



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Edwin Vinicio Altamirano Santillán¹; Juan Carlos Cruz Hurtado²; Víctor Escartín Fernández³;

Wilson Zúñiga Vinuesa⁴; Jose Luis Morales Gordon⁵

1 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica,
Riobamba;

email: ealtamirano@epoch.edu.ec

2 Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría", Centro de Investigaciones en Microelectrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, La Habana

email: juankacruzhurtado@gmail.com

3 Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría", Centro de Investigaciones en Microelectrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, La Habana

email: victor.escartin@electronica.cujae.edu.cu

4 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica,
Riobamba;

email: wzuniga@epoch.edu.ec

5 Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Informatica y
Electronica,Riobamba;

email: j_morales@epoch.edu.ec

RESUMEN

Una discapacidad física se la puede definir como un impedimento, resultante de una imposibilidad que limita o impide el desempeño motor de la persona afectada. Esto significa que la afectación está presente en los brazos o las piernas, o ambos.

La presente investigación busca desarrollar un sistema electrónico para la activación de eventos físicos que ayude a personas con limitaciones motoras a proporcionar independencia y a mejorar su calidad de vida, con el uso de un estándar de comunicación inalámbrica de bajo costo.



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

Para su desarrollo se emplearon elementos hardware, como el sensor de aceleración ADLX 335, la placa de desarrollo Arduino UNO. Se desarrolló un software, con el IDE de Arduino que permite gestionar el dispositivo desarrollado e identificar movimientos voluntarios e involuntarios.

De la evaluación realizada se determina que el diseño del sistema permite con ligeros movimientos del antebrazo o de la pierna se controle eventos físicos, constituyéndose en una herramienta de ayuda a las personas con discapacidad motora para que puedan realizar actividades que anteriormente no eran posibles aumentando su independencia.

Palabras claves: Control de eventos físicos, comunicación inalámbrica, limitaciones motoras, placas de desarrollo, sensor de aceleración, sistema electrónico de asistencia.



Design of an electronic system for activating physical events using wireless communication for people with motor impairment

ABSTRACT

A physical disability can be defined as an impairment, resulting from an incapability that limits or prevents the motor skills performance of the affected person. This means that the impairment is present in the arms, legs, or both.

This research aims at developing an electronic system for the activation of physical events to help people with motor skills impairments to develop independence and better quality of life, through the use of a wireless communication low-cost standard.

For its development, hardware elements such as acceleration sensor 335 ADLX and the UNO Arduino development board were used. Software was developed with Arduino's IDE, which allows management of the developed device and to identify voluntary and involuntary movements.

Assessment determined that the design allows control of physical events through slight movements of the forearm or leg, becoming a tool to help people with motor disabilities to perform activities that were previously not possible, increasing their independence

Keywords: Physical events control, wireless communication, motor disabilities, development boards, acceleration sensor, electronic assistance system.



1. INTRODUCCIÓN

La evolución de los dispositivos electrónicos, o el hardware en general, asociados a los programas, en la actualidad se constituyen en herramientas de ayuda poderosa de gran utilidad en casi todas las esferas de la vida cotidiana moderna.

Los dispositivos electrónicos vienen a reemplazar la mayoría de actividades motoras del ser humano, sobre todo en personas que sufren de alguna discapacidad física [(Youngmarketing.co, 2013)]. Así se puede encontrar en el mercado mundial diferentes equipos y modelos de sillas de ruedas, de prótesis para manos y brazos, de difícil acceso por sus altos costos en nuestro medio, siendo éste el limitante que imposibilita su adquisición sobre todo en hogares de bajo estatus sociales. Luego de la investigación bibliográfica realizada se desconoce de la existencia de sistemas electrónicos parecidos o similares al propuesto en esta investigación, que se esté desarrollado en el país.

Según el instituto ecuatoriano de estadistas y censos (INEC), en el Ecuador las personas que sufren discapacidades físicas momentáneas o permanentes es de 816.156, que corresponde al 5,63% de la población total [(CONADIS, 2010)], lo que conlleva a considerar que es un grupo representativo de la población que requiere un atención personalizada por sus limitaciones motoras. Se destaca la necesidad de disponer de un sistema electrónico inalámbrico que permita activar eventos físicos dentro del hogar utilizando un estándar de comunicación inalámbrica para ayudar a personas con limitaciones motoras.

