativa se basará en aprender a aprender lo que sea necesario para el desempeño profesional. Esto implica una profunda renovación de la metodología didáctica empleada hasta el momento. Todas estas circunstancias han sido el punto de partida para proponer una nueva metodología didáctica para impartir las prácticas de laboratorio de la asignatura de Tracción y Accionamientos Eléctricos, marcándose como objetivos englobar las prácticas dentro de una experiencia prototipo de situación profesional basada en un proyecto de investigación colaborativa, a fin de comprobar y evaluar la aplicación y desarrollo de las nuevas directrices y valorar el nivel y calidad de conocimientos adoptados por los alumnos con este nuevo modo de trabajo. A lo largo de este documento se expondrá la metodología y novedades llevadas a cabo, entre las que destaca la realización, por parte de los alumnos, de la mencionada experiencia prototipo de situación profesional.

2. Metodología empleada

La propuesta que aquí se detalla viene motivada por la búsqueda de posibles mejoras en la calidad de la enseñanza que recibe el alumno, orientándola más a un futuro laboral. Por ello es conveniente desarrollar nuevos métodos docentes para una formación integral del mismo. En este sentido, la nueva reforma del sistema educativo universitario está dirigida a garantizar la inserción laboral del titulado, recomendando que gran parte de la actividad docente se oriente a dotar a los alumnos de las competencias necesarias para llegar a ese objetivo. Es decir, más que enseñar se debería orientar en cómo y qué se debe aprender. De acuerdo con esto, la propuesta que se lleva a cabo en la asignatura de Tracción y Accionamientos Eléctricos busca profundizar en el diseño de actividades que permitan a los alumnos adquirir dichas competencias, en la que el papel del docente pasa a un plano más de orientador de la tarea que de fuente de conocimientos, pasando el testigo a los alumnos que se convierten en aprendices activos. En particular, se ha optado por emplear una estrategia didáctica basada en la realización de un proyecto de investigación colaborativo a través de la realización de una experiencia prototipo de situación profesional. De esta manera, las competencias y habilidades que se pretenden fomentar con dicha experiencia son:

- Una formación académica alta.
- Aproximación a la investigación (búsqueda y manejo de información).
- Conocimiento de idiomas.
- Habilidad para resolver problemas y trabajar en grupos.
- Habilidad de comunicación y expresión en público empleando lenguaje técnico y científico.
- Fomentar la creatividad y actitud crítica.

Con todo ello se pretende transmitir a los alumnos las tres habilidades más valoradas tanto por recién titulados como por empleadores, como son la capacidad para aprender, la capacidad de análisis y síntesis y la capacidad para aplicar el conocimiento en la práctica. Con esta finalidad, la experiencia realizada considera que las competencias a desarrollar pueden establecerse en cuatro ámbitos de actuación:

- Teóricos (saber): dominar y diferenciar conceptos, teorías y métodos.
- Prácticos (saber hacer): ejecutar en la práctica un tratamiento, desarrollo de un plan, etc.
- Actitudinales (saber ser): dominar habilidades sociales.
- Cambios (saber aprender): adaptarse a las novedades aparecidas en su campo de trabajo.

Para alcanzar y desarrollar estos objetivos, la metodología seguida en el desarrollo de las clases prácticas de laboratorio busca potenciar el trabajo continuado de los alumnos, formándolos con conocimientos sólidos y prácticos sobre los inversores, incluso hacerles adquirir competencias de gran utilidad en el desempeño de su trabajo, como son: capacitación para el manejo de información técnica, trabajo en equipo y comunicación ante grupos de personas. Para conseguir estos objetivos se propone un esquema de trabajo con dos vías a desarrollar paralelamente en el tiempo, y establecidas de tal manera que se complementen entre sí (Tabla 1). En concreto se establecen dos actividades a desarrollar por los alumnos:

Elección de un convertidor de frecuencia para una aplicación: Este ejercicio está orientado a dotar al alumno de práctica en la selección, puesta a punto y manejo de información técnica de inversores comerciales, así como la adquisición de las competencias descritas anteriormente, fomentando el papel activo del alumno en su propia educación. En una primera sesión introductoria se establecen las condiciones de realización del ejercicio, y donde se propone a los alumnos la realización de una experiencia semejante a una situación profesional en la que simulan competir por la adjudicación de un proyecto de renovación de una instalación para mejorar su eficiencia energética. Se establecen grupos de dos personas a las que se les asigna un fabricante de convertidores determinado, y deberán realizar una presentación pública en la que expondrán las características principales y ventajas del modelo de convertidor que proponen para mejorar la instalación. Para ello deberán realizar una labor de investigación en grupos para la resolución del problema práctico. A través de esta experiencia el alumno ejercita y pone en práctica los conocimientos teóricos adquiridos, además de introducirse en el ámbito de la investigación y desarrollar sus habilidades expositivas y de comunicación.

