

# Incorporación de Teléfonos Móviles en Pequeñas Aplicaciones Robóticas como herramienta docente

*Artal J.S., Caraballo J. y Bandrés R.*

*Departamento de Ingeniería Eléctrica. EINA, Escuela de Ingeniería y Arquitectura.*

*Universidad de Zaragoza, Campus Río Ebro. María de Luna nº 3.*

*Edificio Torres Quevedo, 50018. Zaragoza, Spain.*

*E-mail: [jsartal@unizar.es](mailto:jsartal@unizar.es). Tlfno: 976 762823. Fax 976 762226.*

**Abstract**— El Aprendizaje basado en Proyectos y/o Problemas PBL-Problem/Project Based Learning, Método del caso MdC o Problema Reto CP-Challenge Problem permiten que los estudiantes adquieran un aprendizaje más significativo asumiendo, a su vez, la responsabilidad de su propio aprendizaje. Al mismo tiempo los alumnos desarrollan otra serie de competencias transversales relacionadas como: el trabajo en equipo, capacidad de liderazgo, pensamiento crítico,... Así la utilización de una estrategia didáctica motivadora que sea capaz de crear la intención de aprender sobre los estudiantes se considera como un factor clave y dinamizador en el aula. En este documento se muestra una aplicación sencilla basada en la incorporación de un viejo teléfono móvil Nokia 3310, Ericsson 750i o Siemens A55 a un pequeño robot móvil autónomo con objeto de transmitir las instrucciones relacionadas con su orientación, navegación y desplazamiento. La aplicación presentada constituye un factor de motivación extra sobre los estudiantes debido principalmente a la curiosidad y relevancia del proyecto planteado.

**Keywords-component;** *Mobile Robot, Microcontrollers, Cellular Phone, Telecontrol, Problem/Project Based Learning, Challenge Problem.*

## I. INTRODUCCION

En la actualidad, uno de los paradigmas educativos asociados a la docencia universitaria relacionada con la aplicación del PBL –Problem/Project Based Learning-, Método del Caso MdC o del CP –Challenge Problem- es encontrar una pequeña aplicación que incluya un factor de motivación extra sobre los estudiantes; factores a tener en consideración pueden ser la curiosidad y relevancia del proyecto. Al mismo tiempo este pequeño proyecto debe constituir un reto y/o desafío en el desarrollo de la formación del alumnado, sin salirse de los estándares de la disciplina de conocimiento donde se encuentra ubicada la asignatura.

En estos últimos años además, se ha producido un gran apogeo en el ámbito de las Telecomunicaciones lo que ha traído consigo que la mayor parte de los estudiantes cambien de forma sucesiva, casi compulsiva, de teléfono móvil como consecuencia de las campañas de promoción ofrecidas por las grandes compañías de telefonía. Esto ha provocado que un gran número de dispositivos o terminales electrónicos queden abandonados sin estar completamente obsoletos, pudiendo

llegar a ser un buen caldo de cultivo para el desarrollo de pequeñas aplicaciones destinadas al telemando o telecontrol, por parte del usuario, de diferentes equipos estáticos o su incorporación en sistemas robóticos móviles con objeto de desempeñar un tipo de tarea efectiva de forma autónoma [1].

La comunicación aquí planteada expone la incorporación de un teléfono móvil tipo Nokia 3310, Erikson 750i o Siemens A55, aunque puede ser cualquier otro, como elemento de comunicación sobre un pequeño robot móvil autónomo ya desarrollado como proyecto final de carrera PFC en anteriores cursos académicos. Su objetivo no es otro que el envío de información y datos destinados al control, direccionamiento, desplazamiento y navegación de un pequeño robot móvil autónomo -coloquialmente denominado MicroBot- [2].

