

# Desarrollo de Aplicaciones con Tecnología Bluetooth

P. Saldivar, G. Lizarraga, O. Montiel, R. Sepúlveda, M. López

## *Developing applications with bluetooth technology*

Recibido: septiembre 12, 2007

Aceptado: octubre 7, 2007

Palabras clave: bluetooth; conectividad; comunicación inalámbrica

### **Abstract:**

*This article presents an overview of Bluetooth technology, discussing some details of its two popular architectures used to increase capacity, types of connectivity transmission rates and safety. The use of wireless communications has now become a need, and Bluetooth is one of the key technologies in this area, because its use has increased from its implementation in mobile phones and other everyday devices.*

**Keywords:** Bluetooth; connectivity; wireless communications



ON el paso del tiempo, la forma de comunicación entre dispositivos electrónicos ha ido evolucionando. Las formas más comunes de comunicación habían sido hasta el momento a través de cableado y el uso de tarjetas de adquisición de datos, tarjetas GPIB, así como algunos puertos (paralelo, serial, etc.) que en algunos de los casos resultan ineficientes por la cantidad de información que son capaces de transmitir. Sin embargo, el uso de las comunicaciones inalámbricas se ha convertido hoy en día en una necesidad, y una de las principales tecnologías en esta área es Diente Azul (Bluetooth), debido entre otras cosas a que permite crear redes con dispositivos a muy bajo costo. Su uso se ha incrementado a partir de su implementación en teléfonos celulares y demás dispositivos de uso común. Entre sus beneficios se encuentran: la reducción de cables, lo que les permite a los aparatos que cuentan con este tipo de tecnología una mayor

versatilidad; en general, su costo es mucho menor que el usar otro tipo de tecnologías [1]. Un adaptador de Bluetooth cuesta alrededor de 30 dólares, consume muy poca energía, provee sistemas seguros y se puede aplicar a una gran variedad de dispositivos fabricados por un sinnúmero de compañías. El presente trabajo tiene como principal objetivo introducir al interesado al uso de esta tecnología en aplicaciones de índole académico, así como industrial. Para ello, se ha considerado la inclusión de los siguientes temas: En el primero se presenta un panorama general de la tecnología, comentando algunos detalles de sus dos arquitecturas populares utilizadas para aumentar capacidades, tipos de conectividad, velocidades de transmisión y seguridad. Como segundo tema, se considera la comunicación entre dos computadoras que utilizan Bluetooth como medio de comunicación inalámbrica. Esta sección introduce de una forma sencilla al uso de la tecnología, aquí se explica la forma de instalar adaptadores de Bluetooth a equipo de cómputo basados en Windows XP. También se explica la forma de configurar la hiperterminal proporcionada por el sistema operativo con la finalidad de realizar las primeras pruebas de transmisión/recepción. El tercer tema considera el uso de hardware externo que sirve para desarrollo de aplicaciones tanto académicas como industriales que utilizan Bluetooth como medio de transporte. Para el desarrollo de la explicación se seleccionó la Tarjeta Educativa con Basic Stamp (TEBS) a la cual se les puede adaptar un módulo de comunicación con Bluetooth, se explica la instalación de las mismas. Como cuarto tema, se consideró el uso de la tecnología Bluetooth con LabVIEW para el desarrollo de aplicaciones. En la actualidad LabVIEW es ampliamente utilizado en la industria por ser un sistema de programación de propósito general con una amplia gama de librerías de funciones en diversas áreas del conocimiento. En esta sección se presenta el diseño de un instrumento virtual que hace posible la comunicación de LabVIEW con el medio externo utilizando Bluetooth, sin la necesidad de adquirir tarjetas especializadas de alto costo. Por último, se presentan las conclusiones y dirección actual de este trabajo.

## Qué es Bluetooth?

Bluetooth es un sistema de comunicación para redes de área personal inalámbricas, correspondiente al estándar IEEE 802.15.1 [2]. La ubicación de su estándar correspondiente, con respecto a otras tecnologías inalámbricas existentes, se presenta en la Figura 1.

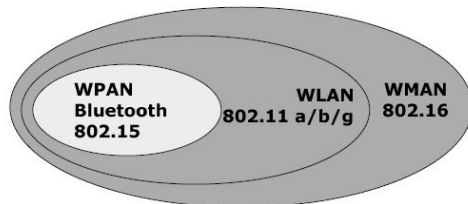


Figura 1. Ubicación del estándar IEEE 802.15.1 de Bluetooth.