Mes 1	Mes 2	Mes 3
Introducción	Documentación y análisis	Presentaciones
Laboratorio	Cálculos y análisis	
	Simulación Análisis	

Tabla 1. Cronograma de sesiones programadas.

Sesiones de laboratorio y simulación: Esta segunda actividad está orientada al análisis de los conceptos teóricos y prácticos desarrollados en clase. Los alumnos completarán la anterior presentación con los resultados y conclusiones obtenidos de la realización de dos sesiones de prácticas en el laboratorio: una primera en la que trabajarán con un puesto de pruebas dotado de un motor y un convertidor, donde adquirirán y analizarán las principales señales y magnitudes del conjunto, además de comprobar las distintas funciones del convertidor; y una segunda práctica en la que realizarán simulaciones en ordenador de los distintos tipos de control aplicables a estos accionamientos. Los datos obtenidos se incluirán en la presentación final como hipotéticos resultados de pruebas realizadas al convertidor seleccionado para la instalación.

Finalmente, los trabajos desarrollados son presentados por los alumnos en calidad de representantes técnico-comerciales de los fabricantes adjudicados, en sesiones en las que un grupo de profesores valoran los trabajos expuestos y seleccionan al fabricante que realizará el proyecto final. Al igual que el grupo de profesores, el resto de alumnos dispondrá de un cuestionario a través del cual evaluarán a sus propios compañeros, siendo la nota final del trabajo la media de la puntuación dada por los profesores con la media obtenida de los alumnos. Estas valoraciones afectan a la nota final de la asignatura en un porcentaje relevante. Estas sesiones además proporcionan un entorno adecuado para el debate entre los participantes, incluso la realización de cuestionarios para comprobar la aceptación y funcionamiento de la metodología.

La finalidad de la metodología empleada (Tabla 1) es que, a la vez que realizan el trabajo de análisis y selección del inversor, y a medida que se desarrolla la teoría en clase, realicen las dos sesiones de prácticas en el laboratorio, de modo que éstas, junto con la teoría, les sirvan para comprender conceptos y términos que encontrarán en la elaboración de dicho trabajo. Por otro lado, y con el fin de aclarar las dudas que van surgiendo durante la realización del caso práctico, se creó un foro en Internet en el que profesor y alumnos participan en el planteamiento y resolución de las mismas, proporcionándose así un entorno propicio para el debate. En las consultas realizadas también se incluyen aclaraciones y recomendaciones a la hora de preparar y realizar la exposición pública de los trabajos. De esta manera se crea a su vez una base de datos de cuestiones y dudas que sirve de consulta para el resto de grupos. Con todo esto se busca afianzar los conocimientos impartidos en la asignatura mediante un trabajo continuado de los mismos a lo largo del cuatrimestre, ya que los alumnos deben trabajar en aspectos tanto teóricos como prácticos para la realización de las tres actividades propuestas.

3. Desarrollo de la actividad

El desarrollo de la experiencia se realizó de acuerdo al cronograma de la tabla 1, en el que se establece un calendario para realizar paralelamente en el tiempo las distintas actividades propuestas. Concretamente caben destacar las siguientes fases:

- Sesión de introducción.
- Ensayos en laboratorio.
- Simulación mediante PC.
- Realización de exposiciones.

A continuación se procede a la descripción de cada una ellas.