En base a estudios se identifica la necesidad de desarrollar un sistema electrónico inalámbrico no existente en el mercado y de bajo costo, para personas con limitaciones motora, como herramienta de ayuda para mejorar sus condiciones de vida. La investigación busca implementar un sistema electrónico para detectar el sentido de movimiento que permita activar los eventos físicos utilizando un estándar de comunicación inalámbrica y plantea la utilización de un transductor que mide el sentido de movimiento de los ejes para la activar eventos físicos.



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

El diseño propuesto basa su funcionamiento en el uso del sensor de aceleración que es un dispositivo de baja potencia entre el rango de los micros o mili watts, con una tensión de alimentación menores o iguales a 5 Voltios. Mide la variación de velocidad, generado por el cambio de posición [(ZAPATA, 2014)].

2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

El sistema electrónico diseñado se compone de dos módulos hardware y software que en conjunto permiten cumplir con los requerimientos propuestos para esta investigación, cuyos elementos que se detallan más adelante.

2.1 Concepción general del sistema electrónico

Dentro de los requisitos que debe presentar el diseño está el de fácil instalación y operación, debido al sector poblacional al que va dirigido. Además de que el diseño propuesto debe prescindir de conexiones cableadas y del menor uso de dispositivos adicionales, para facilitar la interacción del sistema con la persona con discapacidad motora a través de un diagrama en bloques de los módulos concebidos. Dentro de los requisitos que debe presentar el diseño está el de fácil instalación y operación, debido al sector poblacional al que va dirigido. Además de que el diseño propuesto debe prescindir de conexiones cableadas y del menor uso de dispositivos adicionales, para facilitar la interacción del sistema con la persona con discapacidad motora. La concepción general del sistema electrónico se aprecia en la figura 1, a través de un diagrama en bloques de los módulos concebidos.



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

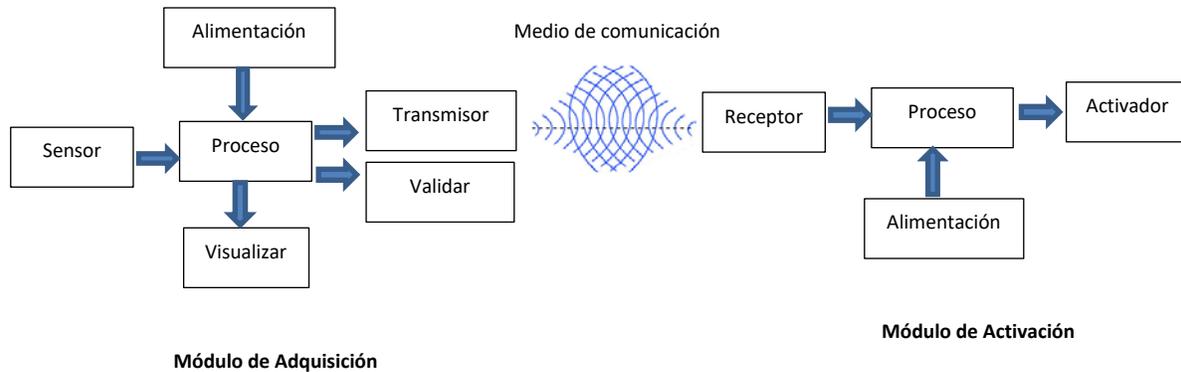


Figura 1 Diagrama de bloques de los módulos del sistema electrónico.

Fuente: Grupo de investigación.

El módulo de la izquierda de la figura 1, que es módulo de adquisición, se encarga de captar la información suministrada por el bloque sensor. Este bloque sensor está constituido por un sensor de aceleración. En el bloque “Proceso” (ver figura 4), se realiza el procesamiento por medio de una placa “Arduino UNO”. Mediante el bloque transmisor, la información procesada, es enviada por medio de comunicación inalámbrica hacia el módulo de activación.

