

SISTEMAS ELECTRÓNICOS INALÁMBRICOS DE AUXILIO A PACIENTES Y PERSONAS DISCAPACITADAS, USANDO HARDWARE LIBRE Y DISPOSITIVOS ANDROID

Juan Carlos Cruz Hurtado¹, David Rodríguez Ramirez²

¹Centro de Investigaciones en Microelectrónica, Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, CUJAE, ²Dirección Territorial Comercializadora de Combustibles Matanzas
¹e-mail:juan.cruz@cime.cujae.edu.cu

RESUMEN

En el mundo existen 1150 millones de personas, entre adultos y niños, con alguna diversidad funcional; y por otro lado el envejecimiento poblacional, sólo en Cuba alcanza el 20%, lo que hace que necesiten dispositivos que los asistan y de sistemas para sus cuidados en instituciones de salud, esto ha estimulado a profesionales del área de la electrónica a desarrollar dispositivos y sistemas que apoyen a estas personas; es por esto que en el trabajo se presentan dos casos de estudios de diseños de prototipos, que además de constituir implementaciones domóticas, auxilian a individuos con dificultades visuales y motoras como son: el bastón electrónico inteligente, la utilización de comandos de voz para accionamientos eléctricos y la adquisición de datos; todas estas aplicaciones están asociadas a los sistemas con sensores inalámbricos y dispositivos Android; el bastón inteligente utiliza sensores ultrasónicos para la detección de obstáculos y lo notifica al individuo con mensajes de voz; el sistema de comando de voz para accionamientos, usa el reconocimiento de voz, presentes en dispositivos Android con sistema operativo con versiones mayores de 4.1, para convertir la voz a texto y enviar un comando, a través del estándar Bluetooth, a un microcontrolador para efectuar el accionamiento.

PALABRAS CLAVES: Bastones electrónicos, sistemas electrónicos por comandos de voz, sistemas de atención a apacientes.

WIRELESS ELECTRONIC ASSISTANCE SYSTEMS FOR PATIENTS AND DISABLED PEOPLE, USING FREE HARDWARE AND ANDROID DEVICES

ABSTRACT

In the world there are 1.15 billion people, including adults and children, with some functional diversity; and on the other hand, population aging, which only in Cuba reaches 20%, means that devices are needed to assist them, and systems for their care in health institutions; this has stimulated professionals in the area of electronics to develop devices and systems that support these people; that is why in the work two case studies of prototype designs are presented, which in addition to constituting home automation implementations, help individuals with visual and motor difficulties such as: the intelligent electronic cane, the use of voice commands for electrical drives and data acquisition; all these applications are associated with systems with wireless sensors and Android devices; the smart cane uses ultrasonic sensors for obstacle detection and notifies the individual with voice messages; the voice command system for drives uses voice recognition, present in Android devices with an operating system with versions greater than 4.1, to convert voice to text and send a command, through the Bluetooth standard, to a microcontroller to carry out the drive.

INDEX TERMS: electronic cane, electronic voice command systems, patient care systems, NODEMCU.

1. INTRODUCCIÓN

No obstante a que los casos de estudios que se presentan en el trabajo se asocian con uno de los pilares de la domótica, al confort en este caso, la motivación fundamental son los datos consultados en documentos especializados de organismos internacionales de salud sobre la estadística de personas discapacitadas. Los informes recientes de revistas especializadas de organismos internacionales de salud [1,2 y 3], revelan que existen 1150 millones de personas, entre adultos y niños, con alguna dificultad funcional. Por otro lado, el inevitable envejecimiento poblacional incide en el número personas que necesiten de cuidados de salud en instituciones, y de dispositivos de soporte. Aproximadamente el 5% de la población de nuestro país presenta alguna discapacidad y un 21% de envejecimiento, según datos del Informe Nacional del Censo de Población y Viviendas del 2012.

Para asistir a estas personas se han desarrollado aplicaciones que realizan accionamientos eléctricos para operar automatismos domésticos de una forma fácil, utilizando dispositivos Smartphone y plataformas de hardware y software libre, como “Arduino”. Estas aplicaciones se han dirigido, fundamentalmente, a personas con dificultades funcionales importantes en miembros inferiores, superiores, e incluso visuales. En este sentido hay una gran cantidad, y variada, de implementaciones electrónicas diseñadas para asistir a estas personas [4].

El trabajo tuvo como objetivos presentar un bastón electrónico inteligente capaz de detectar obstáculos de peligro para personas invidentes, mostrar un sistema que ejecute accionamientos eléctricos y que solicite estados. Además se incluyen medidas de variables del entorno de la persona con discapacidad a partir de comandos de voz; y en ambas aplicaciones se utiliza un dispositivo Android como interfaz de usuario.

Tanto en el bastón inteligente, como en el sistema de accionamiento eléctrico por comando de voz, el microcontrolador se comunica con el Smartphone a través del estándar de comunicación Bluetooth. En el caso del bastón para invidentes y débiles visuales, se usó un bastón blanco [3, 4, 5, 6 y 7] con sensores ultrasónicos, y en el caso de la implementación que utiliza los comandos de voz para los accionamientos, se utilizaron sensores y actuadores convencionales que se operan a través de dichos comandos de voz. En ambas aplicaciones se emiten notificaciones de voz al usuario, a través del Smartphone, de las acciones que se van ejecutando y el estado de eventos y variables.

En el caso del bastón inteligente, además de poder personalizarlo según algunas medidas del invidente, tiene la posibilidad de, a través de un botón de pánico, enviar una notificación con la ubicación geoespacial del individuo, en caso de que éste presente alguna indisponibilidad o dificultad.