3.1. Sesión introductoria

Para establecer las bases de la actividad que se va a llevar a cabo, se realiza una primera sesión de introducción. Al comienzo de la misma se desarrolla una sesión teórica en la que se introducen términos y conceptos técnicos relativos a las características principales a tener en cuenta en la selección de un convertidor de potencia, aspectos que todavía no han llegado a desarrollarse en las clases teóricas. Con ello se pretende facilitar la comprensión de la información que encontrará el alumno en su investigación. Una vez realizada la sesión de introducción teórica se procede a exponer el caso práctico que deben resolver. Como se indicó anteriormente, el ejercicio propone una situación próxima a un caso real. En particular, se plantea la siguiente puesta en escena: Un complejo hotelero decide realizar reformas en algunas instalaciones para mejorar el rendimiento energético de las mismas. Para ello, el personal de mantenimiento decide implantar modernos inversores para realizar el accionamiento de los motores de inducción empleados en las siguientes instalaciones: Ascensores y elevadores, sistema de climatización y control de accesos y puertas automáticas. Con el fin de averiguar que modelo es más interesante para cada una de las instalaciones, la dirección convoca a un conjunto de técnicos-comerciales de varios fabricantes de inversores para realizar unas sesiones en las que cada empresa presenta el modelo que cree conveniente para la instalación que se le ha solicitado. Concretamente las empresas seleccionadas y la instalación asignada a cada una de ellas se muestran en la tabla 2.

Instalación	Empresas
Ascensores y elevadores	Omron y Siemens
Sistema de climatización (HVAC)	ABB y Danfoss
Control de accesos y puertas automáticas	Schneider y Toshiba

Tabla 2. Instalación asignada a cada empresa.

Se realizarán dos sesiones a las que acudirán representantes del complejo encargados de cada uno de los tres tipos de instalaciones. En cada una de las sesiones presentarán su propuesta los representantes técnico-comerciales de los fabricantes convocados, disponiendo de unos 15 minutos para su realización, y asistiendo a cada sesión un fabricante por cada una de las instalaciones implicadas. De estas sesiones los representantes del complejo seleccionarán los fabricantes que llevarán a cabo la renovación de las instalaciones.

Como cabía esperar, el papel de los alumnos en esta puesta en escena es la de técnicos-comerciales de cada fabricante. En esta sesión introductoria se establecen grupos de dos alumnos que seleccionan el fabricante que más les interese, debiendo realizar una presentación en formato Power Point detallando la elección del convertidor que proponen para la instalación correspondiente. La elección de los fabricantes propuestos a los alumnos se basó principalmente en la disponibilidad de información suficiente (catálogos, hojas de producto, etc.) en Internet, de modo que no fuese necesario contactar con ellas. Además, la instalación asignada a cada fabricante se realizó en base a simplificar la búsqueda del modelo adecuado a cada instalación, ya que hoy en día prácticamente todos los modelos pueden emplearse en un amplio rango de aplicaciones, lo que dificulta en gran medida el proceso de selección. Para hacer más verosímil el ejercicio propuesto, a cada grupo (fabricante) se le facilitan datos tanto de la máquina a accionar como de las condiciones en las que se desea realizar la instalación del convertidor, quedando muy definido el modelo concreto (dentro de la gama) más adecuado para cada tipo de instalación, que deberá ser convenientemente identificado mediante su código de selección. Alguno de los datos aportados a cada fabricante son: Instalación, alimentación disponible, potencia nominal del motor a accionar, nivel de protección IP, dimensiones y peso máximo, protecciones incorporadas y opcionales, filtros incluidos y opcionales, opciones de frenado, tipo de control y opciones de programación y comunicación. Por otro lado, se establecen en esta sesión los contenidos mínimos que debe incluir la presentación, dejando la posibilidad a los ponentes (alumnos) de incorporar otros más. Con esto se pretende uniformizar las presentaciones y facilitar su comparación, además de establecer un guión que les ayude en la gestión de la documentación encontrada. Estos

contenidos fueron seleccionados teniendo en cuenta su utilidad para permitir la evaluación de los convertidores, así como la comparación entre los mismos. Concretamente se estableció el siguiente índice:

1. Breve presentación inicial de la compañía.
2. Gama de convertidores para motores de inducción trifásicos de baja tensión, indicando rango de potencias y tipos de cargas aplicables.
3. Presentación y desarrollo del modelo propuesto para la instalación seleccionada, indicando al menos las siguientes características:
 - a. Herramientas de programación y parametrización (ejemplo).
 - b. Tipos de control/es empleado/s en el convertidor.
 - c. Posibilidades de comunicación.
 - d. Posibilidades de frenado.
 - e. Protecciones que incorpora.
 - f. Posibilidad de filtros RFI (Radiofrequency Interference).
 - g. Otras opciones.
 - h. Principales diferencias con otros fabricantes.