Para el desarrollo de esta aplicación se hace uso de la comunicación serie asíncrona que incorpora el terminal móvil (por lo general en su interior, debajo de la batería de alimentación). De esta forma se ha analizado y desarrollado una aplicación constituida por el microprocesador PIC 16F876, el cual decodifica y traduce la información de forma bidireccional entre el MBot y el terminal móvil. Así pues, mediante el uso y envío de comandos de fácil implementación (AT Command) es posible transmitir información entre dos terminales ubicados en cualquier parte del globo terráqueo, siempre y cuando se encuentren dentro de una zona con cobertura telefónica.

## II. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

### A. Nokia 3310

A la hora de seleccionar un teléfono móvil para su reciclado, se han considerado diversos factores entre los que podemos destacar: que el terminal sea ampliamente utilizado, que pueda ser conectado físicamente a un microcontrolador de forma flexible y sencilla, que sea posible su control de manera externa a un PC y que posea un protocolo de comunicación compatible con nuestro microcontrolador.

El teléfono móvil de la compañía Nokia 3310, sacado al mercado en el año 2000, ha sido uno de los terminales más vendidos de la historia de la telefonía móvil, con un total de 126 millones de unidades aproximadamente [3]. Esta es la principal causa por la cual este modelo fue de los más

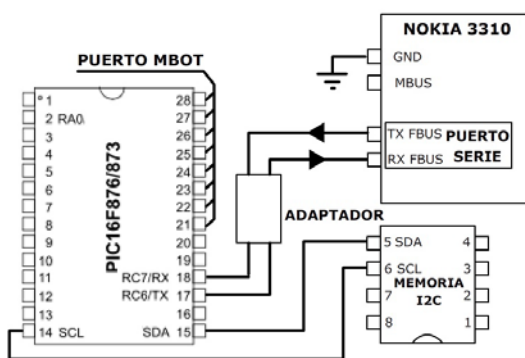
conocidos del mercado y de los que con mayor probabilidad se puede obtener como consecuencia de una donación o al acercarse a una tienda de móviles. Además, en tiendas de segunda mano, es frecuente encontrar este modelo a la venta por un bajo precio, así como piezas de recambio o sustitución.

El puerto de comunicaciones del Nokia 3310, se encuentra disponible debajo de la batería y está constituido por 4 pines visibles situados en la placa de control. Estos pines hacen posible su interconexión a un sistema mínimo de comunicación, ya sea por medio de un pequeño adaptador o mediante la soldadura de un bus cableado sobre dichos terminales. Con este sencillo interfaz, es posible la comunicación del Nokia 3310 con el microcontrolador  $\mu C$ , ya que el protocolo de comunicación sigue un standard de puerto serie asíncrono, fácilmente controlable desde el sistema. Mediante este puerto, es posible enviar y recibir instrucciones desde la CPU del teléfono, en este supuesto el interfaz de sistema está constituido por el teclado y la pantalla del dispositivo.

Debido a su antigüedad, más de 10 años, el dispositivo de Nokia únicamente opera bajo la red GSM, más que suficiente para el envío y recepción de llamadas o mensajes cortos de texto, SMS. Con unas dimensiones de 113x48x22mm y 133g de peso, lo hacen útil para su adaptación a una aplicación portable como puede ser la integración sobre un robot móvil autónomo.

**B. Tarjeta de control del teléfono móvil.**

Para realizar el control del teléfono móvil ha sido desarrollada una tarjeta de expansión basada en el microcontrolador Microchip PIC 16F876. Este  $\mu C$  dispone de un puerto serie asíncrono (pin RC7/RX y pin RC6/TX) con una velocidad de transferencia de datos compatible con el Nokia 3310. Existe una diferencia entre los valores de las tensiones que aceptan los dispositivos; la tensión de salida del  $\mu C$ , para la señal serie, es aceptada por el teléfono móvil en cambio la señal de salida del Nokia 3310 no es aceptada por el PIC. De esta manera se hace necesaria la realización de un adaptador para este nivel lógico.