El segundo módulo (derecha de la figura 1) es el de “Activación”, que contiene un bloque receptor que se encarga de tomar la señal enviada por el transmisor, la que será procesada por el bloque “Proceso” de este mismo módulo. Igualmente, este bloque proceso está constituido por una placa “Arduino Uno”. El bloque “Proceso”, del Módulo de Activación, en dependencia de los resultados, emitirá las señales correspondientes al bloque activador que determinará la ocurrencia de un evento físico.

El bloque de alimentación para el sistema, por su naturaleza, se divide en dos de iguales características que son aplicados a los módulos de forma independiente.



2.2 HARDWARE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

A continuación, se detalla los elementos electrónicos y esquemas de diseño del sistema desarrollado, que se ajustan a la concepción propuesta.

Bloque De Proceso.- Para los dos módulos el componente principal es una placa de desarrollo Arduino UNO, basada en el microcontrolador ATmega328. Dicha placa cuenta con 14 terminales que pueden actuar como entradas o salidas digitales, de las cuales seis se pueden utilizar como salidas de modulación por ancho de pulsos (PWM). Dispone de seis terminales de entradas analógicas, incluye un reloj de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un pulsador de reseteo [(EVANS, 2007)]. En la imagen de la figura 2 se detalla la estructura de la placa de desarrollo Arduino UNO.

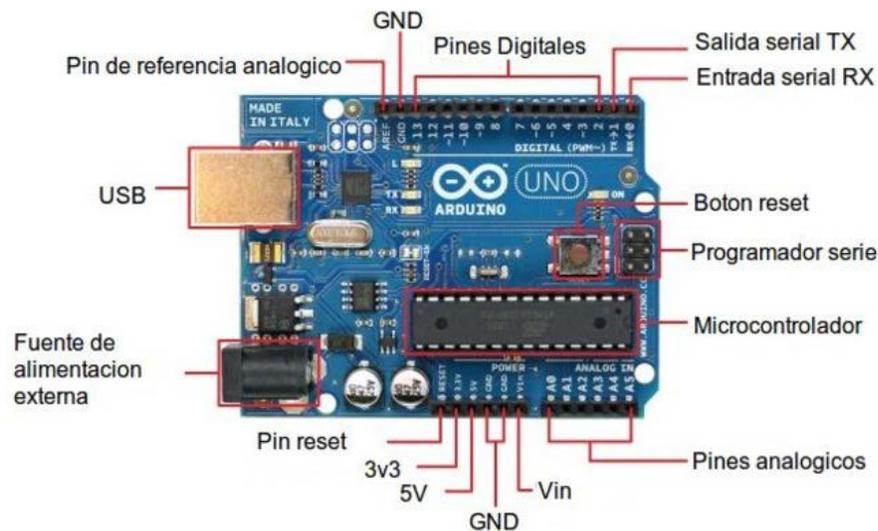


Figura 2 Estructura de la placa de desarrollo Arduino UNO.

Bloque Sensor.- Está compuesto de un acelerómetro ADLX335 desarrollado por la empresa Analog Devices. Permite la medición de velocidad o desplazamiento del movimiento que realiza el antebrazo. La determinación de las formas de onda y frecuencia está determinada por la tensión de salida del sensor, la misma que se incrementa linealmente a medida que se realiza un movimiento, de manera que se tiene en la salida 0V a -3G y 3.3V a 3G [(335)].



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

Las aceleraciones con estos sensores se suelen medir utilizando la unidad "G" gravedad, que es la unidad de referencia de la aceleración gravitatoria de la tierra de 9.81m/s^2 .

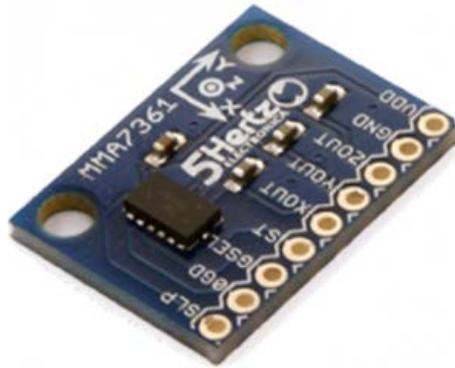


Figura 3 Sensor de aceleración ADLX 335.