Asimismo, se introducen una serie de normas y recomendaciones para la correcta realización de presentaciones, tanto desde el punto de vista de la creación de transparencias como la exposición oral de la misma, ya que, aún siendo alumnos de 5º curso, para la mayoría de ellos es la primera vez que se enfrentan a un trabajo de estas características. También se hace hincapié en que se valorarán tanto el aspecto de la presentación como el contenido de la misma, haciendo énfasis en la presentación de la información de manera completa, clara y concisa sin entrar en detalles que carezcan de interés. Finalmente, se establece el calendario de fechas para la realización de las presentaciones, así como el reparto de los grupos en ambas sesiones y el orden de sus exposiciones. Se estimó que el tiempo necesario para la realización del ejercicio no debía ser inferior a un mes, a fin de que los alumnos dispongan tiempo suficiente para la recopilación de información y realización de las transparencias.

3.2. Ensayos en laboratorio

Como ejercicio complementario al caso práctico propuesto, se realiza una sesión de laboratorio en la que se llevan a cabo diversos ensayos con un inversor real. Esta práctica tiene los siguientes objetivos:

- El manejo de un inversor por parte de los alumnos, analizando su constitución, instalación y parametrización y funcionamiento como accionamiento de un motor de inducción.
- Análisis cualitativo y captura de las principales señales del sistema mediante tarjeta de adquisición conectada a un PC.
- Análisis de las señales adquiridas mediante MATLAB.

Con ello se brinda a los alumnos la oportunidad de comprobar y poner en práctica algunos de los aspectos que deben evaluar en el proceso de selección del inversor de la instalación asignada. Para ello, previamente a la realización de la práctica, se les entrega una memoria que contiene un resumen de la descripción de los principales aspectos del inversor utilizado, así como del montaje y ensayos a realizar. También se les entrega una copia del manual completo del inversor para que se familiaricen con el lenguaje técnico. El montaje realizado puede verse en la figura 1.

Al comienzo de la sesión se realizan algunas consideraciones sobre las principales características que destaca el manual del inversor, como son:

- El esquema interno del equipo, comprobando que es un inversor en fuente de tensión y observando la situación de cada uno de sus componentes en el mismo (puente rectificador, condensador y puente inversor).
- Terminales para realizar la conexión de la alimentación trifásica o monofásica.

- Descripción de algunas de las señales de entrada y salida analógicas y digitales que dispone explicando su utilidad.
- Funcionamiento del panel de control frontal (puesta en marcha y parada, variación de velocidad, cambio del sentido de giro, programación de parámetros).
- Análisis de algunos de los principales parámetros programables, como el selector del parámetro a visualizar en el display, rampas de aceleración y frenado, selección del modo de control de la frecuencia, selección del tipo de control, introducción de características del motor accionado, códigos de fallo, etc.



Figura 1. Montaje de la práctica.

Seguidamente se procede a la descripción del montaje realizado (Figuras 1 y 2). En él se dispone de un inversor Siemens Micromaster 400, alimentado a tensión trifásica de 380 V, para accionar un motor AEG de inducción trifásico de 600W. Para la realización de ensayos con el motor en carga, éste acciona a su vez un generador de corriente continua que alimenta una carga resistiva variable con la cual se controla el par resistente accionado por el motor de inducción.

