

# “SIÉNTETE UN CYBORG” SISTEMA DEMOSTRATIVO DEL FUNCIONAMIENTO DE UN ROBOT.

E. SAMPER y J. PASTOR.

*Departamento de Electrónica. Escuela Politécnica. Universidad de Alcalá.  
esd08212@alu.uah.es, pastor@depeca.uah.es.*

*Este documento presenta un sistema de monitorización y telecontrol de una plataforma móvil robótica utilizando una conexión inalámbrica Bluetooth. Se ha diseñado una aplicación con una interfaz de usuario atractiva y sencilla de manejar, que permite a una persona interactuar con un robot en tiempo real y de forma remota. Este sistema es una herramienta para acercar el mundo de la robótica a personas con diferentes niveles de conocimiento, puesto que permite explicar de forma sencilla los diferentes elementos que forman un robot, así como su funcionamiento y su interacción con el entorno. El sistema también puede ser utilizado como herramienta didáctica para prácticas de asignaturas donde se estudien Sistemas Empotrados, LabView y Robótica Básica.*

*Palabras clave: robótica, monitorización, telecontrol, Bluetooth, LabView, ARCOS.*

## **1. Introducción**

El sistema presentado pretende ser una herramienta de acercamiento al mundo de la robótica con el que poder enseñar el funcionamiento de un robot. El objetivo principal para el que se diseñó fue para ser utilizado en exhibiciones, ferias de divulgación y en actividades de promoción de la ciencia, la tecnología y la ingeniería entre los más jóvenes como demostrador didáctico.

En concreto, este diseño permite experimentar cómo funciona el sistema sensorial de un robot para captar información del entorno, y cómo, en base a esa información, el robot toma decisiones que, en este caso, se traducen en movimiento. Los usuarios ven en una pantalla lo que percibe el robot por sus sensores, toman decisiones de movimiento y las ejecutan moviendo un volante sienta éstas transmitidas al robot como órdenes de movimiento. El usuario pone, por tanto, la inteligencia del robot.

Cumpliendo el propósito para el que fue creado este proyecto se ha presentado y utilizado en varias ocasiones. Entre ellas en la IX edición de la Feria “Madrid es Ciencia” en abril de 2.008, en dos ediciones de la Semana de la Robótica de la Universidad de Alcalá en los años 2.008 y 2.009, y en la Semana de la Ciencia de Guadalajara en 2009 con gran aceptación por parte de los participantes. En todas estas ocasiones la actividad a realizar por los participantes consistía en telecontrolar un robot mediante un “joystick”, para conseguir que, siguiendo una línea negra, el robot completase un circuito. Además, el usuario carecía de contacto visual con el robot, solamente podía ver la información proporcionada por la aplicación de monitorización y telecontrol que muestra lo que percibe el robot a través de sus sensores. Así el usuario sólo cuenta para realizar el control del robot con la información que le proporciona éste. Mediante esta actividad práctica el usuario interactúa con el robot y de una forma lúdica se capta su atención, para posteriormente captar su interés por conocer el sistema y principalmente al protagonista, el robot.

Otra aplicación del sistema puede ser su utilización como herramienta docente en asignaturas en las que se enseñe a programar microcontroladores, programación en LabVIEW o teoría de control. Los alumnos de forma práctica, amena y divertida podrán realizar diferentes aplicaciones y aprender sobre distintas áreas de conocimiento.

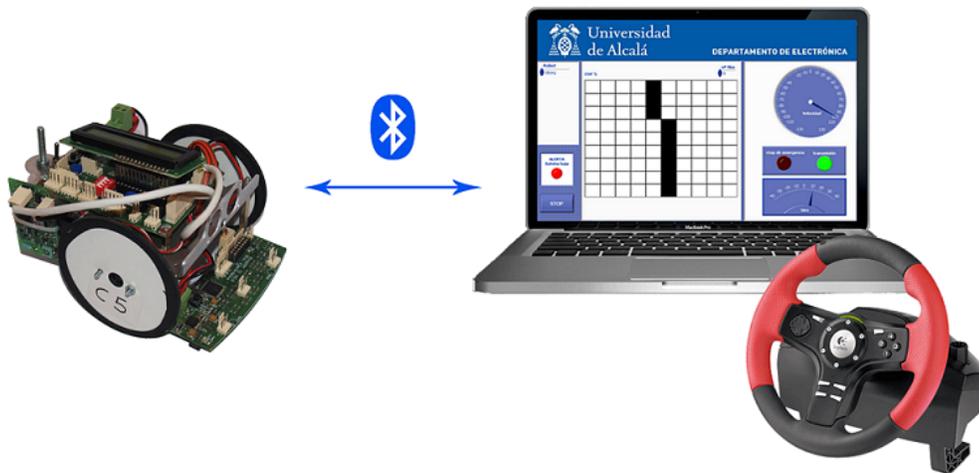
Finalmente hay que añadir que este sistema puede ser de gran utilidad también desde el punto de vista técnico, ya que puede utilizarse para facilitar el proceso de perfeccionamiento de la programación de un robot. En muchas ocasiones resulta complicado averiguar la causa de un determinado comportamiento no deseado de un robot, pero gracias a este sistema, que ofrece una monitorización y un telecontrol continuo y en tiempo real, se podría realizar una completa depuración de su funcionamiento de una forma extremadamente sencilla e intuitiva que permitiría estudiar y corregir los problemas.