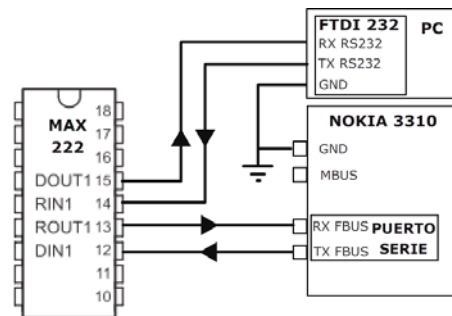
**Figura 1.** Conexión sencillo entre el móvil Nokia 3310 y el sistema de desarrollo constituido por el  $\mu P$  PIC 16F876.

Para la comunicación con el Nokia 3310, existen 2 posibles buses de comunicación, M-BUS y F-BUS. El primero es una

línea de comunicación bidireccional, mientras que el segundo se trata de un pequeño puerto de comunicación constituido por un pin de transmisión y un segundo pin de recepción de datos. Esta estructura, compatible con una comunicación serie asíncrona convencional, es la utilizada para la conexión a la tarjeta de comunicación.

Debido a la baja capacidad de almacenamiento del PIC 16F876, ha sido añadida a la tarjeta una memoria Microchip 24LC16 de 16kbits (formada por 8 bloques de 256 bytes). Esta memoria se encuentra controlada por el  $\mu C$  por medio del puerto I2C, ver figura 1.

Para realizar las primeras pruebas de control del teléfono móvil, los datos enviados por el mismo han sido monitorizados a través del ordenador [4]. Debido a las diferencias de tensiones lógicas entre el puerto serie RS232 del PC (-12V, +12V) y las correspondientes al puerto serie del Nokia 3310 (+3V, 0V) fue necesario añadir a la tarjeta de control un dispositivo MAX222, ver figura 2. Como este IC está constituido por dos convertidores, el segundo de ellos fue utilizado para adaptar la tensión del teléfono al  $\mu C$ .



**Figura 2.** Interconexión del Nokia 3310 a la computadora por medio del FTDI 232.

El programa Hércules de gestión del puerto serie, fue utilizado para realizar las primeras pruebas con el teléfono móvil. Los datos enviados desde el mismo, son almacenados en archivos de texto para su posterior análisis y estudio. En la actualidad el uso masivo del USB (Universal Serial Bus) como protocolo estándar para la comunicación del PC con diversos periféricos, ha supuesto que los fabricantes de equipos informáticos hayan dejado de comercializar aparatos con puertos serie COM -necesarios para la actividad con programas como semejantes al Hyperterminal o Hércules-. Esta problemática, ha sido solventada mediante el uso de módulos convertidores como el FT232R o UM245R, distribuido por FTDI, que conectados al puerto USB crean un puerto serie virtual en el PC -Virtual Serial Port-.

**C. Protocolo de comunicaciones del Nokia 3310.**

A pesar de existir en telefonía el uso generalizado de los comandos AT, (serie de instrucciones sencillas basadas en el código ASCII), los celulares Nokia 3310 hacen uso de un protocolo de comunicación propio, llamado F-BUS. Este último protocolo ha sido seleccionado para el desarrollo de la pequeña aplicación robótica planteada.

La velocidad de transferencia de datos para este bus es de 115200bps (bits por segundo), donde cada paquete de datos está formado por 8 bits de información, un bit de parada y no posee ningún bit de paridad, ver figura 3. (Por ello, tanto el puerto de comunicaciones de la tarjeta de control como el puerto serie del ordenador deben estar configurados bajo estos parámetros). A diferencia de los comandos AT, la comunicación F-BUS no está constituida por caracteres ASCII legibles en un archivo de texto. En su lugar, las instrucciones y los diferentes paquetes de información están constituidos por valores hexadecimales. Esto conlleva la necesidad, a la hora de visualizar y enviar información a través del ordenador, de un programa de monitorización del puerto serie distinto al clásico Hyperterminal de Windows. El programa Hércules, versión 3.2.4 de la compañía HW Group, fue el utilizado, ya que permite la visualización en pantalla de los diferentes bytes recibidos en su formato hexadecimal, así como el envío de los mismos, ver figura 4.