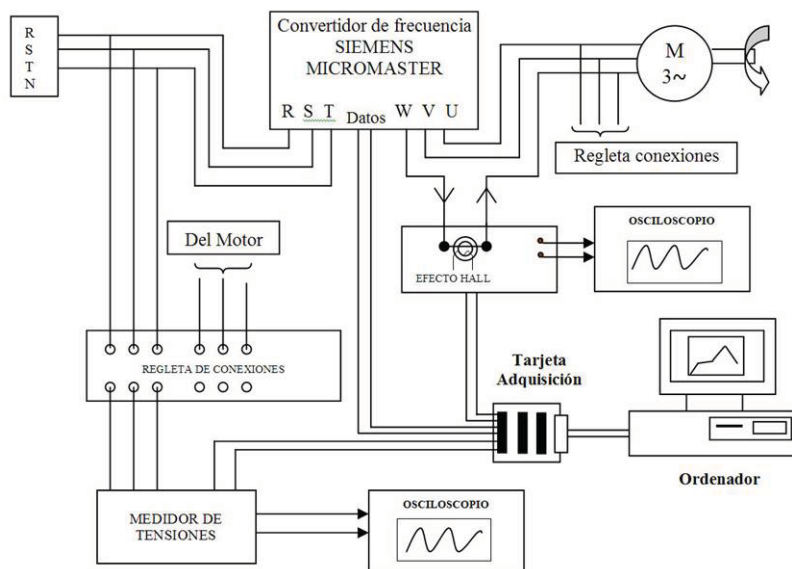
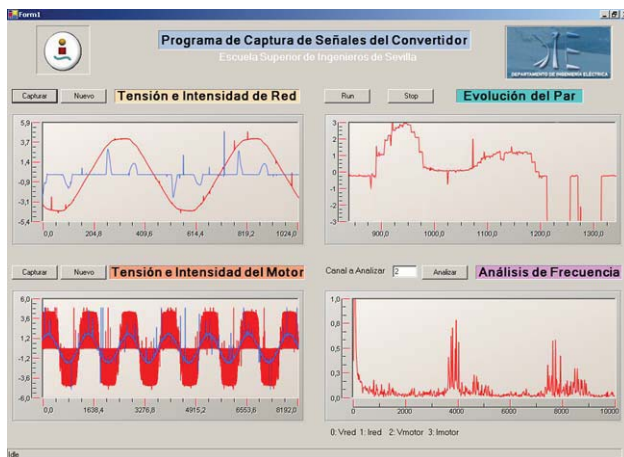


Figura 2. Esquema del montaje realizado.

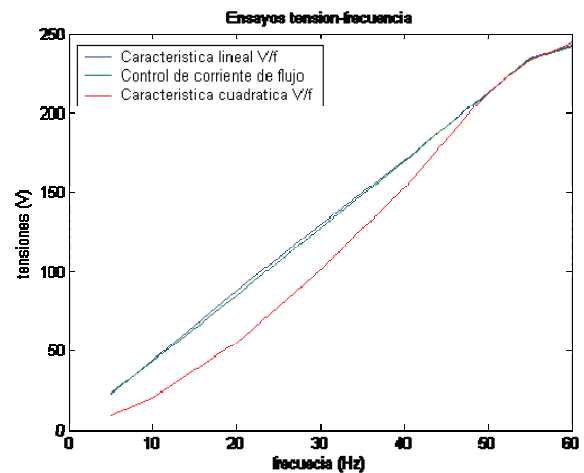
Durante la realización de la práctica será necesario adquirir, medir y representar las tensiones e intensidades del sistema, para lo cual es necesario el uso de sensores de efecto Hall para las

intensidades y un adaptador de tensiones. Ambos instrumentos adaptan las magnitudes reales a un rango entre +5 V y -5 V, con el fin de representar sus formas de onda en un osciloscopio con facilidad. Con esto también se consigue adaptar el nivel de estas señales al admisible por la tarjeta de adquisición de datos, con la que se realizará la adquisición de dichas señales para su monitorización y análisis mediante PC. Con este mismo objetivo se adquiere igualmente una de las salidas programables del convertidor, a través de la cual se informa del valor de algunas de las magnitudes del sistema.

Una vez realizadas las primeras indicaciones se procede a la realización de los ensayos. En primer lugar, se realiza la adquisición de las tensiones e intensidades del convertidor y motor mediante la tarjeta de adquisición de datos. Para ello disponen de un programa desarrollado mediante Software que permite capturar las formas de onda de las tensiones e intensidades citadas. Este entorno también realiza el análisis de armónicos de dichas ondas, además de presentar la evolución del par al variar la carga accionada (Figura 3a). El programa presenta la posibilidad de guardar en hoja Excel las capturas realizadas. Con esta aplicación los alumnos comprueban la modulación PWM del inversor y su variación con la velocidad (frecuencia), las formas de onda de intensidad del motor y de red y su variación con la carga, así como el nivel de armónicos que presentan estas señales. Seguidamente se procede al análisis del funcionamiento del inversor para cada uno de los tipos de control tensión/frecuencia que dispone (lineal, cuadrático y FCC). Para ello los alumnos capturan la onda de tensión del motor para distintos valores de frecuencia en cada uno de los modos de control citados, para posteriormente realizar mediante Matlab el tratamiento (cálculo del valor eficaz de la onda de tensión) y representación gráfica de las curvas V/f adquiridas (Figura 3b). De esta forma se verifica el correcto comportamiento de las mismas respecto a lo teóricamente esperado. Igualmente, con la captura de las señales correspondientes y su tratamiento computacional, puede realizarse una estimación de las potencias absorbida y cedida por el inversor para el cálculo de su rendimiento. El resultado de estos ensayos se añade al proyecto de selección del inversor como hipotéticos resultados de ensayos realizados al modelo propuesto, a modo de verificación de sus características.