Algunas aplicaciones ejemplos de esta utilidad pueden consistir en establecer un modo de funcionamiento autónomo en el robot y seguir la monitorización que ofrece el programa de usuario, con ello y definiendo una función de calidad se pueden probar diferentes programas de control por ejemplo en robots velocistas o rastreadores. También utilizando el telecontrol y observando al robot se puede estudiar y mejorar su comportamiento y sus reacciones, así como calibrar, probar y establecer umbrales de funcionamiento de sus sensores y actuadores.

## 2. Descripción general del sistema

En la Figura 1 se muestra de forma gráfica la estructura general y los elementos principales del sistema: el robot Cyborg, la comunicación inalámbrica, la aplicación de usuario de monitorización y telecontrol y el mando de control tipo “joystick” con forma de volante.

En este sistema el robot Cyborg no actúa de forma independiente, sino que únicamente obedece las órdenes que recibe de una aplicación externa localizada en un ordenador remoto y telecontrolada por una persona en tiempo real mediante un joystick. Además, el robot debe enviar información de su estado y de las lecturas de sus sensores a dicha aplicación para que el usuario pueda tomar decisiones y así controlar correctamente el robot. A esto hay que añadir que este intercambio de información entre el robot y el ordenador se realiza mediante una conexión Bluetooth y siguiendo el protocolo estándar de comunicación de datos denominado ARCOS, protocolo utilizado por los robots de MobileRobots.



**Figura 1.** Estructura general del sistema.

### 3. Plataforma robótica móvil

El robot utilizado en este sistema (Fig. 2) es el robot denominado Cyborg[1]. Una pequeña plataforma robótica móvil de tamaño 16 x 11,5 x 9,5 cm, montada sobre una estructura de aluminio de 1,5 mm de espesor cortada por láser y plegada, diseñada a medida para poder fijar los distintos componentes que forman el robot (Fig. 3). Cyborg es un robot de tracción diferencial, posee dos ruedas, movidas por un servomotor trucado y situadas diametralmente opuestas en un eje perpendicular a la dirección del robot. Además tiene un apoyo en la parte trasera para mantener la horizontabilidad en todo momento y evitar cabeceos al cambiar de dirección.

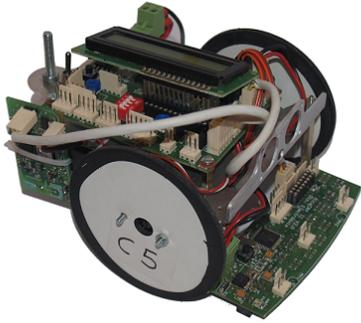


Figura 2. Robot Cyborg

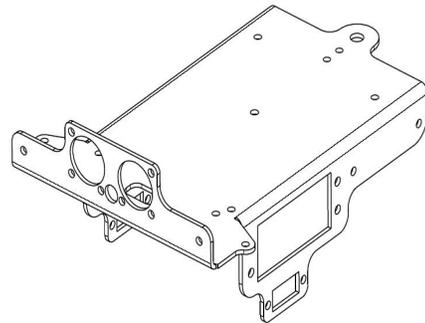


Figura 3. Estructura de aluminio

En cuanto a la electrónica, el robot está formado por tres tarjetas diseñadas en el Departamento de Electrónica de la universidad de Alcalá (Fig. 4). La tarjeta AlcaDspic [2, 3] como parte central del sistema de control, cuyo nombre se debe a que el procesador central es un microcontrolador de la familia dsPIC de Microchip. La tarjeta AlcaCnyII [4] que posee diez sensores reflexivos y que envía la información captada por estos mediante I2C a la tarjeta principal. Y la tarjeta AlcaBluetooth [1] que dota al robot de conectividad Bluetooth, contiene una antena y el módulo Bluetooth comercial GS-BT2416C1.AT1[5] fabricado por ST Microelectronics, y se conecta a una de las UARTs del microcontrolador de la tarjeta principal, por lo que el intercambio de datos entre estas dos tarjetas se realiza mediante una comunicación serie. El control de los dos servomotores que mueven las ruedas se realiza utilizando señales PWM generadas por el microcontrolador central. Todas las tarjetas que forman el robot, así como los servomotores, están alimentados mediante una batería de Litio-Polímero de 7,4v. A continuación en la figura 5 se puede observar el esquema electrónico descrito.