Este protocolo permite la comunicación de dispositivos variados, que a su vez prestan diferentes servicios a los elementos de la red. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de una red Bluetooth, en la cual se pueden apreciar algunos de los diferentes dispositivos que cuentan en la actualidad con esta forma de comunicación [3][4][5]. Actualmente se observa que éstos son cada vez más populares, debido entre otras cosas a que a diferencia de su antecesor, el protocolo IrDA conocido mejor como infrarrojo, Bluetooth no requiere tener línea de vista, por lo que puede incluso transmitir información o hacer uso de los servicios de otro dispositivo en una habitación separada. Además de que tiene mayor alcance y mayor ancho de banda. Bluetooth trabaja formando Piconets. Una Piconet es una red de dispositivos inalámbricos, que tiene una arquitectura maestro-esclavo. Por lo tanto, puede estar formada por dos o más elementos de los cuales, uno hace la función de maestro y los demás de esclavos [6][7][8]. Sin embargo, puede soportar únicamente 8 dispositivos activos incluyendo al maestro y 200 inactivos. Además, tiene una cobertura de 10 metros aproximadamente.

Existe una forma de aumentar la cobertura de una red Bluetooth a través de la unión de piconets que tienen elementos compartidos, esta unión es conocida con el nombre de Scatternet, la cual tiene un alcance máximo de 100 metros [9][10][11]. El nodo compartido puede ser maestro en una Piconet y esclavo en otra, o bien, esclavo en ambas piconets.

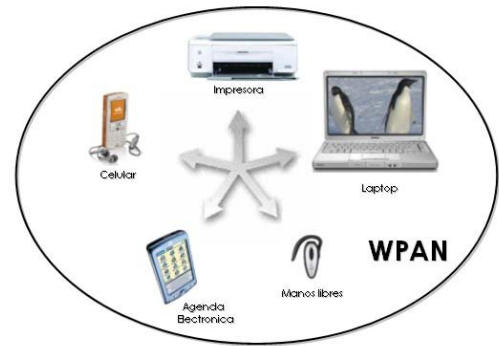


Figura 2. Red Bluetooth.

La Figura 3 muestra la arquitectura que puede tener una red Bluetooth.

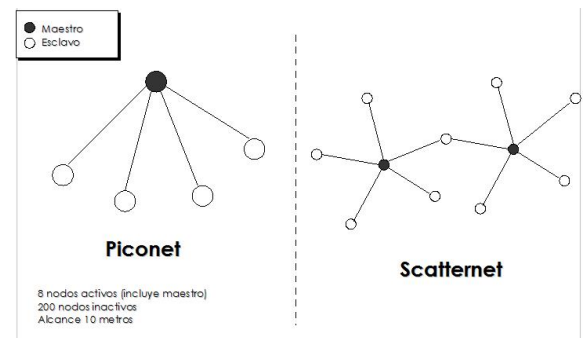


Figura 3. Arquitectura de una Red Bluetooth.

En la tecnología de Bluetooth se han definido dos tipos de enlace de transmisión que permiten soportar incluso aplicaciones multimedia, dichos tipos de enlace son los siguientes: Enlace Síncrono orientado a conexión (SCO). Enlace Asíncrono no orientado a conexión o de baja conexión (ACL).

Los SCO soportan conexiones asimétricas punto a punto, usadas normalmente en conexiones de voz, dichos enlaces están definidos en el canal y se reservan dos ranuras consecutivas (envío y retorno) en intervalos fijos. Los ACL permiten establecer un enlace punto - multipunto, típicamente usadas en la transmisión de datos. Se ha definido un conjunto de paquetes para cada tipo de enlace físico: para los SCO existen tres tipos de ranuras simples, cada una con una portadora a una velocidad de 64kbit/s; para los ACL cualquiera de los datos pueden ser enviados protegidos o sin proteger con una velocidad de corrección de 2/3. La

máxima velocidad de envío es de 721 kbit/s en una dirección y 57.6 kbit/s en la otra [12]. En la Figura 4 se muestra un esquema con algunas propiedades que contienen cada uno de los dos tipos de enlaces, las cuales hacen la diferencia entre ellos.