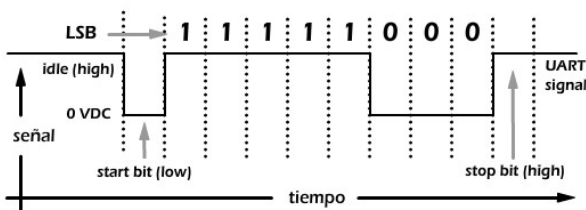


Figura 3. Formato de datos 8-N-1 (bits - paridad - stop) a transmitir.

D. Inicio de la comunicación con el teléfono móvil.

Para iniciar la comunicación con el teléfono en primer lugar es necesaria una sincronización del dispositivo con la tarjeta de expansión. Esta sincronización se efectúa a través del envío repetido de un paquete de datos.

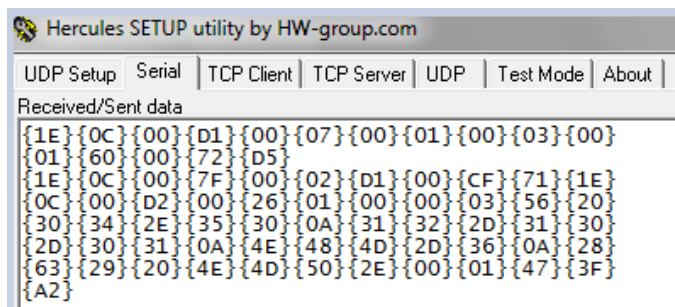


Figura 4. Ejemplo de la secuencia de código enviado y recibido por el Nokia 3310.

Sirva como ejemplo de envío, la siguiente trama de código hexadecimal:

1E 00 0C D1 00 07 00 01 00 03 00 01 60 00 72 D5

Esta secuencia del código de información devuelve la versión del hardware y software del dispositivo.

Una posible respuesta del dispositivo podría ser la mostrada a continuación:

1E 0C 00 7F 00 02 D1 00 CF 71 (reconocimiento de la trama)

1E 0C 00 D2 00 26 01 00 00 03 56 20 30 34 2E 35 30 0A 31 32 2D 31 30 2D 30 31 0A 4E 48 4D 2D 36 0A 28 63 29 20 4E 4D 50 2E 00 01 47 3F A2 (versión del software y hardware del dispositivo).

Una vez que el teléfono móvil y la tarjeta de expansión implementada se encuentran sincronizados, es posible el control de las funciones básicas del teléfono Nokia 3310 por medio de la tarjeta de control y el envío de una serie de instrucciones y parámetros específicos.

E. Compresión de los mensajes de texto según Standard GSM.

Una de las funciones más utilizadas en la aplicación es el envío y recepción de SMS. Para ello se hace uso de una trama de datos en la que deberán aparecer varios parámetros. En la estructura de dicha trama, aparecen codificados datos como el número de teléfono al que enviar o recibir el mensaje, así como el número del centro de servicio para SMS de la compañía que ofrece el servicio GSM. Según el estándar GSM, el envío de SMS se encuentra limitado a 140 octetos. Esto significa que sólo es posible enviar 140 caracteres ASCII de 8 bits. Sin embargo, el protocolo de Nokia hace uso de códigos ASCII de 7 bits, por lo que en 140 octetos pueden llegar a aparecer 160 caracteres. Este es un factor a tener en consideración a la hora de manejar los SMS, ya que el paquete de datos dedicado al contenido de los mensajes deberá ser “empaquetado” en el proceso de envío y “desempaquetado” tras la recepción. Esta serie de procesos son realizados por el microcontrolador [5].

Como ejemplo, el resultado de convertir a hexadecimal el texto “zzzzz1” formado por código ASCII es “7A 7A 7A 7A 7A 31”. Sin embargo, tras el empaquetamiento, el resultado es “7A BD 5E AF 8F 01”, que sería el paquete de octetos a introducir en la trama de envío de SMS.