2. BASTÓN ELECTRÓNICO INTELIGENTE

El “bastón blanco” se ha usado como soporte para facilitar la movilidad de ancianos e invidentes, o de personas con dificultades motoras en miembros inferiores, existiendo tres tipos de “bastones blancos” (simple, guía y largo) [6]. Con el avance tecnológico se han desarrollado diferentes bastones electrónicos comerciales. Dentro de estos dispositivos se pueden citar los siguientes:

- Bastón Bawa: con conexión a teléfono móvil y otros dispositivos portables que facilitan moverse por diversos espacios.
- Bastón I-Cane Mobilo: combina la detección de obstáculos con la navegación utilizando un GPS.
- Bastón SmartCane Phoenix: utiliza sensores ultrasónicos para la detección de obstáculos y ofrece la información por medio de patrones de vibración [8].
- Bastón Smart Cane: dispositivo colocado en la empuñadura del bastón blanco, utilizando sensores ultrasónicos para la detección de obstáculos, y patrones de vibración para la notificación [9].
- Bastón Ultra Cane: con la misma funcionalidad que el anterior con dos botones vibradores que aumentan su frecuencia según la cercanía de los obstáculos.
- Bastón Ultrasonic Blind Walking Stick: además de los sensores ultrasónicos, tiene sensores de luz y detectores de agua, y el aviso de obstáculos lo hace a través de bocinas [10].

El bastón electrónico debe posibilitar la detección de obstáculos por encima de la rodilla y a la altura de la cabeza del invidente, y en un amplio rango en ambas alturas, lo que se puede lograr con sensores

ultrasónicos, laser o infrarrojos [11]. Los sensores infrarrojos y ultrasónicos presentan un ángulo de detección de obstáculo de 30° [12]. En el caso de los sensores laser, el ángulo es más estrecho, por lo que el bastón tendría que oscilar con una frecuencia mayor. De utilizarse sensores infrarrojos [13], tendrían afectación con la luz solar e interferencias por objetos oscuros y no funcionarían correctamente en exteriores [12], dificultad que no presentan los ultrasónicos. Es por esto que la mayoría de los bastones electrónicos inteligentes usan dispositivos ultrasónicos, ya que las limitaciones son menores.

La tendencia actual es usar múltiples sensores para detectar obstáculos en derredor y por encima de la cabeza del invidente [13]. Cada sensor utilizado en estas aplicaciones, se emplea para propósitos diferentes:

- El ultrasónico detecta obstáculos frente al usuario, el infrarrojo detecta la inclinación, escaleras y estimación de distancia,
- con la cámara se hace el reconocimiento de obstáculos,
- el sensor de color para sensar diferencias en el camino de navegación del entorno,
- con el GPS se tiene la geolocalización,
- con el sensor de líquido se detecta el agua en el suelo,
- el giroscopio para orientación, y
- con el acelerómetro para detectar cantidad de pasos, etc.

Investigaciones y estudios más recientes han dirigido los diseños a utilizar diversos sensores combinados, para el incremento de la percepción de la persona invidente de su entorno. De ahí que la selección de los tipos y número de sensores, deberá realizarse de forma que mejore la detección de obstáculos y se extienda más allá de la longitud del bastón. En el caso del proyecto que propone éste trabajo, se ha decidido utilizar sólo sensores ultrasónicos [14] debido a su precisión, velocidad de detección, su bajo consumo y su costo reducido.

Descripción del diagrama en bloques del bastón electrónico

El hardware del prototipo de bastón propuesto lo integra: el microcontrolador, el dispositivo GSM/GPRS, los sensores ultrasónicos, el Smartphone con sistema operativo (SO) Android, siendo el intercambio de información entre ellos a través del estándar Bluetooth. El dispositivo Android cuenta con una apk que posibilitará configurar y personalizar el bastón, ajustando las distancias para avisar de las alertas de obstáculos al invidente. También el prototipo cuenta con un botón de “pánico” para que pueda enviarse un SMS en caso de emergencia. Además el prototipo presenta un bloque de alimentación.

La Fig. 1 muestra el diagrama general del prototipo. Dentro del cuadro en azul se muestra el hardware asociado: el “Arduino”, el módulo Bluetooth, los sensores encargados de la detección de obstáculos, un módulo GSM/GPRS, el bloque de alimentación y el botón de pánico. Fuera del cuadro se encuentra el dispositivo Android encargado de la configuración, de las notificaciones, y de los avisos de emergencia a la persona encargada del invidente.

Dentro de los requisitos y funciones del hardware asociado al bastón, se encuentran:

- Intercambio de información y comandos en tiempo real entre los sensores y el microcontrolador y de éste último con la app del dispositivo Android,
- hacer el procesamiento lógico del algoritmo de detección de obstáculos,
- configurar las distancias adecuadas de los obstáculos a las que se debe notificar al invidente,
- contar con una fuente de alimentación con una autonomía adecuada que garantice la asistencia apropiada al invidente,
- contar con el módulo Bluetooth que deberá estar vinculado al dispositivo Android durante la translación de la persona con dificultad visual, y
- contar con el módulo GSM/GPRS encargado de transmitir la ubicación geoespacial del invidente, junto con la app, al pulsarse el botón de pánico.

En la Fig. 1 se muestra la ilustración del diagrama de flujo general que representa el funcionamiento y el algoritmo del firmware que garantiza la funcionalidad del bastón electrónico inteligente para invidentes.