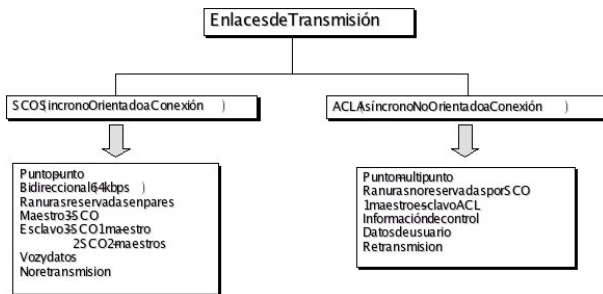


Figura 4. Enlaces de transmisión para Bluetooth.

Bluetooth transmite información haciendo uso de un código único en cada caso, que define la secuencia de saltos en frecuencia que seguirá la información. Este código es conocido solamente por el transmisor y el receptor, de tal forma que el mensaje solo puede ser leído por el dispositivo al que fue destinado, pues los demás dispositivos que desconocen la secuencia del código reciben la información y la observan como ruido, lo que proporciona seguridad en la transferencia de datos. A esta forma de transmitir información se le conoce con el nombre de FHSS (Espectro Expandido de Saltos en Frecuencia) tal como se muestra en la Figura 5 [10][13].

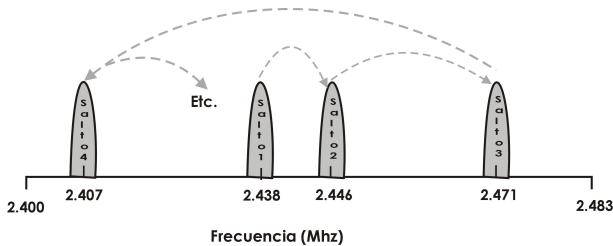


Figura 5. Espectro expandido de saltos en frecuencia.

## Establecimiento de conexión entre dos PCs

Una forma sencilla de conocer y utilizar esta tecnología de Bluetooth es el establecimiento de comunicación entre dos

dispositivos. En este apartado se dan a conocer las indicaciones para lograr dicha comunicación entre dos computadoras portátiles (PCs). Se utilizaron dos adaptadores para la conexión entre dos PCs con Windows XP, uno de ellos es el adaptador IOGEAR Enhanced Data Rate Wireless USB Bluetooth 2.0”, como el que se observa en la Figura 6, otro es el Blue Bluetooth USB Dongle” que se muestra en la Figura 7.



Figura 6. IOGEAR Enhanced Data Rate Wireless USB Bluetooth 2.0.



Figura 7. Vastech Bluetooth Dongle USB Adapter 2.0.

Una vez instalados los manejadores de los adaptadores, se conectan los dispositivos en algún puerto USB disponible de cada una de las PCs, y a partir de ahí se encuentran listos para ser usados. El siguiente paso es detectar los dispositivos Bluetooth que se encuentren dentro del mismo rango de operación. Para hacerlo es necesario ir al panel de control y seleccionar el icono de dispositivos Bluetooth. Se se-

lección la opción de agregar, lo que permite al equipo la búsqueda de dispositivos, como se muestra en la Figura 8.

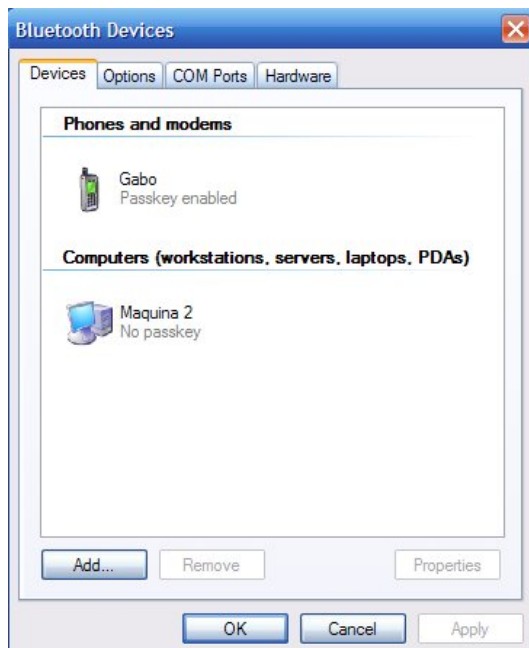


Figura 8. Búsqueda de dispositivos Bluetooth.