a)



b)

Figura 3. a) Programa de adquisición de señales. b) Curvas V/f adquiridas.

3.3. Simulación en PC

La siguiente práctica busca completar la anterior mediante el análisis y comparación del comportamiento del control V/f en bucle abierto y en bucle cerrado mediante Simulink. Para ello, los alumnos disponen como datos de los principales valores del sistema, así como el modelo dinámico del motor de inducción en el control en bucle abierto, debiendo obtener el diagrama del sistema en bucle cerrado (Figura 4).

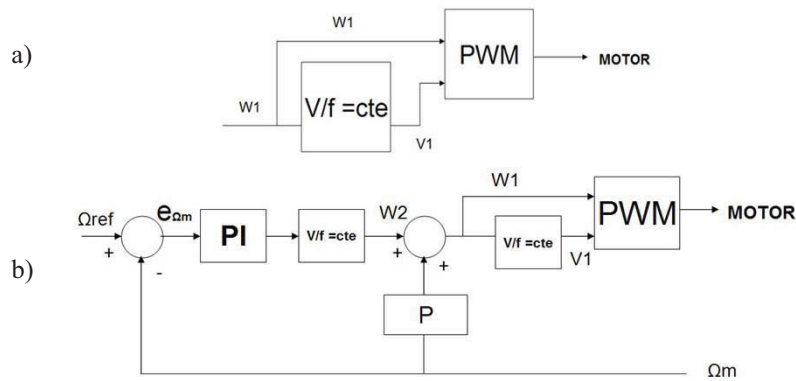


Figura 4. a) Control V/f en bucle abierto. b) Control V/f en bucle cerrado.

Una vez realizado esto deben ejecutar ambos casos para unas condiciones dadas, y proceder a la comparación y análisis de ambas soluciones en cuanto al error de velocidad, sobreoscilación de par y velocidad, y tiempo de establecimiento de par y velocidad (Figura 5). Las conclusiones obtenidas de estos análisis son también incluidas en el ejercicio de selección del inversor como resultados de simulaciones realizados con el modelo elegido, a fin de completar los ensayos anteriores.

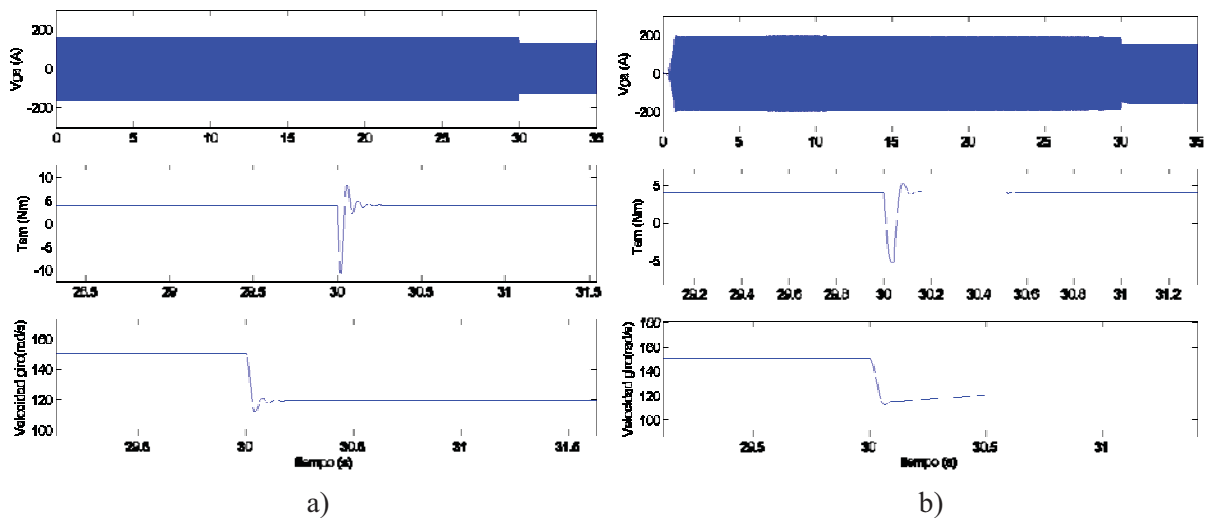


Figura 5. a) Control V/f en bucle abierto. b) Control V/f en bucle cerrado.