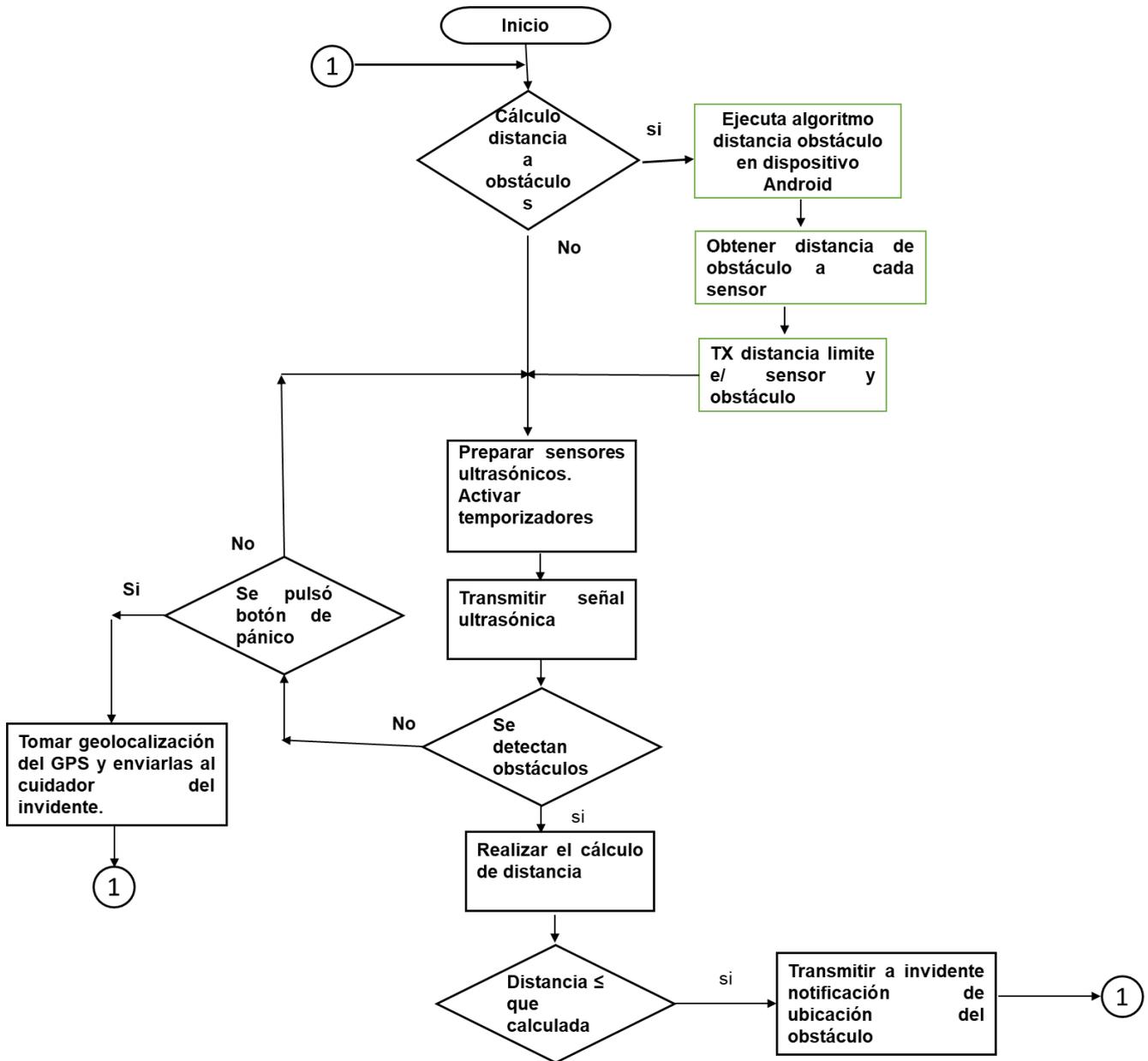


Figura: 1. Diagrama de flujo general del funcionamiento y firmware de funcionalidad del botón electrónico para invidentes.

Además, para esclarecer, y apoyar, el diagrama de flujo general anterior, se muestra en la Fig. 2 el diagrama general con los elementos hardware del botón propuesto.

Sensor ultrasónico hc-sr04

El sensor ultrasónico utilizado fue el HC-RS 04. Es un módulo con el que se puede determinar la distancia entre él y un objeto interpuesto frente a las ondas ultrasónicas. El sensor envía una onda de sonido y cuando el sonido rebota en el obstáculo, mide el tiempo que demora la onda desde que se transmitió hasta que fue recibida por el sensor, éste tiempo es el usado para medir la distancia a la que se encuentra el objeto. El sensor puede medir distancias en un rango de 2 cm hasta 400 cm [14]. Estos dispositivos aventajan a los infrarrojos en que la medición no se afecta por la luz solar. En la Fig. 3 se muestra la foto del sensor.

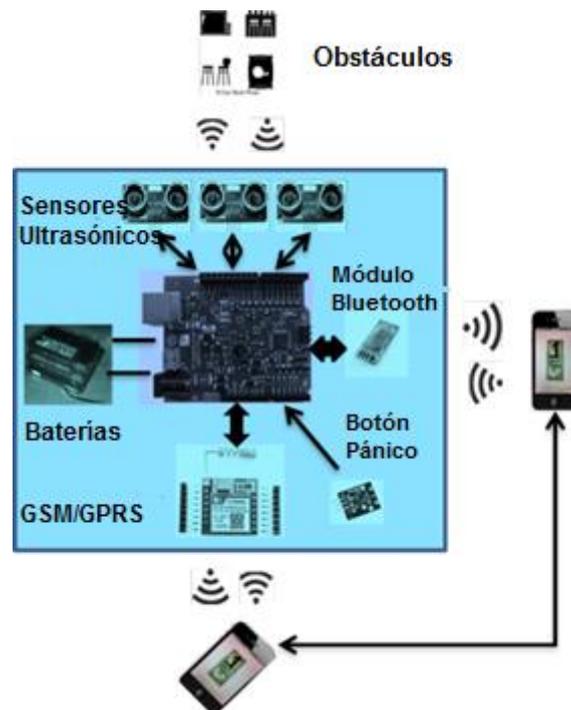


Figura 2: Diagrama general con los elementos hardware del bastón para invidente propuesto.

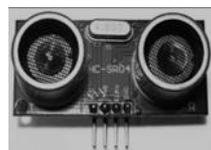


Figura 3: Imagen del sensor ultrasónico HC-SR04.

Placa de desarrollo “Arduino Uno”

Es la placa de desarrollo más usada de la familia “Arduino”. Posee un microcontrolador basado en el ATmega328P, con 20 pines de los cuales 14 de I/O digitales, de los que 6 se usan como salidas PWM, con 6 entradas analógicas, un oscilador de cuarzo de 16MHz, un puerto USB, una entrada Jack para la alimentación y un botón de reseteo. El microcontrolador se programa por el puerto USB. Los 20 terminales pueden suministrar una corriente de 40 m A. Cuenta con un terminal de salida de 3.3V y una corriente de salida de 50 m A. Tiene 256 KB de memoria para almacenar los códigos de programa, 8kB de SRAM y 4kB de EEPROM interna [15].