Una vez localizado el equipo deseado, éste se selecciona y se continúa a la siguiente ventana de opciones. En dicha ventana el sistema pedirá una clave de acceso para realizar la conexión con la portátil seleccionada anteriormente, esta clave debe ser igual en ambos equipos para que sea posible el establecimiento de la conexión. La clave puede ser seleccionada por los usuarios, o bien, en caso de tener algún problema para conectarse, se recomienda no utilizar clave de seguridad. La Figura 9 presenta un ejemplo de la opción antes mencionada.

Ya establecida la conexión del dispositivo, éste se selecciona en la opción de puertos COM. Ahí se verifican los puertos de entrada y salida que se podrán utilizar con el dispositivo seleccionado tal como se muestra en la Figura 10. Es necesario tomar nota de los puertos de entrada y salida, ya que podrán ser utilizados para futuras operaciones.

Cabe mencionar que el procedimiento anterior debe realizarse en ambos equipos, siempre y cuando ambos adaptadores pertenezcan a la lista de la firma de controladores de Windows. Esta firma permite comprobar que los controladores instalados son compatibles con Windows, de lo contrario no se podría realizar el procedimiento antes mencionado para conectar los dispositivos y sería necesario

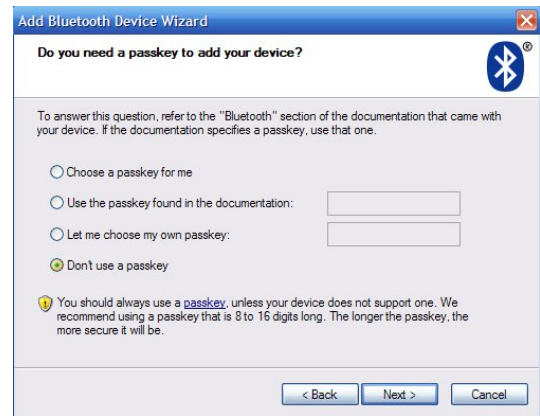


Figura 9. Código de acceso (Passkey) para establecer conexión entre dispositivos.

hacer uso de software especial que proporciona el fabricante del adaptador de Bluetooth con el que se cuenta. Esta situación puede darse en uno o en ambos dispositivos.

## Prueba de comunicación entre dos PCs vía HyperTerminal

HyperTerminal es un software diseñado para realizar una conexión entre equipos, sitios telnet, sistemas de boletines electrónicos (BBS, Bulletin Board Systems), servicios en línea y equipos host, mediante un módem nulo o una conexión (winsock) TCP/IP. HyperTerminal graba los mensajes enviados o recibidos por servicios o equipos situados al otro extremo de la conexión. Está diseñado para ser una herramienta fácil de utilizar y no viene a sustituir a otras herramientas principales disponibles en el mercado, además, puede utilizarse para realizar las tareas específicas descritas, pero de igual manera no es recomendable que sea utilizado para necesidades de comunicación más complejas [14]. Una vez establecida la conexión entre los dos equipos, se procede a la configuración de la HyperTerminal en ambas PCs, para llevar a cabo el intercambio de datos. El primer paso al abrir el software correspondiente es agregar un nombre y seleccionar un icono, estos datos dependen única y exclusivamente de la persona que desea establecer dicha comunicación a otro equipo, y posteriormente determinar el puerto a través del cual se establecerá la comunicación. Cabe mencionar que el puerto de salida a seleccionar es el que fue detectado al momento de establecer la conexión entre los dispositivos, en este caso el puerto de salida a través del cual