3.4. Exposición de trabajos

Una vez finalizado el periodo de realización del proyecto de selección y los ensayos de laboratorio se llevan a cabo las exposiciones públicas de los trabajos, con un tiempo establecido de unos 15 minutos para cada fabricante. En ella los alumnos deben tomar el rol de técnicos-comerciales de una empresa, por lo que se valora aspectos como la actitud en la exposición, claridad y rigor en la exposición, tiempo empleado, etc. Después de cada sesión de presentaciones se estableció un breve coloquio en el que los profesores daban su opinión sobre aspectos más estilísticos, como posturas corporales, movimiento de manos, tono de voz, dirección de la mirada o uso continuado de expresiones. Finalmente, se repartió un cuestionario con el que obtener la valoración del alumno en cuanto a la novedad de la experiencia y su utilidad didáctica. Asimismo, se aprovecha este momento para dar la oportunidad a los alumnos de evaluar a sus compañeros, para lo cual se reparte un formulario, idéntico al que disponen los profesores del tribunal, en el que se puntúan tres categorías fundamentales: Contenido, diseño de la presentación y comunicación de la misma. El peso otorgado a cada una de estas categorías es del 50, 30 y 20% respectivamente, siendo la nota final del trabajo realizado por el alumno la media de la puntuación otorgada por los profesores con la media resultante del resto de compañeros. Para motivar y gratificar el trabajo continuado realizado durante la

elaboración de los proyectos, la nota final del cuatrimestre se estipuló como la suma de la nota del examen (valorada con un máximo de 8 puntos) y la nota del proyecto (valorada con un máximo de 2 puntos).

4. Resultados

En general, los resultados obtenidos de la realización de esta experiencia en los últimos 3 años han sido muy satisfactorios, en especial en este último curso, ya que se han aplicado mejoras respecto a años anteriores, algunas de las cuales fueron propuestas por los propios alumnos. La acogida de la experiencia por parte de los alumnos ha sido muy positiva, tanto a lo que comporta en metodología y evaluación del trabajo, como en beneficio de otros aspectos de utilidad en su futuro laboral y académico. En particular, la calidad de las exposiciones evidenció el nivel de implicación que algunos grupos tuvieron con el trabajo, tanto en aspectos comunicativos (frescura en la exposición) como en la puesta en escena (tarjetas identificativas de la empresa). Por otro lado, un análisis posterior de los trabajos mostró que todos los grupos siguieron prácticamente el guión que se les facilitó inicialmente, aunque localizando la información de manera ligeramente diferente. Incluso, en algunos casos se añadió información adicional. También, a diferencia de otros años, una posterior comparación con la documentación que manejaron puso de manifiesto un alto ejercicio de reflexión previa sobre los contenidos a incluir en la presentación, así como la organización y selección de los mismos, aunque en algunos casos se sigue evidenciando una clara similitud en relación a la estructura organizativa de las fuentes de información empleadas. Por ello, se puede concluir que las características de la información manejada ha sido un factor crítico a la hora de realizar la presentación. Por otro lado, cabe destacar que los resultados de la evaluación realizada por los alumnos a sus compañeros presenta una gran similitud con la valoración de los profesores.

Hay que destacar también, que los resultados de la encuesta realizada al final de las sesiones han sido bastante satisfactorios (Tabla 2, Figura 6). De ellos se concluye que la experiencia ha sido más interesante y educativa que las prácticas convencionales, a pesar del esfuerzo realizado. Además, se demuestra que el trabajo en equipo ha funcionado y están satisfechos con el mismo. Asimismo, ven muy positivo la realización de presentaciones para el perfeccionamiento de sus habilidades comunicativas. Finalmente, valoran de forma positiva la atención prestada por el profesor, así como la utilidad del correo electrónico y el foro para como vías para la resolución de dudas.