Módulo Bluetooth HC-06

Es un módulo esclavo clase 2 de una potencia promedio de 2.5mW que se utiliza para la transmisión serial inalámbrica pudiéndose parear y vincular con otros dispositivos master como una PC, un Smartphone y tabletas [16]. A través de sus puertos TxD y RxD se pueden realizar las comunicaciones inalámbricas a una distancia máxima de 10 m (los autores en las pruebas alcanzaron un alcance mayor). Existen otro tipo de dispositivos que tienen un alcance nominal mucho mayor. Su consumo es relativamente bajo, siendo de 8 mA durante la comunicación. Este es de pequeñas dimensiones (12.7mmX27mm), que varía en dependencia del modelo. Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz ISM, un “Baudrate” por defecto de 9600 (posee otras bandas), y una alimentación de 3.6 a 6 V.

En la Fig. 4 se muestra una imagen de este dispositivo.

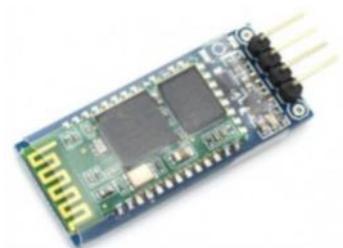


Figura 4: Módulo esclavo HC-06.

Módulo GSM Sim800L

En el diseño se utilizó un mini módulo GSM/GPRS [17] de bajo consumo, con dimensiones 15.8X17.8X2.4 mm. Este es un modem que tiene muchas de las funciones de un celular convencional: envío y recepción de SMS, llamadas telefónicas, conexión a internet a través de GPRS y TCP/IP. Y cuenta con las características siguientes: tiene Quad Band, alimentación de 3.4 a 4.4 V, consumo de energía de 0.7mA en modo “sleep”, en llamadas consume 216 mA, en “standbay”, en modo suspendido consume 1mA. Es necesario utilizarlo con una fuente de alimentación externa con el voltaje nominal y capaz de suministrar 1000mA, por lo que una de las opciones sería una batería de litio de 3.7V y que brinde, al menos, 1200 mAh, o incluso podría ser alimentado con pilas recargables de 1.5 V y 2500 mAh. En la Fig. 5 se muestra una imagen de éste módulo.

En una nueva versión del bastón electrónico, se implementó en la apk la posibilidad de enviar la ubicación del invidente una vez que éste pulse el botón de pánico.



Figura 5: Imagen del módulo SIM800L.

En la Fig. 6 se muestra el diagrama de conexión del hardware del Bastón para invidente propuesto.

Los sensores ultrasónicos, para la detección de obstáculos se conectan a los terminales digitales del microcontrolador, para estimular el sensor y recibir el rebote de la onda ultrasónica en el objeto. Estos se alimentan de la salida de la fuente de la placa de desarrollo Arduino Uno.

El módulo Bluetooth, HC-06, se alimenta también de la placa, y se conecta a los pines de TX-RX, declarado en el código, a través de un divisor resistivo para adecuar el rango máximo de la señal a 3.3V.

El módulo GSM/GPRS SIM 800L el Arduino se configura para que su terminal 7 se conecte al TX del módulo y el RX del módulo, a través de un divisor de tensión desde el pin 7, y el nodo RX al pin 8 del “Arduino”.

La alimentación de todo el sistema pudiera ser: por un arreglo de pilas recargables de alta corriente (como se mencionó), o un arreglo de baterías de celular.

Además se cuenta con un botón de pánico, que en caso que el invidente tenga alguna situación que no pueda resolver él, pulsará dicho botón y enviará un mensaje SMS, con su geolocalización, al celular del responsable de su custodia.

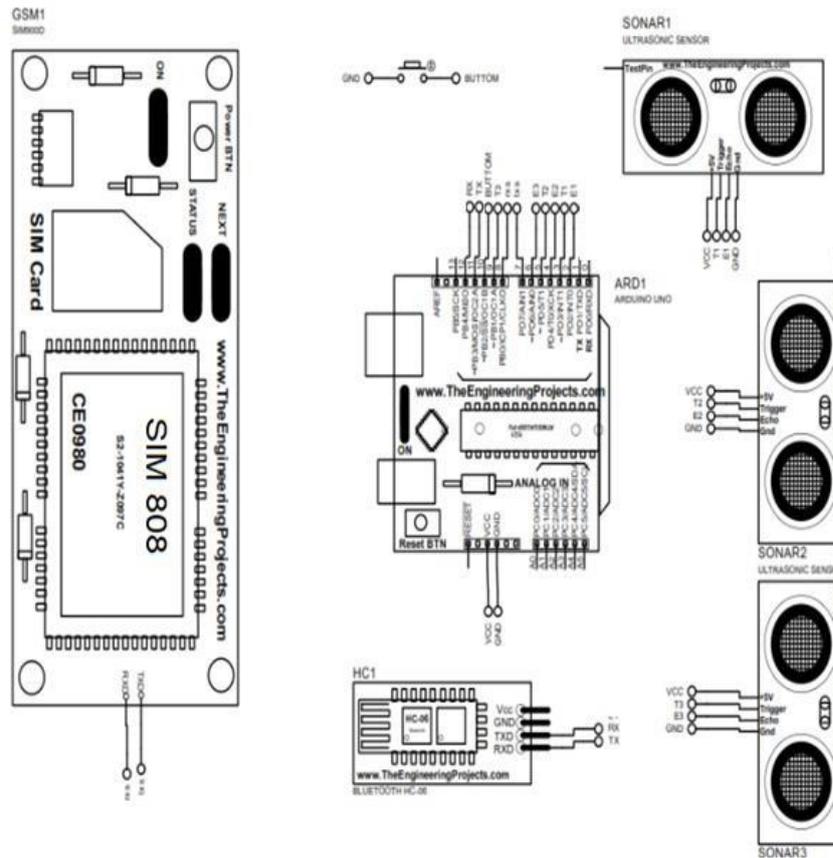


Figura 6: Diagrama de conexión eléctrica del hardware del Bastón electrónico para invidentes.

Además, en la Fig. 7 se muestra la ilustración del prototipo funcional del bastón propuesto, que es al que se realizan las comprobaciones de funcionamiento.