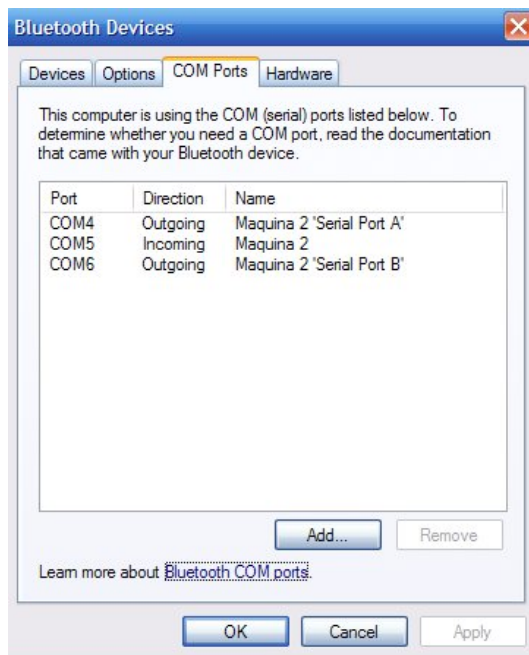


Figura 10. Direccionamiento de puertos COM.

se realizará la comunicación es el puerto COM4 tal como se muestra en la Figura 11.

Posteriormente, ya elegido el nombre y determinado el puerto a través del cual se establecerá la comunicación se procede a seleccionar las siguientes propiedades para la configuración del puerto por el cual se establecerá dicha comunicación. Se selecciona una velocidad de transmisión de datos de 9600 bits/s, 8 bits de datos, sin paridad, un bit de paro, y ningún flujo de control. Finalizar la configuración con OK, como se muestra en la Figura 12.

## Conexión entre PC y la TEBS con el módulo eb500

En la PC, el software de adaptador IOGEAR “Enhanced Data Rate Wireless USB Bluetooth 2.0” asocia un puerto COM para establecer una conexión de la PC a un dispositivo de Bluetooth y un puerto separado de COM para conexiones de un dispositivo de Bluetooth a la PC, es decir queda configurada de tal manera que se tiene un puerto para transmisión y otro para recepción. Por otra parte, en la Figura 13 se muestra una antena modelo eb500 de la compañía Parallax la cual es un adaptador para conexión inalámbrica por medio de la tecnología Bluetooth, para la TEBS de la misma compañía.



Figura 11. Establecimiento de comunicación con otro dispositivo.

El módulo eb500 se inserta a la TEBS tal como se muestra en la Figura 14.

Se deberá establecer una relación segura entre la PC y el módulo eb500, para ello es necesario verificar el código de acceso (passkey) al realizar la conexión inicial en dos dispositivos que requieran seguridad. Una vez establecida por primera vez la conexión, en conexiones futuras sólo será necesario abrir el puerto COM asociado. Una vez conectado el módulo eb500 a la TEBS y aplicada la energía, se encenderá un “led” del módulo eb500, lo cual señala que se puede iniciar la detección del dispositivo a través del panel de control de la PC. En la Figura 15 se aprecia que el dispositivo eb500 ha sido detectado.

Posterior a la detección, se procede a establecer la conexión con el módulo eb500, a través de la petición del código de acceso, el cual en este caso es el 0000, ya que el módulo eb500 requiere una comunicación segura. En la Figura 16 se muestra en dónde se colocará dicho código para establecer la conexión.

Ya establecida la conexión aparecerá una nueva ventana la cual señala que se está estableciendo la conexión, el código de acceso proporcionado por el usuario y por último un mensaje de que se está realizando la instalación del dispositivo, tal como se muestra en la Figura 17. Para futuras aplicaciones es necesario conocer la dirección del dispositivo con el cual se ha establecido la conexión, en este caso el módulo eb500, para esto hay que ir al panel de control y

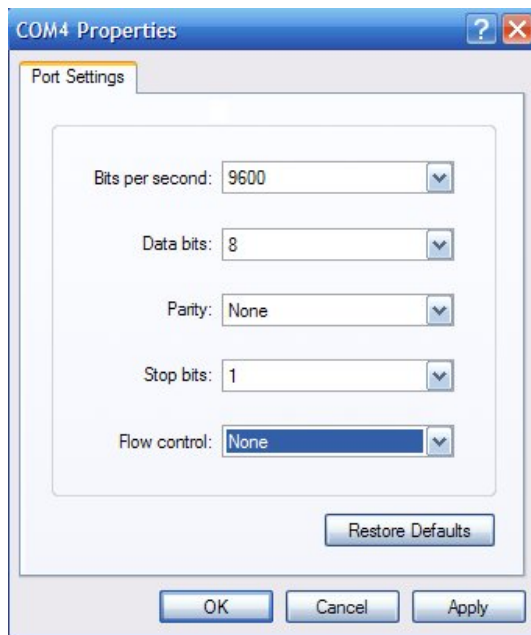


Figura 12. Propiedades del Puerto COM4.