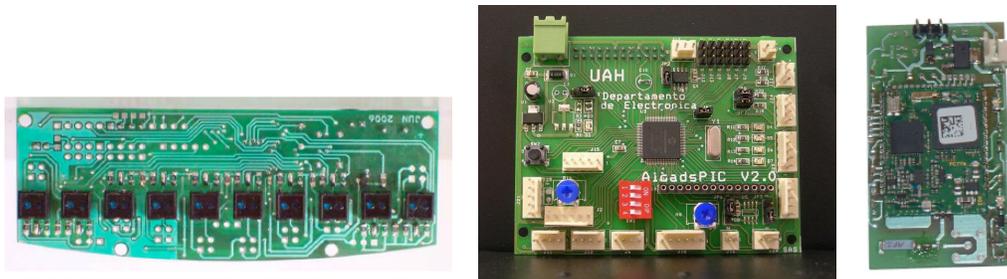
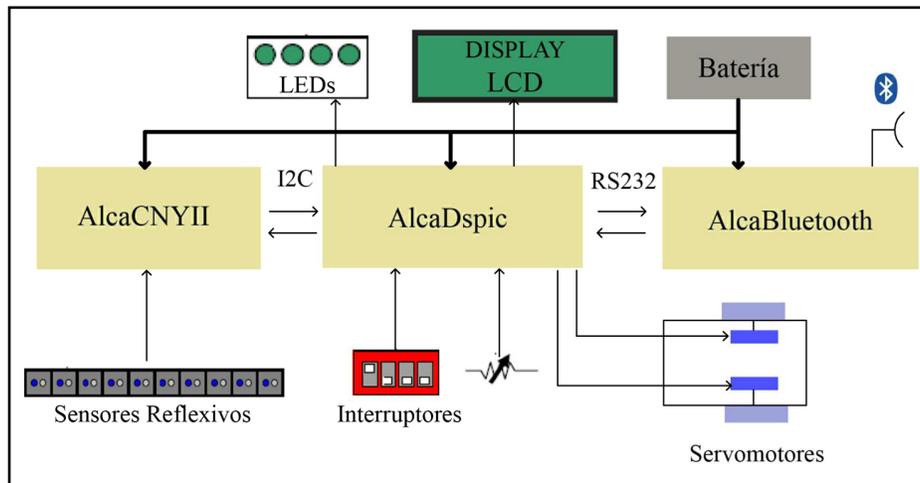


Figura 4. Tarjetas electrónicas. De izquierda a derecha: AlcaCny II, AlcaDspic, y AlcaBluetooth.



**Figura 5.** Esquema Hardware del robot Cyborg

#### 4. Comunicación

La comunicación entre el sistema de monitorización y el telecontrol debe ser inalámbrica para permitir el movimiento libre del robot. En este proyecto la comunicación que se establece entre el robot y la aplicación de usuario se realiza a través de una conexión Bluetooth, ya que el alcance y la velocidad que ofrece esta tecnología son suficientes para el correcto funcionamiento de esta aplicación, siendo su coste y su consumo considerablemente inferior al de la tecnología WiFi.

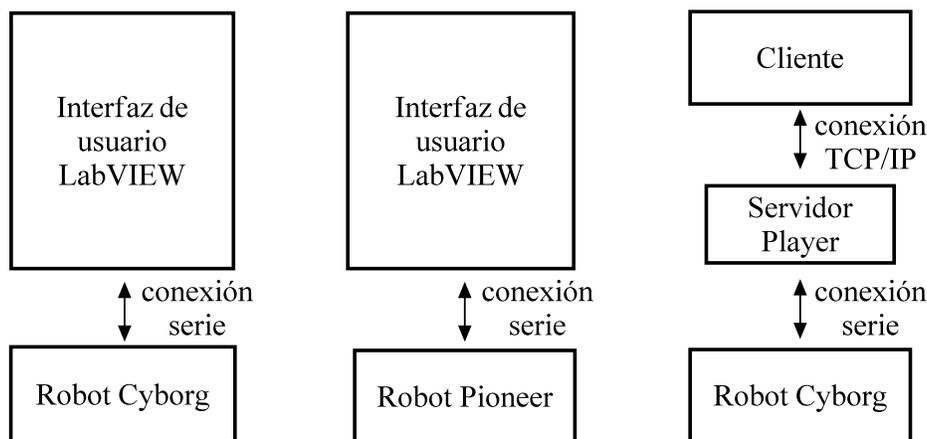
Esta comunicación inalámbrica Bluetooth se realiza utilizando el perfil de Bluetooth SPP (Serial Port Profile) mediante el cual se emula una conexión serie, esto ha facilitado el desarrollo de la aplicación puesto que permite implementar la comunicación como si se utilizase un cable físico.