Debido a la corta longitud del mensaje, no se observa una disminución del número de octetos enviados. Sin embargo, el texto “Recepción correcta”, formado por 19 caracteres, se convierte en un paquete de 17 octetos: “D2 F2 B8 0C 1F A7 DF 6E D0 F8 2D 97 97 C7 F4 B0 0B”. En este caso se observa el beneficio de operar con el modelo standard de “empaquetamiento”.

F. Ericsson 750i y Siemens A55.

A la hora de seleccionar un teléfono móvil para dotar de comunicación GSM a un pequeño sistema constituido por microcontrolador, varias alternativas al dispositivo Nokia 3310 fueron planteadas. En primer lugar, se implementó el control de un teléfono de la compañía Sony Ericsson, el modelo k750i del año 2005. A través de su cable de conexión USB para PC, fue posible su manejo y control mediante la utilización del programa Hyperterminal de Windows, haciendo uso de los comandos AT (cuya lista de instrucciones específicas y standard es proporcionado por el fabricante) [6, 7]. Entre las pruebas efectuadas se encontraba el realizar y recibir llamadas, así como el envío y recepción de mensajes SMS. A pesar de que aparentemente es un terminal sencillo con un control externo, el dispositivo no posee un puerto serie externo compatible con el microcontrolador. Este hecho condicionó inicialmente el desarrollo de la aplicación debido a que el

microcontrolador de baja gama seleccionado no disponía de puerto USB.

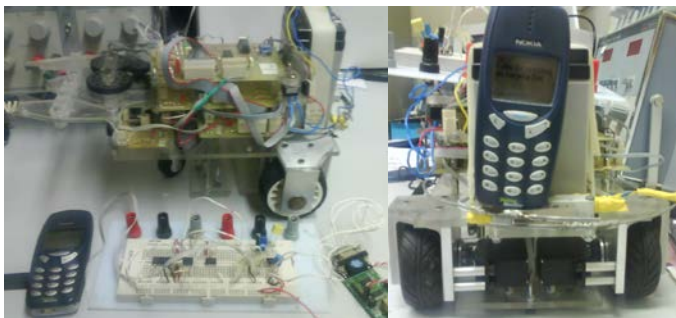
Otro de los teléfonos móviles objeto de estudio para su control externo fue el teléfono de la compañía Siemens, modelo A55, puesto en el mercado en el mes de marzo del año 2003. Como la mayoría de los modelos Siemens de la época (modelos A56, C65...), dispone en su conector externo de un puerto serie adaptable al standard RS-232. De este modo, el control del teléfono puede ser efectuado por medio de comandos AT, de la misma manera que el modelo de Sony Ericsson. Indicar también que al disponer de un puerto serie externo accesible, puede ser controlado por medio del computador o mediante un  $\mu\text{C}$  de gama baja que disponga de un puerto USART interno, como por ejemplo el PIC 16F876 utilizado en la aplicación.

Entre los comandos AT disponibles en telefonía se encuentran, el comando "ATDXXXXXXXXX" para realizar una llamada, "AT" para confirmar comunicación con el dispositivo, "AT+CMGS" para el envío de mensajes cortos de texto o "AT+CMRG" para la lectura de mensajes SMS recibidos y almacenados en la memoria de la tarjeta SIM, ver en profundidad referencia [6].

La menor disponibilidad de estos últimos modelos en el mercado con respecto al famoso Nokia 3310, provocó que la serie de ensayos y en definitiva la aplicación fuera realizada sobre este teléfono móvil.

### III. APLICACIÓN DEL NOKIA 3310 SOBRE EL ROBOT

La tarjeta de expansión del teléfono Nokia 3310, ha sido integrada en un robot móvil autónomo de pequeñas dimensiones (coloquialmente denominado MicroBot). De esta manera, el robot posee la capacidad de comunicación inalámbrica con el usuario mediante la red GSM [8 - 10]. La información derivada de las diversas incidencias del robot puede ser recibida por parte del usuario. Así pues, por medio de sencillos mensajes de texto SMS el usuario puede disponer en tiempo real, por ejemplo de diversos parámetros internos así como de variables obtenidas durante la navegación del vehículo. De igual forma el estudiante es capaz de enviar diferentes comandos e instrucciones para que sean ejecutadas por el MBot.