Figura 13. Antena eb500 de Parallax.

ejecutar Bluetooth Devices y posteriormente ya ubicado el módulo eb500 en ventana, se selecciona y se observan sus propiedades, dentro de éstas se puede observar que la dirección que se establece entre el módulo eb500 y PC es la siguiente 00:0c:84:00:4c:69.

## Comunicación con Bluetooth entre LabVIEW en la PC y la TEBS

Para utilizar el LabVIEW con Bluetooth se diseñó un instrumento virtual que permite el establecimiento de la comunicación Bluetooth entre LabVIEW y la TEBS, dicho instrumento se describe a continuación. En primer término, con-



Figura 14. Módulo eb500 conectado a la TEBS.

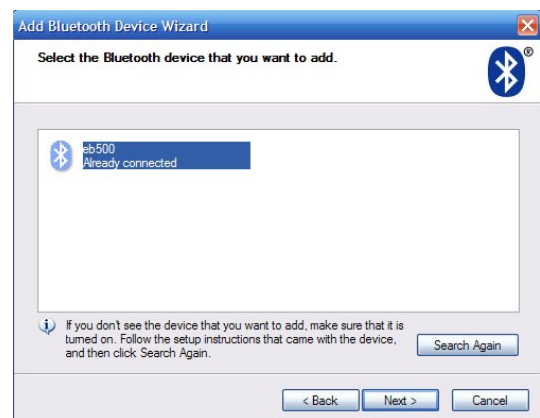


Figura 15. Detección del módulo eb500.

sideraremos la programación del instrumento virtual en la PC, para lo que es necesario conocer la dirección del dispositivo con el que se desea establecer comunicación, en este caso del módulo eb500. La dirección va conectada al bloque “Bluetooth RFCOMM Service Discovery”, el cual regresa una lista de los servicios disponibles del dispositivo correspondiente a la dirección especificada. Esta lista se guarda en el bloque “Index Array”, ya que este bloque permite tener acceso a los elementos de manera independiente. La salida va conectada a un bloque llamado “Unbundle by Name”, el cual regresa el conjunto de elementos con los nombres que se desee especificar, en el caso particular se desea conocer el canal por el cual se va a transmitir y el identificador único del servicio que se esté solicitando pues son los parámetros que requiere el bloque que realiza

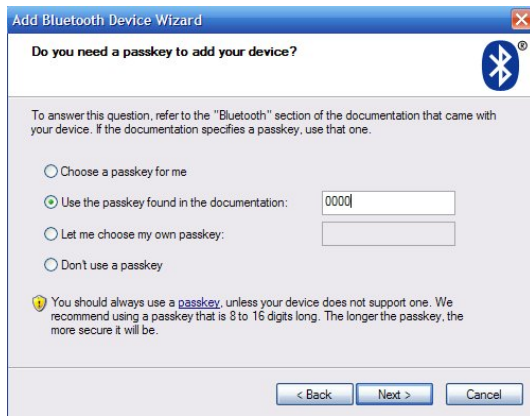


Figura 16. Asignación del código de acceso para conexión con dispositivo.

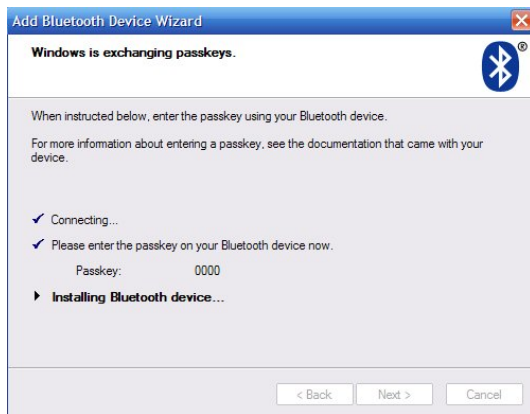


Figura 17. Finalización de instalación del módulo eb500.

la conexión (Bluetooth Open Connection), ver Figura 18. Para leer se requiere el bloque “Bluetooth Read” el cual requiere al igual que el bloque de escritura, el identificador de conexión, además el tamaño de la cadena que se va a recibir y por último el modo de lectura, que puede variar como se muestra en la Tabla 1.