Para poder llevar a cabo esta comunicación, tanto el ordenador en el que se ejecuta la aplicación de usuario, como la plataforma robótica móvil con la que se desea conectar, deben poseer la tecnología Bluetooth necesaria. Si el ordenador no posee capacidad de conectividad Bluetooth se utiliza un adaptador USB-Bluetooth, y en cuanto al robot, se utiliza la tarjeta AlcaBluetooth comentada anteriormente. Esta tarjeta, en concreto el módulo que contiene, permite realizar la comunicación Bluetooth utilizando el perfil de puerto serie (SPP), conectándolo directamente a la UART del microcontrolador, de esta forma el programador se abstrae de la comunicación Bluetooth y sólo debe pensar en usar el puerto serie del microcontrolador.

Finalmente, hay que señalar que este intercambio de información sigue las especificaciones del protocolo estándar de comunicación de datos ARCOS[6], protocolo utilizado por el software del mismo nombre, ARCOS (Advanced Robotics Control Operating System), software cliente servidor de bajo nivel que hace de interfaz para el control del robot en las plataformas de MobileRobots. Mediante una comunicación serie y utilizando este software se puede realizar el control de los motores, las lecturas de los sensores y otros procesos básicos sin necesidad de manejar directamente el hardware del robot y permitiendo la portabilidad a otros robots que tengan instalado este software. Además dicho control se puede realizar utilizando Player que es un servidor multihilo de código abierto para el control de robots móviles, que se comporta como una capa de abstracción hardware y que posee implementados un conjunto de drivers que permiten controlar muchos robots comerciales, entre ellos el driver p2os que se utiliza para controlar los robots de MobileRobots utilizando el protocolo de comunicación ARCOS.

Por tanto, este protocolo se eligió porque no sólo permite controlar el intercambio de información, que es el objetivo principal que se deseaba conseguir, sino que también permitía ampliar la funcionalidad del sistema. El software implementado para el robot Cyborg ofrece la posibilidad de controlar el robot utilizando Player y además, al ser un protocolo implementado en todas las plataformas de MobileRobots, la aplicación de monitorización y telecontrol diseñada podrá utilizarse también con estos robots. Esto es importante ya que las plataformas de MobileRobots se utilizan como plataformas estándar de investigación en muchas Universidades y Player es la herramienta software para el control de robots móviles más utilizada del mundo.

En la figura 6 se muestra gráficamente las posibilidades que ofrece el sistema. En ella se puede apreciar como el interfaz de usuario de monitorización y telecontrol desarrollado en LabVIEW actúa como cliente y como servidor Player, comunicándose con el robot Cyborg utilizando el protocolo ARCOS y mediante una comunicación serie, en este caso una comunicación serie emulada a través del perfil de puerto serie de Bluetooth. Por tanto, esta estructura y el uso del protocolo ARCOS abren también las aplicaciones de uso de este sistema.



**Figura 6.** Posibilidades de uso del sistema.

## 5. Descripción de la arquitectura Software

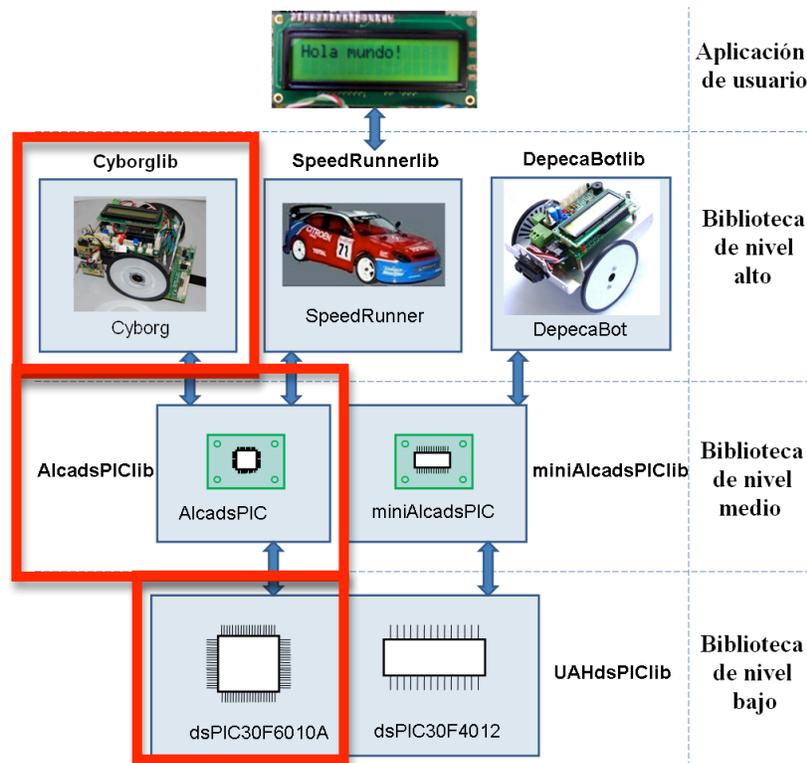
El Software que se ha desarrollado para este proyecto se divide en dos grandes bloques: la programación del robot Cyborg, concretamente de su microcontrolador principal ubicado en la tarjeta AlcaDspic, y la aplicación de usuario de monitorización y telecontrol programada en LabVIEW.