*Figura 5. Desarrollo de la tarjeta de expansión incorporada al robot móvil autónomo.*

La unión entre la tarjeta controladora del Nokia 3310 y el MBot ha sido efectuada por medio del puerto de expansión de uno de los microcontroladores internos que posee el robot y del puerto B del  $\mu\text{C}$  que integra la tarjeta de expansión [11], ver figura 5 y 6.

### IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

El proceso de convergencia en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha supuesto una gran revolución dentro de la educación universitaria, produciéndose un importante cambio en el paradigma enseñanza/aprendizaje en el ámbito de la sociedad educativa. Asumir este cambio en el paradigma educativo, supone que el profesor debe plantearse la introducción de nuevas metodologías en su tarea docente, que darán lugar a modificaciones tanto en la organización del aprendizaje como en los sistemas de evaluación. En ese sentido, la incorporación en diversas áreas de la ingeniería de metodologías activas y colaborativas tales como: el Aprendizaje basado en Problemas y/o Proyectos (PBL-Problem and Project Based Learning), Problema Reto (CP-Challenge Problem) o el Método del caso (MdC) permiten que el estudiante alcance un aprendizaje mucho más significativo asumiendo, a su vez, la responsabilidad de su propio aprendizaje. Al mismo tiempo con la aplicación de este tipo de metodologías docentes el alumno desarrolla otro tipo de competencias genéricas o transversales como: el trabajo en equipo, la búsqueda de información, la capacidad de análisis y síntesis, el liderazgo, la planificación y gestión del tiempo, el autoaprendizaje, la presentación de ideas propias y la cooperación, el pensamiento crítico o el trabajo bajo presión.

Un elemento clave y dinamizador en el aprendizaje de los estudiantes es la utilización de una estrategia motivadora que sea capaz de crear la intención de aprender. Factores a considerar pueden ser la curiosidad, relevancia del problema, reto y/o noción del desafío. La propuesta aquí planteada propone la aplicación del Project-Based Learning "PBL" sobre el desarrollo de estructuras robóticas móviles de tamaño reducido y bajo coste. Así la temática abordada despierta la curiosidad de los estudiantes y les estimula el reto de elaborar una aplicación para un artefacto robótico móvil autónomo que realice una tarea sencilla pero concreta y de manera más o menos eficiente. El desarrollo de pequeños dispositivos o sistemas aplicados sobre los robot móviles autónomos -MicroBots- se muestra como una ciencia multidisciplinar flexible que se acopla adecuadamente a los objetivos marcados [12]; por un lado permite al profesorado aplicar diversas metodologías docentes innovadoras y por otra parte el estudiante está claramente motivado por desarrollar habilidades, destrezas y/o capacidades relacionadas con esta materia.

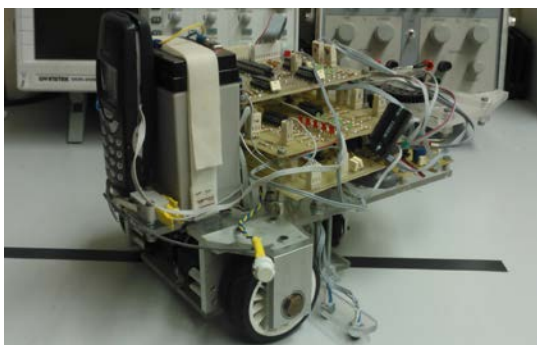
El diseño de aplicaciones destinadas a microbots es una actividad muy interesante y atractiva aunque su diseño mecánico comenzando de cero es una tarea muy compleja para un curso de iniciación salvo que se parta de un conjunto de piezas que haya que ensamblar o de una estructura inicial compleja. En nuestro caso, el diseño mecánico del robot está constituido por una estructura realizada en aluminio y metacrilato que le confiere la suficiente rigidez estructural como para soportar todos los componentes, sensores y