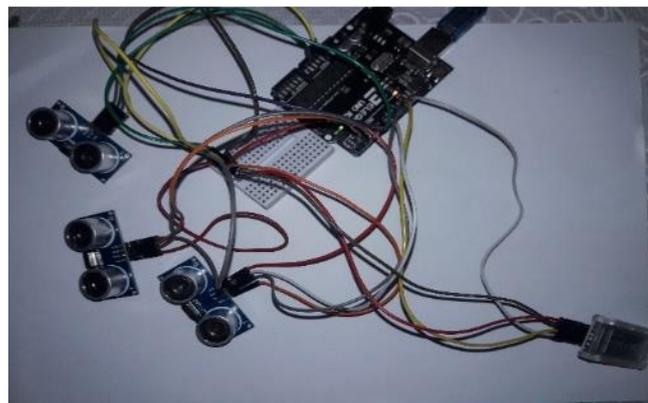


Figura 7: Prototipo funcional del bastón electrónico propuesto.

Diseño de la app

La app del DIU se hizo con App Inventor 2, creado por la colaboración Google y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés). Este programa es gratuito y se puede acceder fácilmente desde Internet, aunque se usó la versión offline. Las aplicaciones creadas con App Inventor 2 aunque

simples, permiten cubrir un gran número de necesidades y funcionalidades básicas para un dispositivo móvil.

Ya se comentó que en el móvil se brinda una notificación de voz de los obstáculos. Además, la “apk” tiene la posibilidad de enviar un SMS, al encargado del invidente, con la geolocalización, ubicada en un mapa, de este último.

Por otro lado, la “apk” del Smartphone de la persona invidente permite configurar el bastón con medidas escogidas del invidente, quedando fijadas las distancias límites de detección de los sensores. La pantalla principal contará con dos botones, uno pequeño y otro que abarca toda la pantalla. En la Fig. 8 se muestran algunas de las pantallas de la “apk” del móvil.

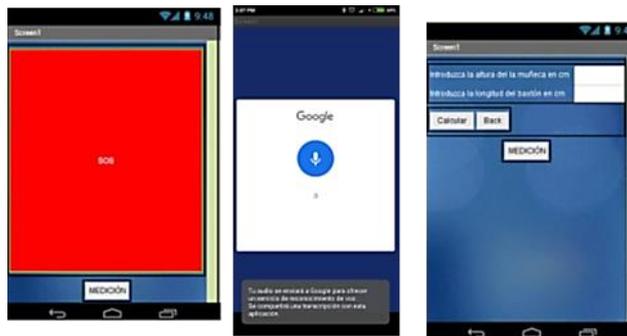


Figura 8: Pantalla principal de la app y la ventana para introducción de datos.

Con el botón pequeño se configura el bastón y una vez conectado el móvil se envían las distancias calculadas [18] al “Arduino” inalámbricamente, al igual que los comandos. El botón grande (BOTÓN DE PÁNICO) es el que se emplea para enviar el mensaje al cuidador.

El Smartphone debe tener: Bluetooth, datos móviles y GPS. En la Fig. 8 también aparecen los campos para introducir los datos. Con la activación de la app, se vincula automáticamente el Smartphone al microcontrolador. Esta le notifica por voz la posición del obstáculo más próximo al invidente, que son detectados a una distancia igual o menor de las calculadas.

3. SISTEMA DE ACCIONAMIENTOS POR COMANDOS DE VOZ

Se propone el prototipo de sistema de accionamientos eléctricos de dispositivos, y la adquisición de datos por comandos de voz. Este es un sistema mixto que pudiera utilizar cables para su interconexión con algunos sensores y actuadores y comunicación Bluetooth para la transmisión de datos y comandos entre el microcontrolador y un dispositivo Android. El sistema puede ser usado tanto como aplicación para el confort, como para una persona discapacitada.

Como antecedentes de este tipo de sistemas se tienen los sistemas de reconocimiento de voz, como el desarrollado en los años 40 por los laboratorios AT&T y Bell. Fue en 1970 cuando se desarrolló la tecnología de reconocimiento de voz en la que no requería que usuario hiciera pausas entre palabras.

Los Sistemas de Reconocimiento de Voz han tenido un avance tan importante, que actualmente se usan en las esferas de los negocios [19] y en centros de atención médica [20, 21 y 22]. El desarrollo tecnológico ha permitido que productos recientes tengan una precisión, respecto al reconocimiento, superior al 90 por ciento [21].

Los sistemas que se diseñan para intercambio con el entorno por comando de voz, deben contar con los requisitos siguientes:

- La interfaz con el usuario deberá ser de fácil manejo y con elementos básicos que garanticen la adaptación cómoda y sencilla al sistema y viceversa,
- Se deberán escoger frases cortas que se identifiquen con órdenes para intercambiar con el entorno, de manera de que se eviten los pronunciamientos deficientes u omisiones,
- Como el prototipo propuesto se ha diseñado con la intencionalidad de manejar automatismos domésticos, por lo que el sistema deberá contener elementos básicos para el control de una casa unifamiliar común.

Arquitectura general del sistema de accionamiento

El prototipo, además de contar con la interfaz-usuario descrita, cuenta con sensores, módulo de comunicación y diferentes actuadores ubicados convenientemente, según la implementación. Opta por una arquitectura centralizada, debido a que se usa la placa de desarrollo de “Arduino” como interfaz entre todos los elementos mencionados del sistema. En la figura 9 se muestra el diagrama en bloques general del prototipo que se implementó para comprobar el sistema de intercambio con el entorno usando comandos de voz desde un Smartphone.