### 5.1. Software del Robot Cyborg

El lenguaje que se ha utilizado para programar el robot Cyborg es el lenguaje C, el entorno de desarrollo MPLAB-IDE y el compilador MPLAB C30, proporcionados por Microchip para poder programar sus microcontroladores, en este caso el dspic30F6010A.

La gran dependencia que existe entre el software y el hardware de un sistema es un inconveniente que limita la portabilidad de una aplicación, por ello el desarrollo software del robot Cyborg se ha separado en distintos niveles, que permiten conseguir una mayor abstracción del hardware. Se han definido cuatro niveles que se diferencian entre sí por su nivel de abstracción: nivel bajo, biblioteca de funciones para el dspic30F6010A; nivel medio, biblioteca para la tarjeta AlcaDspic; nivel alto, biblioteca

para el robot Cyborg; y nivel de aplicación, que permite una abstracción casi total del hardware. Esta estructura del software se muestra de forma gráfica en la figura 5.



**Figura 7.** Jerarquía de las librerías Software.

Esta separación en niveles del software no sólo permite una rápida adaptación a un nuevo hardware o a un nuevo robot, sino que también facilita el desarrollo de futuras y diferentes aplicaciones siendo sólo necesario implementar el nivel de aplicación. Además la abstracción del hardware que posee este nivel hará mucho más sencilla la programación de estas nuevas aplicaciones, ya que no será necesario un conocimiento detallado del hardware porque las funciones que interactúan directamente con él ya están implementadas en las bibliotecas de los niveles inferiores.

- **Biblioteca UAHdsPIClib (Nivel bajo)** Formada por un conjunto de funciones imprescindibles para poder crear una aplicación. Su uso permite utilizar todos los periféricos que posee el microcontrolador tales como pines de entrada-salida, temporizadores, puertos serie, puertos I2C, generadores de PWM y conversores analógico a digital, entre otras cosas. Se le denomina biblioteca de nivel bajo porque es la que está más cerca del nivel hardware. En este caso se dice que se trabaja con la biblioteca a nivel de chip (CSL –Chip Support Library).

Esta biblioteca es común para los microcontroladores dsPIC30F6010A y dsPIC30F4012, el primero de ellos utilizado en la tarjeta AlcaDspic. Cumpliendo con sus especificaciones de diseño este conjunto de funciones podrá usarse en cualquier tarjeta electrónica que utilice uno de estos dos micros. Además aunque esta biblioteca sólo está implementada para estos dos dsPICs es

relativamente fácil y rápido adaptarla también para otro microcontrolador de la familia dsPIC de Microchip.

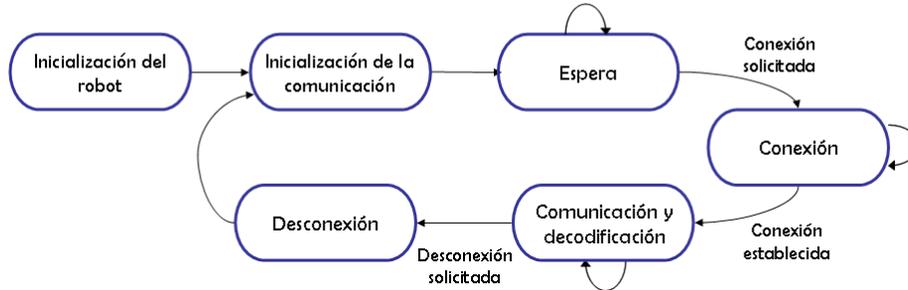
- **Biblioteca AlcadsPIClib (Nivel medio)** Formada por un conjunto de funciones que añaden la funcionalidad necesaria para utilizar los diferentes periféricos disponibles en la tarjeta AlcaDspic: LCD, potenciómetros, leds, switches,... Se le denomina biblioteca de nivel medio, o de nivel de tarjeta (BSL -Board Support Library-), porque se apoya sobre el nivel bajo y porque posee todo lo que se necesita para programar una aplicación sobre la tarjeta AlcaDspic, por tanto para utilizarla es imprescindible la biblioteca de bajo nivel (biblioteca UAHdsPIClib).
- **Biblioteca Cyborglib (Nivel medio)** Contiene la funcionalidad necesaria para la implementación de cualquier aplicación en el robot Cyborg, permitiendo el uso de todos sus periféricos, de las tarjetas electrónicas que lo forman, de los sistemas de comunicación que utiliza, de los motores que posee,... Se le denomina biblioteca de nivel alto, o de nivel de robot (RSL -Robot Support Library), ya que forman el último nivel, el nivel inmediatamente inferior al nivel de aplicación y porque esta orientada al control del robot. Lógicamente para poder trabajar con ella también son necesarias las de los niveles inferiores (bibliotecas UAHdsPIClib y AlcadsPIClib).
- **Aplicación (Nivel de aplicación)** Este nivel se define como el nivel de aplicación, ya que es el único que contiene funciones específicas desarrolladas para una aplicación concreta, como por ejemplo para un robot velocista, un robot rastreador, un robot de laberinto,... Además es el nivel de abstracción hardware más alto, el último, que permitirá programar diferentes desarrollos software para un robot de forma más rápida y sencilla utilizando las funciones de los niveles inferiores que permiten la abstracción casi total del hardware y la posibilidad de centrar el desarrollo en los problemas concretos que posee cada aplicación sin preocuparse de la implementación de bajo nivel.