Dentro de la estructura llamada “Stacked Sequence Structure”, se encuentran los procesos que permiten leer y escribir a través de Bluetooth. Puesto que este control actúa alternando cada proceso contenido dentro de la estructura. El bloque que permite a la computadora enviar datos al eb500 se llama “Bluetooth Write”, y requiere como mínimo la cadena de datos que se desea enviar, en este caso únicamente se envía una letra pues se trata solo de probar el envío de información, y el identificador de conexión, el cual

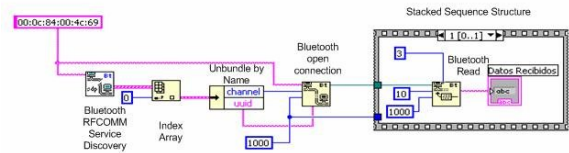


Figura 18. Bloque de lectura de datos.

Tabla 1. Modos de Lectura.

|   |  |
|---|--|
| 0 | Espera hasta que todos los bytes especificados por el número de bytes esperados llegue o hasta que pase el tiempo específico de espera. En caso de error regresa el número de bytes leídos y manda el error. |
| 1 | Espera hasta que todos los bytes especificados por el número de bytes esperados, en caso de error reporta no haber recibido nada y manda el error.   |
| 2 | Espera hasta que la función reciba un CR (retorno de carro) seguida por un LF (nueva línea) dentro del número de bytes que se especificó en bytes esperados.   |
| 3 | Es inmediato, espera hasta que la función reciba cualquier número de bytes.  |

se obtiene de la salida del “Bluetooth Open Connection”, como se muestra en la Figura 19.

En segundo término, se considera la programación requerida en el dispositivo externo, en este caso en la TEBS con Bluetooth. En esta sección se muestra un programa básico con la intención de poder demostrar la funcionalidad del sistema, dicho programa consiste en la habilitación del módulo eb500 mediante las direcciones serialIN y serialOUT, el resto del programa consiste básicamente en la administración de los datos de entrada salida. El código de prueba se muestra en la Figura 20.

El programa consiste básicamente en que si los datos recibidos por el bloque de escritura en LabVIEW corresponden a una cadena “A”, entonces el módulo eb500 a la salida mandará el mensaje “Funciona”, la cual el bloque de lectura en LabVIEW escribirá en un indicador tipo cadena, tal

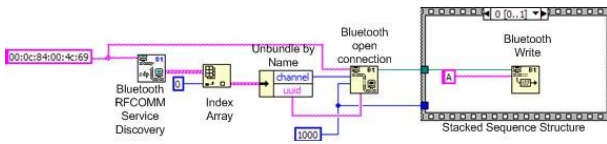


Figura 19. Bloque de escritura de datos.

```

' {$STAMP BS2p}
' {$PBASIC 2.5}
' {$PORT COM8}

' SECCION DE DECLARACION
serialIN CON 0
serialOUT CON 1
baudrate CON 240
Datos VAR Byte

' CUERPO DEL PROGRAMA
Main:
SERIN serialIN, baudrate, [Datos]
IF Datos="A" THEN
SEROUT serialOUT, baudrate, [" Funciona" ]
ENDIF
GOTO Main
END
    
```

Figura 20. Programa de prueba contenido en la TEBS.

como se muestra en la Figura 21, en la cual una vez ejecutada la simulación, se puede constatar que los diseños han sido correctos y que la comunicación a sido exitosamente establecida entre el módulo eb500 de Parallax y el programa de LabVIEW.

## Conclusiones.

El uso de las comunicaciones inalámbricas se ha convertido hoy en día en una necesidad, y una de las principales tecnologías en esta área es Bluetooth, debido entre otras cosas a que permite crear redes con dispositivos a muy bajo costo. Su uso se ha incrementado a partir de su implementación en teléfonos celulares y demás dispositivos de uso común. Bluetooth es considerada una tecnología para redes inalámbricas pequeñas y seguras, pero que también es grande en su uso, ya que en la actualidad permite realizar un sinnúmero de aplicaciones tecnológicas tanto como para proyectos educativos como para procesos industriales que requieren del uso de comunicación inalámbrica de corto alcance. El uso de esta tecnología está pasando a ser parte de la vida cotidiana de las personas. El uso de la tarjeta ed-