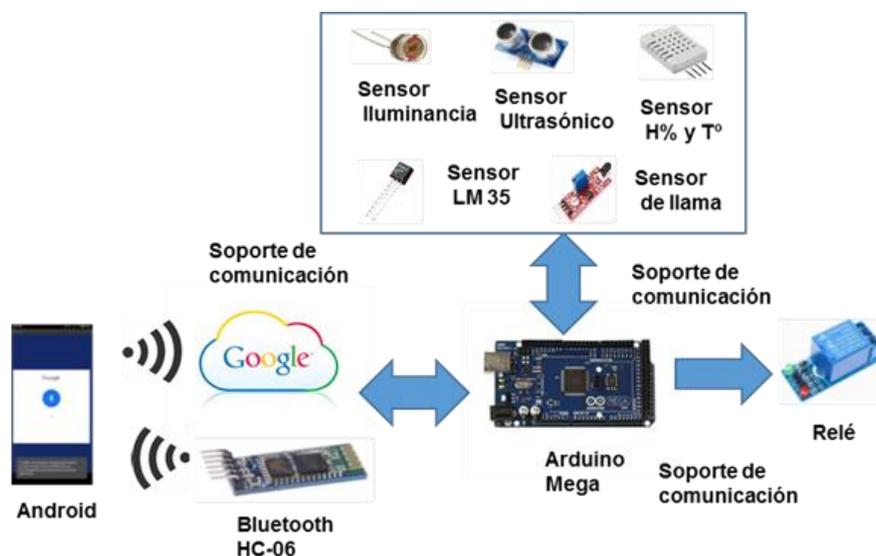


Figura 9: Diagrama general del sistema de intercambio con entorno por comando de voz.

Descripción general de los elementos del sistema de accionamiento

En el bloque de los sensores (ver Fig. 9) se muestran todos los dispositivos que se usaron en el prototipo para comprobar el funcionamiento del sistema al solicitar los datos de las variables a través de los comandos de voz. En el bloque del microcontrolador se muestra la placa de desarrollo “Arduino Mega 2560”.

Los bloques que ejemplifican los soportes de comunicación, se tiene que el modo en que se comunica el dispositivo Android con el microcontrolador está integrado por un módulo Bluetooth HC-05 o por la nube de Google, aspecto que se explica más adelante. En el caso de la comunicación entre los elementos sensores y el microcontrolador son por medio de cables, aunque pudieran ser a través de módulos inalámbricos también, en dependencia de la extensión y geometría del entorno. Lo mismo sucedería en el caso de los actuadores.

En el caso del microcontrolador, hay una gran variedad de placas de desarrollo que se pudieran usar para éste diseño y no se consumirá tiempo en describirlas todas. Lo que se hizo fue acudir a criterios existentes en la literatura especializada, acerca de las placas más comercializadas, y utilizadas en éste tipo de aplicaciones, como “Arduino” y Raspberry Pi [23 y 24,]. Además de estos criterios, se necesitó que fuera de costo reducido, sin grandes complejidades en la programación ni en el procesamiento de datos, sin la necesidad de soportar aplicaciones multimedia y tampoco se necesitó de una comunicación fuera del

entorno a que se circunscribió a través de una red. Es por todo lo anterior que se escogió una placa de desarrollo de “Arduino Mega” [25, 26 y 27].

Esta placa fue escogida por tener gran cantidad de terminales entrada/salida, lo que permitió el manejo de varios sensores y actuadores en tiempo real y simultáneamente. También admitirá una mejor escalabilidad, en caso que se desee ampliar el sistema. Por otro lado, el diseño rebasó más de 1300 bytes y la memoria que posee el “Arduino Uno” no es suficiente.

El dispositivo interfaz de usuario, deberá presentar los requisitos mínimos siguientes:

- Suficientemente sencillo para que facilite su familiarización con cualquier usuario,
- Compatible comunicacionalmente con la plataforma “Arduino”, de forma inalámbrica,
- Ser un dispositivo programable y versátil que permita la modificación y diseño de sus aplicaciones y que se adapten a las condiciones del usuario.

Dentro de los sensores escogidos se encuentra el Sensor de Iluminancia [28, 29], utilizado fundamentalmente en la detección de niveles umbrales de iluminación. Principalmente se usan las fotorresistencias (LDR) y los fototransistores. En el prototipo se usó la LDR, que además de ser un dispositivo de costo reducido, requiere de un circuito muy simple constituida por un divisor de voltaje. En la Fig. 10 se muestra una imagen de una LDR.



Figura 10: Imagen de la LDR.

El otro sensor utilizado es el sensor HC-SR04 [14], usado para la medición de distancias desde el sensor hasta un objeto determinado en un rango de 2 a 400 cm. Este sensor ya fue presentado anteriormente.

Sensor de humedad-temperatura

Existe una variedad amplia de sensores de este tipo como el LM35, el TMP36, el TC74, el DHT11 o DHT22, etc. Los dos últimos incorporan una salida digital y los dos tipos de sensores. Y por otro lado el entorno de diseño de “Arduino” presenta una librería “dht.h” que permite trabajar con toda la gama de sensores DHTXX. En la Fig. 11 se muestra el sensor DHT-11 que fue el utilizado en el diseño.

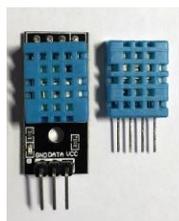


Figura 11: Sensor DHT11.

Sensor de llama

El Sensor de Llama [30] óptico, permite detectar la presencia de combustión por la luz emitida por la llama. La detección de luz es capturada por el mismo y su salida se conecta a las entradas analógicas del “Arduino”. Éste dispositivo consta de un sensor infrarrojo ajustado a 760-1100 nm, con un ángulo de detección de 60° hasta una distancia de 0.8 m. En éste caso se seleccionó el KY-026. En la Fig. 12 se muestra una imagen de este dispositivo.



Figura 12: Sensor infrarrojo KY-026.

El Relé es uno de estos actuadores. Y no es más que un interruptor que se puede activar mediante una señal eléctrica. En su versión más simple es un pequeño electro-imán que cuando se excita mueve la posición de un contacto eléctrico de conectado a desconectado o viceversa. Esto posibilita que una señal de control de poca intensidad excite a la bobina de un electro imán, y se puedan manejar cargas mayores que las que puede operar el “Arduino”.

De los relés más usados con la familia “Arduino” se seleccionó el JQC- FF-S-Z que se comercializa por 0.30 USD y es adecuado para las comprobaciones. En la Fig. 13 se muestra éste relé.



Figura 13: Relé tipo JQC- FF-S-Z.

Un motor [31, 32] fue otro de los accionamientos usados para comprobar el funcionamiento del sistema. Se utilizó un motor pequeño de CD, que pudiera ser de mayor porte, para simular la apertura y cierre de cortinas por ejemplo. En el sistema propuesto los soportes de comunicación son de dos tipos: alámbricos e inalámbricos. En la comunicación cableada se enlazan los módulos que son compatibles con la placa, lo que acelera el proceso de ensamblaje del sistema. El prototipo final sería un PCB diseñado para las funcionalidades a realizar.