Como ya se ha comentado anteriormente en la descripción general del sistema, el robot Cyborg debe enviar periódicamente información sobre el estado de sus sensores y actuadores, y no se moverá de forma autónoma sino que únicamente obedecerá las órdenes recibidas, y todo ello siguiendo el protocolo ARCOS. Todo ello es lo que se ha desarrollado en el nivel de aplicación de este proyecto.

La estructura principal de la aplicación se muestra en el diagrama de estados de la figura 8, en él se puede apreciar como el programa se ha dividido en seis estados. En los dos primeros se inicializan los periféricos que va a utilizar el robot y las variables y el buffer que se va a utilizar en la comunicación. El tercer estado simplemente espera hasta recibir una solicitud de conexión que provocará el paso al siguiente estado, donde se establece la conexión. Una vez establecida se alcanza el estado principal que permite comunicarse con la aplicación, cuya función es recibir, interpretar y ejecutar órdenes a la vez que envía información. En este estado permanece la aplicación hasta que se finalice la comunicación, bien porque se reciba una solicitud de desconexión o bien porque se pierda la conexión, sólo entonces se llega al último estado en el que detiene el proceso de comunicación y se vuelve al segundo estado para que pueda establecerse una nueva conexión y comunicación si se solicita de nuevo.

Los estados de conexión y comunicación y decodificación son los estados más importantes ya que son los que contienen en realidad la implementación de la aplicación Cyborg. En el estado de conexión se implementa el establecimiento de conexión según el protocolo ARCOS y en el estado de comunicación y decodificación se realiza el intercambio de información siguiendo este protocolo, enviando y recibiendo paquetes cuyo contenido y estructura quedan definidos en las especificaciones del protocolo. Por tanto además de mantener la comunicación, este estado se encarga de la decodificación de los datos recibidos

obteniendo los distintos comandos a ejecutar con el propósito de permitir el control del robot de forma remota desde el cliente, y puesto que la comunicación tiene lugar en ambos sentidos, también se encarga de la actualización de los parámetros que el robot envía al cliente informando de su estado.



**Figura 8.** Diagrama de estados del nivel de aplicación.

También es importante destacar que se han implementado todas las funciones relacionadas con el protocolo ARCOS en un mismo fichero, como una biblioteca independiente, para permitir su portabilidad a cualquier otra aplicación que desee utilizar este protocolo para comunicarse.

## 5.2. Aplicación de usuario monitorización y telecontrol

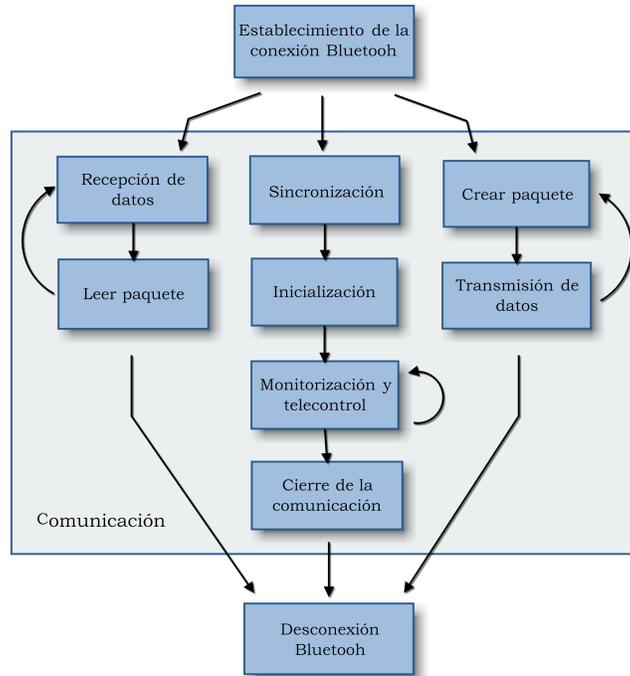
La aplicación de usuario se ha diseñado utilizando el entorno de desarrollo gráfico de Nacional Instruments, LabVIEW, en su versión 8.5. Esta herramienta es un lenguaje, y a la vez un entorno de programación gráfica de alto nivel, en el que se pueden crear aplicaciones de una forma rápida y sencilla. La implementación se realiza construyendo diagramas de bloques de forma gráfica y posee multitud de funciones integradas para acelerar el desarrollo de una aplicación. Los diferentes objetos que pueden formar una interfaz de usuario ya están contruidos, sólo es necesario seleccionarlos para que formen parte de ella y utilizarlos a la hora de diseñar el diagrama de bloques de la aplicación. Además el tipo de programación que utiliza, programación modular, permite la reutilización del código, y facilita la modificación y depuración de un programa.