Número	Afirmación
1	Las prácticas han sido más interesantes que las convencionales
2	He aprendido más que en una práctica convencional
3	El esfuerzo dedicado a la práctica ha sido razonable
4	El trabajo con mi compañero ha sido satisfactorio
5	Preferiría haber realizado el trabajo en solitario
6	La presentación en público me ha ayudado a mejorar mis aptitudes expositivas
7	He aprendido el manejo de Power Point
8	Las instrucciones dadas por el profesor eran suficientes
9	He tenido dificultades de carácter técnico (ordenador, internet)
10	Las prácticas podrían mejorarse en algunos aspectos
11	La información dada por los fabricantes ha facilitado la tarea
12	Valore la utilidad de las vías de comunicación empleadas (foro, email)

Tabla 2. Encuesta de evaluación de la actividad.

Por otro lado, en dicha encuesta también se les pedía que valorasen algunas de sus aptitudes (comunicación oral, trabajo en grupo, conocimientos y destreza en investigación) antes y después de realizar la experiencia, evidenciándose una gran mejora en dichos aspectos, principalmente en conocimientos y habilidades de investigación. Esto lo corrobora la mejora evidenciada en la valoración de la parte teórica del examen final del cuatrimestre.

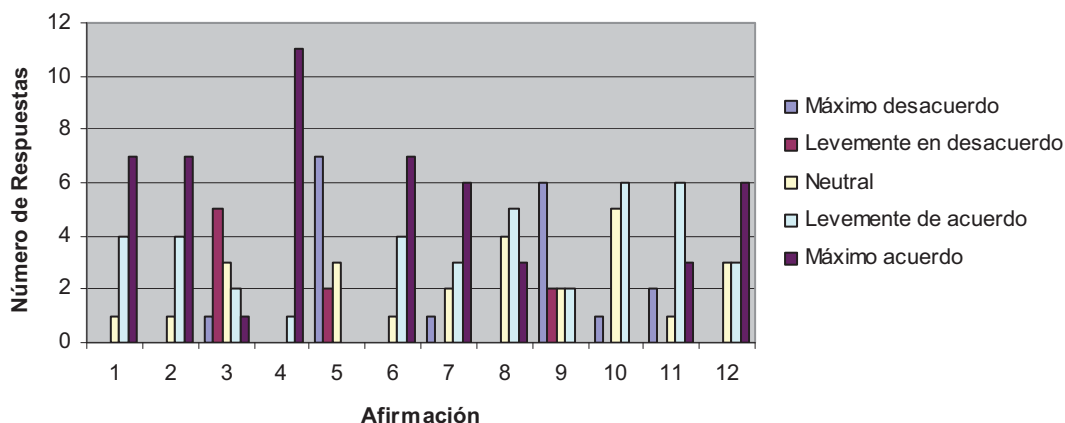


Figura 6. Respuestas obtenidas a cada afirmación y grado de acuerdo.

5. Conclusiones

Se ha presentado una actividad de innovación en las prácticas de Tracción y Accionamientos Eléctricos, con el objetivo de que el alumno conozca las principales características de los convertidores comerciales, de modo que les facilite su elección según la aplicación. En las experiencias realizadas hasta la fecha, el grado de satisfacción obtenido por los alumnos es bastante alto, principalmente en términos de trabajo en equipo y en calidad de los conocimientos adquiridos. Admiten que el desarrollo empleado con esta metodología les parece más interesante que en las prácticas convencionales, ya que se ven más motivados por estar orientada a la actividad laboral y, por supuesto, estar mejor valorada en la nota final de la asignatura. Al ser alumnos de último curso, también valoran y agradecen las capacidades obtenidas para las comunicaciones en público. Finalmente, la valoración de la metodología se considera bastante positiva desde los puntos de vista del alumno y profesor, en cuanto al número y calidad de los objetivos conseguidos.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Ministerio de Educación y Ciencia por su apoyo parcial la presentación de este trabajo a través de la red temática del Capítulo Español de la Sociedad de la Educación del IEEE (TSI2005-24068-E)

Referencias

- [1] N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins, Power Electronics: Converters, Applications and Design, John Wiley & Sons Inc, October 2002.
- [2] Joint Declaration of the European Ministers of Education, “The European Higher Education Area – Bologna Declaration”, Bologna, June the 19th 1999.