La comunicación inalámbrica, en el prototipo propuesto, se realizó entre el DIU y el controlador. Como el DIU es un Smartphone con sistema operativo Android, las vías de comunicación son: datos móviles, llamadas telefónicas, mensajería instantánea, Wifi y Bluetooth. Como que la intención del sistema es manejar automatismos domésticos, se descartan las llamadas y la mensajería, aunque podrían considerarse para otras funcionalidades. Se escogió el HC-05 que puede conectarse, también, con otros dispositivos Bluetooth, por ser un módulo master y esclavo.

Diseño general de la aplicación Android usando “AppInventor”

La app permite, por medio de comandos de voz, accionar y configurar la operación de diferentes dispositivos, así como pedir las medidas de diferentes variables físicas. Se debe precisar que para que se puedan utilizar el reconocimiento del habla y el sintetizador de voz sin conexión a Internet, se deben descargar los paquetes de voz en español para ambos, en un sistema operativo Android con versión 4.1 o superior. De no cumplirse ambos requisitos, se precisará la conexión a Internet [33].

La app sólo tiene una pantalla que es un botón que cubre todo el espacio. Con sólo presionar la pantalla, en cualquier lugar de esta, el usuario interactúa con el sistema. Esto garantiza que si la persona tiene debilidad visual, no tenga problemas para pulsarla. Oprimiendo el botón, la pantalla toma los siguientes estados: color gris con el texto “BT Apagado” (dispositivo no activado), color rojo con el texto “BT no conectado” (dispositivo activo pero el Bluetooth desconectado), color azul con el texto “BT Conectado” (el Bluetooth está encendido). Las pantallas se muestran en la Fig. 14.

La última pantalla es la de reconocimiento de voz de Google. Esta se presenta cada vez que el usuario quiera interactuar oralmente con la app, lo que se realiza off line como se explicó. Con su presencia se emitirá un sonido característico indicando que se encuentra lista para captar la voz y convertirla en texto.



Figura 14: Pantallas del DIU.

En sentido general, el código del diseño del software de la aplicación transcurre por las siguientes funciones:

- Inicialización de la aplicación en el que se intenta conectar con la dirección Bluetooth almacenada.
- Si seguidamente se presiona el botón, se verifica la conexión, el estado de alguna alarma del inmueble, y la conexión del Bluetooth está efectuada. Además se verifica la cantidad de elementos emparejados, ya que el sistema pudiera conectarse a otros dispositivos esclavos.
- Luego se pasa a las posibles acciones a realizar con los comandos de voz y que llevarían a diferentes subprocesos.
- También, en un segundo plano, se ejecuta una subrutina que interroga la llegada de datos vía Bluetooth, y si estos son avisos de alarmas del microcontrolador para activar la alarma correspondiente.
- Si se presiona el botón de forma prolongada, se preguntará por el estado de las alarmas, y si hay alguna se desactivan las alarmas en el dispositivo enviando la señal a los sensores contra incendio y contra intrusos para desactivarlos.

4. CONCLUSIONES

Respecto al Bastón Inteligente se tiene:

- Se introduce la posibilidad de configurar el prototipo del bastón para cada usuario, en dependencia de algunas medidas del invidente como: altura del invidente y la altura de la muñeca respecto al suelo. También se tienen en cuenta: la longitud del bastón que se utilice y el ángulo entre sensores. En un futuro se deberá trabajar en la posibilidad de que el propio invidente pueda configurarlo conociendo las medidas requeridas.
- Se tiene la posibilidad de reproducir el prototipo y poder apoyar a la comunidad de invidentes del país.
- Los valores de los límites de detección de cada sensor, luego de calculados en el móvil, se enviarán, vía Bluetooth, hacia el microcontrolador.
- Ya se comprobó la posibilidad de que, una vez presionado el botón de pánico, usando el sensor de ubicación del propio móvil del invidente, se envíe su geolocalización al cuidador, eliminándose el dispositivo GSM/GPRS, disminuyendo el consumo de potencia y el costo del bastón.

Respecto al prototipo de comando de voz para accionamientos se tiene:

- No es necesario estar conectado a Internet para lograr los accionamientos eléctricos, o la solicitud de variables ambientales, por ejemplo, o estados de eventos, a partir de peticiones de voz.
- Es importante poder socializar éste caso de estudio para propiciar su uso tanto como posibilidad de confort en un inmueble, por ejemplo, como de apoyo a personas con discapacidades motoras o visuales.
- Se obtuvo un prototipo, modular, escalable, flexible y de costo reducido con posibilidades de reproducción.