La función de esta aplicación es monitorizar y telecontrolar, de forma remota y en tiempo real, una plataforma móvil robótica, utilizando para ello una conexión Bluetooth y el protocolo de comunicación ARCOS, enviando las órdenes recogidas de un mando de control y visualizando la información recibida de los sensores y actuadores. Por tanto las características de LabVIEW descritas anteriormente son las que influyeron para elegir esta herramienta software para el desarrollo de esta aplicación, se buscaba un lenguaje sencillo, que permitiese crear una interfaz de usuario vistosa y una aplicación compleja de forma rápida. Utilizando LabVIEW el diseño de la interfaz de usuario es prácticamente inmediato y tampoco es necesario dedicar tiempo a desarrollar funciones para realizar la comunicación Bluetooth, la lectura del mado de control tipo “joystick” o la interacción con el usuario.

Una característica de LabVIEW que se explota al diseñar esta aplicación, es la posibilidad de ejecutar procesos de forma concurrente, en paralelo, lo que permite implementar una arquitectura multihilo.

En la figura 9 se muestra la estructura general de la aplicación en la que se pueden observar los distintos procesos que la forman. Inicialmente se establece la conexión Bluetooth ofreciéndole al usuario elegir el dispositivo y el perfil con el que se quiere comunicar, y posteriormente, una vez conecta la

aplicación con el dispositivo, se ejecuta el proceso principal, la comunicación. Este proceso principal esta formado por tres hilos independientes que se encargan, de la recepción y lectura de los paquetes, de la creación y la transmisión de los paquetes, y de la implementación del protocolo ARCOS, de la monitorización y el telecontrol.



**Figura 9.** Estructura general de la aplicación de usuario.

Para implementar el protocolo ARCOS se ha estructurado el proceso a modo de máquina de estados, ya que los paquetes que se deben enviar o recibir son distintos dependiendo del estado de la comunicación: sincronización, inicialización, monitorización y telecontrol, o cierre. Como también se observa en la figura 9 una vez la aplicación alcance el estado de monitorización y telecontrol permanecerá en éste ejecutándose en paralelo con los procesos de recepción y de transmisión, hasta que haya que finalizar la comunicación, bien porque se ha perdido la conexión o bien porque el usuario lo solicite. Si se pierde la comunicación durante unos segundos se procede a cerrar la conexión Bluetooth, si por el contrario es el usuario el que solicita finalizar la comunicación se pasa al siguiente estado, cierre de la comunicación, que se encarga de indicarlo al robot y posteriormente se procede a cerrar la conexión Bluetooth.

El interfaz de usuario que se ha diseñado es sencillo para facilitar su comprensión y uso. Está formado por dos ventanas principales (fig. 10), una que se encarga del establecimiento de la conexión y otra que se utiliza para la monitorización y el telecontrol del robot. En la primera de ellas se realiza la búsqueda de los dispositivos y los perfiles Bluetooth que se encuentran al alcance y permite al usuario seleccionar el que se encuentra en su robot. En la segunda se puede apreciar la información recibida del robot: estado de la batería, velocidad, lectura de los sensores reflexivos,... y se realiza la lectura del “joystick” que permite en función de esta controlar el robot.



**Figura 10.** Ventana de monitorización y telecontrol de la plataforma robótica móvil.

## 6. Pruebas y utilización

Debido a la especial naturaleza de este proyecto, impera más que nunca su contacto con personas ajenas al mundo de la robótica, y conocer de primera mano su aplicación práctica. Este sistema se ha presentado en el seno de actividades organizadas, bien por la Universidad de Alcalá, como en los años 2.008 y 2.009 en la conocida Semana de la Robótica -Alcabot-Hispabot- celebrada en su Escuela Politécnica; como en la novena edición de la Feria denominada “Madrid es ciencia”, celebrada en el recinto ferial de la capital en abril de 2.008.