transductores que forman parte del desarrollo del sistema electrónico, ver figura 5. En concreto los alumnos trabajan aspectos relacionados con un robot móvil rastreador capaz de desplazarse de forma autónoma, siguiendo una trayectoria marcada, y reaccionando ante la posible colisión con otros objetos mediante técnicas de retroceso y cambio de dirección.

Parece clara la preferencia de los estudiantes por procedimientos de enseñanza/aprendizaje más flexibles, dinámicos, participativos y con evaluación continua, a pesar de que la impresión de los alumnos es que les exige un mayor esfuerzo y un incremento en su dedicación con respecto al procedimiento convencional [13, 15]. La metodología docente encaja mejor en el EEES que el basado únicamente en las clases magistrales, ya que considera todo el trabajo que debe hacer el estudiante y desarrolla otro tipo de competencias transversales.

Desde el punto de vista del estudiante; poder disponer de un nuevo elemento tecnológico que permite aplicar de forma experimental nuevos conocimientos ha constituido todo un desafío. El hecho de poder experimentar de inmediato nuevas soluciones electrónicas les ha motivado especialmente en el proceso de aprendizaje basado en prueba y error. Aunque para ello el profesor debe estar muy atento y detectar cuando el estudiante entra en una dinámica negativa de probar por probar, sin reflexionar lo suficiente sobre los resultados obtenidos y cuestiones cruciales de funcionamiento del sistema.

Desde el punto de vista del docente; la construcción de un pequeño prototipo ha sido un elemento que ha incrementado de forma espectacular la motivación del estudiante, permitiendo que el profesor se convierta en un transmisor de conocimientos que el alumno, a su vez, intuye como necesarios. El profesor posee un mayor feedback sobre el proceso enseñanza-aprendizaje de los estudiantes, pudiendo corregir pequeños defectos de forma que van apareciendo durante el proceso educativo. Del mismo modo hay que indicar, que el tiempo de profesor necesario para el correcto desarrollo del curso académico aumenta considerablemente con respecto a los procedimientos convencionales.



**Figura 6.** Robot móvil autónomo “Teseo” junto con el sistema de expansión del Nokia 3310 implementado.

## V. CONCLUSIONES

Un elemento clave y dinamizador en el aprendizaje de los estudiantes es la utilización de una estrategia didáctica motivadora que sea capaz de crear la intención de aprender. Así

la motivación se concibe como fundamental en la enseñanza de las disciplinas de conocimiento en Ingeniería Eléctrica y Electrónica; factores a tener en consideración en esta serie de actuaciones docentes pueden ser la curiosidad, noción del desafío y relevancia o actualidad del problema propuesto. Del mismo modo la realización de un pequeño proyecto -aplicación del Project Based Learning o del Hands-on Laboratory Experience- como herramienta educativa en el ámbito o contexto de las ingenierías, permite la evaluación de destrezas, habilidades, conocimientos y competencias adquiridas por los estudiantes a lo largo de todo el proceso educativo.

Por otra parte el aprendizaje basado en proyectos PBL y/o el problema reto CP, permite a los estudiantes adquirir conocimientos y poner en práctica numerosas bases teóricas de una forma amena y divertida, lo que permite mostrar al estudiante que las clases teóricas clásicas resultan interesantes y útiles. El procedimiento propuesto encaja mejor que el basado exclusivamente en clases magistrales según el sistema enmarcado por el Espacio Europeo de Educación Superior, ya que no sólo tiene en consideración el trabajo que debe desarrollar el alumno y su evolución dentro del proceso de aprendizaje sino que permite proporcionar una evaluación global y objetiva del estudiante.