REFERENCIAS

- [1] OMS: “10 datos sobre ceguera y la discapacidad visual.” Agosto de-2014.
- [2] American Foundation for the Blind: “Key Definitions of Statistical Terms.” Sep-2008.
- [3] N. CDC: “Barreras para las personas con discapacidades. Las discapacidades y la salud.” 14-Oct-2017.
- [4] S. Y. Kim and K. Cho: “Usability and design guidelines of smart canes for users with visual impairments,.” International Journal of Design, vol. 7, pp. 99–110, de Abril de 2013.
- [5] B. de la Osa and D. H. Booster: “Service Dogs in Cuba,.” La Voz: Northern California’s Foremost Bilingual Newspaper, 15-agosto-2011.
- [6] P. Strong: “The History of the white cane.”
- [7] Unión Latino Americana de Ciegos: “Manual técnico de servicios de rehabilitación integral para personas ciegas o con baja visión en américa latina,.” 2000.
- [8] Phoenix Medical Systems: “SmartCane Phoenix.”
- [9] The academia-NGO- Industry partnership, Assistive Technologies Group (Assistech), Indian Institute of Technology Delhi, Saksham Charitable Trust, and Phoenix Medical, consultado en julio de 2019.
- [10] NevonProjects: “Ultrasonic Blind Walking Stick.” 2016.
- [11] K. Kanagaratnam: “Smart Mobility Cane: Design of Obstacle Detection,.” McMaster, McMaster University Hamilton, Ontario, 2009.
- [12] C. Jacquet, Y. Bourda, and Y. Bellik: “A Context-Aware Locomotion Assistance Device for the Blind,.” in the 18 British HCI Group Annual, London, UK, , pp. 315–328 2004.
- [13] T. Eric: “Infrared vs. ultrasonic – What you should know,.” Society of Robots – Robot Forum. 27-Jun-2008.
- [14] ElecFreaks: “Ultrasonic Ranging Module HC – SR04.”
- [15] “Arduino Uno REV3.” 2019.
- [16] “330ohms”: “Bluetooth, clases y versiones desde v1.0 hasta v5.0,.” 330ohms, 02-Feb-2017. .
- [17] Lastminuteengineers: “everything about SIM800L.” 2019.
- [18] Roche Marín: Bastón inteligente para impedidos visuales con atmega328p empleando dispositivos Android. Diseño e implementación, Trabajo de diploma, CIME, Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, 2019.
- [19] «El reconocimiento de voz será la nueva estrella del Marketing», PuroMarketing. [En línea]. Disponible en: <https://www.puromarketing.com/13/31682/reconocimiento-voz-sera-nueva-estrella-marketing.html>. [Accedido: 04-jun-2019].
- [20] «Dragon Medical soluciones de voz y dictado para médicos I Nuance.es», Nuance Communications. [En línea]. Disponible en: <https://www.nuance.com/es-es/healthcare/physician-and-clinical-speech/dragon-medical.html>. [Accedido: 04-jun-2019].
- [21] «INVOX Medical: la solución definitiva para dictar informes médicos», INVOX Medical. [En línea]. Disponible en: <https://invoxmedical.com/>. [Accedido: 04-jun-2019].
- [22] «Consejos, La Historia de la Tecnología de Reconocimiento de Voz». [En línea]. Disponible en: <https://www.lumenvox.com/espanol/resources/tips/historyOfSpeechRecognition.aspx>. [Accedido: 29-may-2019].
- [23] «Lombad Box, una microcomputadora hecha en Cuba por emprendedores», Cubanet, 22-mar-2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.cubanet.org/tecnologia-2/lombad-box-una-microcomputadora-hecha-en-cuba-por-emprendedores/>. [Accedido: 09-may-2019].
- [24] H. Heykel Hernández, y otros, “Monitoreo ambiental en tiempo real acrítico mediante red inalámbrica de sensores”, Revista Telemática, vol. Vol. 17., n.o No. 1, pp. 42-55, abr-2018.
- [25] «Manuales y guías de Arduino en PDF», Manuales y guías de Arduino en PDF, consultado en julio de 2019.
- [26] «Detector de llama con Arduino y sensor infrarrojo», Luis Llamas, en: <https://www.luisllamas.es/detector-llama-arduino/> julio de 2016.
- [27] Designthemes: «Arduino y los Relés | Tienda y Tutoriales Arduino» en: <https://www.prometec.net/relés-s4a/>, julio de 2019.
- [28] F.F. Ivón, “Adquisición, procesamiento y monitorización de señales vía Xbee en el entorno Labview”, Trabajo de fin de grado en Electrónica y Automática, Escuela de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco, 2018.

- [29] M. M. Diana, “Diseño e implementación de un prototipo a escala para evaluar estrategias de control de un sistema de iluminación de interiores”, Facultad de Ingeniería, Departamento de Automática y Electrónica, Universidad Autónoma de Occidente, 2018.
- [30] P. V. Mayra P., “implementación de un prototipo de sistema inteligente para detección y extinción de flama basado en la norma nfpa 72 mediante tecnologías de bajo costo”, Trabajo de Titulación, Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación, Universidad de La Tacunga, 2019.
- [31] «B Blesiya 10 Unidades Mini 1-6v Pequeño 130 DC Motores de Vehículos Robóticos con 4 Ruedas: Amazon.es: Amazon.es». [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/Blesiya-Unidades-Peque%C3%B1o-Veh%C3%ADculos-SÍNTESIS_CURRICULARES_DE_LOS_AUTORES_Rob%C3%B3ticos/dp/B07JCKNQ15/ref=sr_1_55?keywords=motor+dc+5v&qid=1559144951&s=gateway&sr=8-55. [Accedido: 29-may-2019].
- [32] S. G. Sawan, “Análisis, caracterización y calibración de sensores de bajo coste para Arduino”, Trabajo de fin de grado, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de la Laguna, 2018.
- [33] «B Blesiya 10 Unidades Mini 1-6v Pequeño 130 DC Motores de Vehículos Robóticos con 4 Ruedas: Amazon.es: Amazon.es». [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/Blesiya-Unidades-Peque%C3%B1o-Veh%C3%ADculos-SÍNTESIS_CURRICULARES_DE_LOS_AUTORES_Rob%C3%B3ticos/dp/B07JCKNQ15/ref=sr_1_55?keywords=motor+dc+5v&qid=1559144951&s=gateway&sr=8-55. [Accedido: 29-may-2019].

SOBRE LOS AUTORES

Dr. C. Juan Carlos Cruz Hurtado PhD, Ingeniero electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor titular del Centro de Investigaciones en Microelectrónica (CIME) de Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, La Habana, Cuba, juan.cruz@cime.cujae.edu.cu y sus principales intereses de investigaciones son en el área de los sistemas electrónicos de adquisición inalámbricos. El número ORCID es: 0000-0001-9428-0856.

David Rodríguez Ramírez, Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica, graduado de Ingeniero en la facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones y Electrónica en la Universidad Tecnológica de la Habana, Cujae, en el año 2019. En la actualidad trabaja en la empresa CUPET en la provincia de Matanzas.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses de los autores ni de las instituciones a las cuales pertenece en relación al contenido del artículo aquí reflejado.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- **Autor 1:** 70%
- **Autor 2:** 30%

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de hacer disponible gratuitamente investigación al público. Los contenidos de la revista se distribuyen bajo una licencia “Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License”. Se permite la copia y distribución de sus manuscritos por cualquier medio, siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores y no se haga uso comercial de las obras.