En ambas ocasiones se presentó el sistema durante varios días a un gran número de personas con perfiles y con niveles de conocimientos sobre robótica muy distintos. Inicialmente se realizaba una pequeña introducción explicando tanto el diseño y la estructura del robot como el funcionamiento y la finalidad de la aplicación objeto de este sistema. A continuación se les explicaba como manejar los elementos mecánicos de control del robot, en este caso una palanca de mandos y unos pedales; así como se les hacía especial mención a la pantalla en la cual se les mostraba la información que, en tiempo real, iban recibiendo del robot. En este caso, la velocidad, el estado de la batería, y sobre todo las lecturas de los sensores reflexivos que permitían seguir una línea negra por un circuito prediseñado, objetivo final de la prueba en cuestión.

Pasada esta fase de conocimiento teórico, las personas participantes se situaban de pie al lado del circuito para que pudieran seguir las evoluciones del robot, con la recomendación de que lo hicieran a través de los monitores al efecto. En la mayoría de los casos, las personas miraban directamente a la pista ya que no eran capaces de realizar las acciones que realizaría un robot, con la misma información que recibe este. Como primera conclusión podemos deducir que los participantes necesitaban más información del entorno. Esto ya era conocido por nosotros, así como la rapidez de respuesta ante el estímulo del robot frente a la persona, por lo que esta conclusión, llevada a la practica, se le explicaba a los participantes.

Era en este momento, una vez llevada a cabo la fase más practica, y podríamos decir que lúdica, del sistema, cuando los “conductores” de los robots realizaban toda serie de preguntas y comentarios sobre la actividad y sobre el comportamiento de los robots, en especial sobre sus componentes, forma de interactuar de los mismos, reacciones mecánicas, etc.; así como de la aplicación y su forma de comunicarse continuamente con el robot. En este último particular contábamos con la ventaja de que la forma de comunicación era la conocida Bluetooth, puesta a disposición de muchos usuarios por sus teléfonos móviles o el uso generalizado de los “manos libres”, lo cual facilitaba mucho la comprensión de las preguntas más básicas sobre esta tecnología inalámbrica.



**Figura 11.** Fotografías de la competición Cyborg (Alcabot 2.008).

## **7. Utilidad como herramienta de aprendizaje**

Claramente el sistema Cyborg sirve para que, personas de todas las edades, comprendan lo que es un sensor y tenga idea de lo que percibe un robot cuando va siguiendo una línea por lo que se puede utilizar en talleres de iniciación como apoyo en la explicación de estos conceptos.

El sistema también puede utilizarse en una asignatura donde se enseñe LabView y ser utilizado como un ejemplo de programación. En la Universidad de Alcalá suele estudiarse en asignaturas de Instrumentación Electrónica de último año de Ingeniería de Sistemas Electrónicos, de Telecomunicación o Ingeniería en Electrónica Industrial. En las prácticas se puede telecontrolar y adquirir información del pequeño robot Cyborg pero también se pueden utilizar robots comerciales funcionalmente más complejos que utilizan el protocolo ARCOS en su comunicación y monitorizar otro tipo de información como la medida de los sensores de ultrasonidos, sensores ópticos de distancia, odometría, etc.

## **8. Conclusion**

En las distintas exhibiciones del sistema hemos podido comprobar el gran interés que despiertan los robots a personas de todo tipo y condición. Los participantes se mostraron muy interesados por conocer y comprender el funcionamiento del robot, haciendo todo tipo de preguntas sobre su creación, su uso, su evolución... trascendiendo del sentido lúdico, también presente en la actividad, por otro donde primaba, ante todo, la curiosidad y la necesidad de información.

En otras palabras, a primera vista alguno de los participantes pudo ver a los robots como “juguetes”, pero después de las explicaciones y de un primer acercamiento al mismo, esta imagen desapareció para dar lugar a otra llena de un interés real sobre el objeto que estaban manejando, con lo que se cumplía el objetivo principal por el que fue diseñado este sistema.

## **9. Agradecimientos**

Se agradece la colaboración del Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá por el apoyo que siempre ha mostrado en las actividades de promoción de la Ciencia y la Tecnología.

Las actividades se han organizado con la colaboración y financiación de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología – Ministerio de Ciencia e Innovación dentro del Convocatoria de ayudas para el programa de cultura científica y de la innovación 2009.

## **Referencias**

- [1] E. Samper Domeque, Proyecto Fin de Carrera "Sistema de monitorización y telecontrol de robots móviles con fines educativos". Universidad de Alcalá (2009).
- [2] M. Salazar Arucci, Proyecto Fin de Carrera "Caponata, un robot que juega al golf: control del movimiento". Universidad de Alcalá. (2006).
- [3] S. Arroyo Sierra, Proyecto Fin de Carrera "Caponata, un robot que juega al golf: control de mecanismos internos". Universidad de Alcalá. (2008).
- [4] J. Baliñas Santos, Proyecto Fin de Carrera "Sistema de balizamiento activo por infrarrojos para el posicionamiento de robots". Universidad de Alcalá. (2007).
- [5] ST Microelectronics, "GS-BT2416C1.AT1 Datasheet" (2008).
- [6] MobileRobots, "Pioneer 3 Operations Manual," (2007).