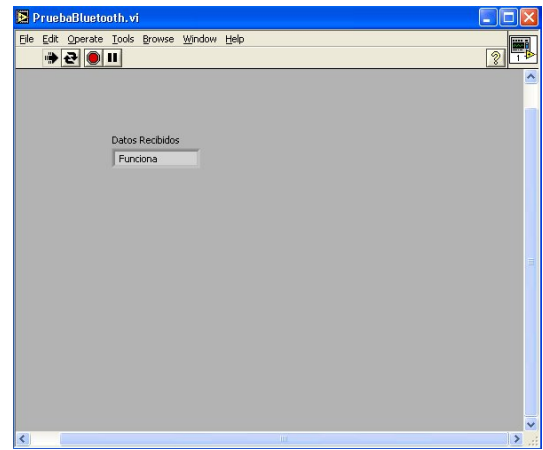


Figura 21. Ejecución de la Simulación.

ucativa Basic Stamp y el módulo eb500 proporciona la ventaja de la incorporación de un chip intérprete de PBASIC, permitiendo así ahorrar una gran cantidad de tiempo en el desarrollo de aplicaciones dada su sencillez. El PBASIC es un lenguaje de programación basado en un BASIC estructurado orientado a entrada y salida de señales. La utilización de sencillas instrucciones de alto nivel, permite programar los Basic Stamps para controlar una gran variedad de aplicaciones. En la actualidad se está trabajando en el desarrollo de módulos de comunicación con Bluetooth para Simulink con la finalidad de integrarlos a una plataforma experimental para el desarrollo de controladores [16], y así poder realizar implementaciones inalámbricas en tiempo real.

## Bibliografía

- [1] “Bluetooth Assigned Numbers,” Bluetooth Special Interest Group, 2006. Disponible en: [http://www.bluetooth.org/foundry/assignnumb/document/assigned\\_numbers](http://www.bluetooth.org/foundry/assignnumb/document/assigned_numbers).
- [2] Estándar IEEE 802.15.1, 2005.
- [3] Tanenbaum A. “Redes de Computadoras”, Pearson Prentice-Hall, 2003.
- [4] France P., “Local Access Network Technologies”, Institution of Electrical Engineers Telecommunications Series.47.
- [5] Santamaria A., Lopez F., “Wireless LAN Standars and Applications”, Artech House, 2001.



- [6] Singhal S., Bridgman T., Mauney D., “The Wireless Applications Protocols”, Addison Wesley, 2001.
- [7] Madhushree G. “Getting Started with Bluetooth”, Premier Press, 2002.
- [8] Peterson L., Davie B., “Computers Networks: A System Approach”, Elsevier, 2007.
- [9] Bates R. “Wireless Broadband Handbook”, Mc Graw-HillTelecom, 2001.
- [10] Muller N., “Wireless A to Z”, Quick Reference, 2003.
- [11] Bing B., “High-Speed Wireless ATM and LANs”, Artech House Publishers, 2002.
- [12] [12] “Conectividad wíreles” , MasterMagazine, vol 32, pp 33-35,ed. Septiembre 2004.
- [13] [13] Morrow R., “Bluetooth Operation and Use”, Mc Graw-Hill, 2002.
- [14] Microsoft Windows Server 2003 Tech-Center, disponible en: <http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/windowsserver2003/es/library/ServerHelp>.
- [15] EmbeddedBlue 500.User Manual, pp 17-48, ed. 2004. Disponible en: [www.parallax.com](http://www.parallax.com).
- [16] Oscar Montiel, Roberto Sepúlveda. Reporte del prototipo: Plataforma Experimental para desarrollo de Controladores. Registro de autor en el Secretaria de Educación Pública en trámite. 2007.

## Acerca del autor o autores

P. Saldivar\*, G. Lizarraga\*, O. Montiel\*, R. Sepúlveda\*, M. López\*\*

\*Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital, Ave. Del Parque 1310, Mesa de Otay, Tijuana B.C, 22510. Tel:+(664) 6231344.

\*\* Instituto Tecnológico de Tijuana, División de Investigación y Posgrado, Tijuana Baja California, México.

Correo-e: [psaldivar@citedi.mx](mailto:psaldivar@citedi.mx)