## ACKNOWLEDGMENT

Los autores agradecen la ayuda financiera concedida por la Universidad de Zaragoza para el desarrollo del presente trabajo, a través del Programa de Incentivación de la Innovación Docente, línea 2: proyectos de implantación de actividades de aprendizaje innovadoras en el ámbito de la docencia de una materia o asignatura específica PIIDUZ\_11\_2\_419 y del Programa de Enseñanza Semipresencial, línea 5: utilización de herramientas TIC en nuevas metodologías de aprendizaje PESUZ\_11\_5\_555.

## REFERENCIAS

- [1] Manikandan D., Pareek P. and Ramesh P. “Cell phone operated robot”. International Conference on Emerging Trends in Robotics and Communication Technologies (INTERACT), 2010. 3-5 Dec. 2010. Pp 183 to 184.
- [2] Yun Chan C. and Jae Wook J. “Remote robot control system based on DTMF of mobile phone”. 6th IEEE International Conference on Industrial Informatics, 2008. INDIN 2008. 13-16 July 2008.
- [3] <http://press.nokia.com/2005/09/21/nokia-introduces-nokia-2652-fold-design-for-new-growth-markets-major-milestone-reached-one-billionth-nokia-mobile-phone-sold-this-summer/>
- [4] Haeil H., Jonghyun P., Yunchan C. and Jae J. “PC Application Remote Control via Mobile Phone”. International Conference on Control, Automation and Systems, 2010. Oct. 27-30, 2010 in KINTEX, Gyeonggi-do, Korea. Pp 2290 to 2294.
- [5] “Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Alphabets and language-specific information (GSM 03.38 version 7.2.0 Release 1998).
- [6] Artal J.S., Caraballo J. y López D. “Control y Guiado de un Robot Móvil Autónomo mediante Tecnología GSM.” SAAEI, Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación. Badajoz 2011.
- [7] Artal J.S., López D. y Caraballo J. “Aplicación GSM destinada al control de un Robot Móvil Autónomo mediante Java ME” SAAEI, Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación. Badajoz 2011.

- [8] López D. Vázquez J.I. Ruiz J. and Sainz D. "An Architecture for Sentient GPRS-enable MicroBots". Proceedings 2005 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation. June 27/30, 2005 Espoo (Finland). Pp 145 to 150.
- [9] Sai K.V. and Sivaramakrishnan R. "Design and Fabrication of Holonomic Motion Robot Using DTMF Control Tones". International Conference Control, Automation, Communication and Energy Conservation, INCACEC 2009.4/6 June 2009.
- [10] Suvad S. and Raveendran P. "Comparative Analysis of Methods Used in the Design of DTMF Tone Detectors". Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Telecommunications and Malaysia International Conference on Communications, 14-17 May 2007, Penang, Malaysia. Pp 335 to 339.
- [11] J.S. Artal, D. Aznar, J. Caraballo y J.I. Otín. "Desarrollo de MicroBots destinados a una Pequeña Aplicación Logística como Proyecto Final de Carrera". VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica. Proceeding del Congreso TAEE, Zaragoza (2008).
- [12] Artal J.S. y Artacho J.M. "La Robótica como herramienta PBL en la enseñanza de la Electrónica en la Ingeniería". Proceedings de la Conferencia Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad, Septiembre 2011, Madrid.
- [13] Christian Eugène. "How to teach at the university level through an active learning approach?. Consequences for teaching basic electrical measurements". Elsevier Science Direct. Measurement, vol. 39, issue 10. December, pp 936 to 946, (2006).
- [14] M. Ali Yousuf, R. Montúfar and V. Cueva, "Robotic projects to enhance student participation, motivation and learning", Fourth International Conference on Multimedia, Information and Communication Technologies in Education, vol. 6, n° 1; pp 1989 to 1994. (2006).
- [15] C. Hsieh, L. Knight, "Problem-Based Learning for Engineering Students: An Evidence-Based Comparative Study". The Journal of Academic Librarianship, Vol. 34, pp. 25-30, (2008).