Bloque Visualizar. - Es el encargado de presentar la información procesada que representa el sentido de movimiento en tres ejes y los valores de activación del evento. Donde un eje representa una dirección en el espacio, con los dos ejes se puede medir un plano y con los tres ejes se mide todo el espacio tridimensional. El bloque lo constituye un LCD de veinte caracteres por cuatro líneas.

Bloque Validar. - Es el encargado de verificar que los valores entregado por el sensor de aceleración y enviada por el transmisor son recibidos, sin perdida por el receptor, siendo indicada por medio de leds.

Bloque Transmisor Y Receptor. - La transmisión de la información se realiza por medio de un estándar de comunicación inalámbrica en una sola frecuencia, permitiendo la comunicación entre el módulo de Adquisición y el de Activación. La comunicación se realiza por la frecuencia de 433 MHz, con los módulos de transmisión MX-FS-03V y recepción MX-JS-05V cuyo fabricante es Wenshing Electronics.

Bloque Activador. - Permite activar el evento físico como el encendido o apagado de una lámpara, radio, luz, televisión o señal de alerta, mediante un relé que es energizado por medio de una tensión, suministrado por el módulo de recepción, el relé se activará. En la figura 4 se



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

muestra el módulo cuyo fabricante es SONGLE RELAY, el que permite el control de cuatro eventos cuyo diagrama eléctrico se muestra en la figura 5 b.

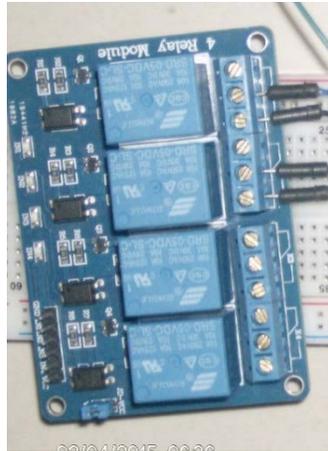


Figura 4 Módulo relé

Bloque Alimentación. - La alimentación, para los módulos de Adquisición y de Activación, se la realiza por medio de una batería de litio recargables de 8.4 voltios que se conecta a cada módulo.

Los esquemas de conexión de los módulos implementados se detallan en la figura 5. En la figura 5.a. se aprecia el esquema del módulo de adquisición y en la figura No. 5.b. se aprecia el esquema del módulo de activación.

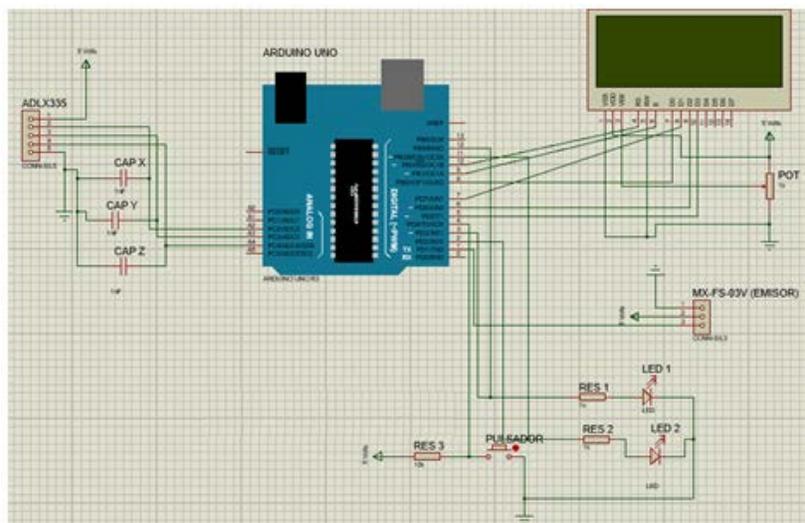


Figura 5.a Esquema del módulo de Adquisición



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

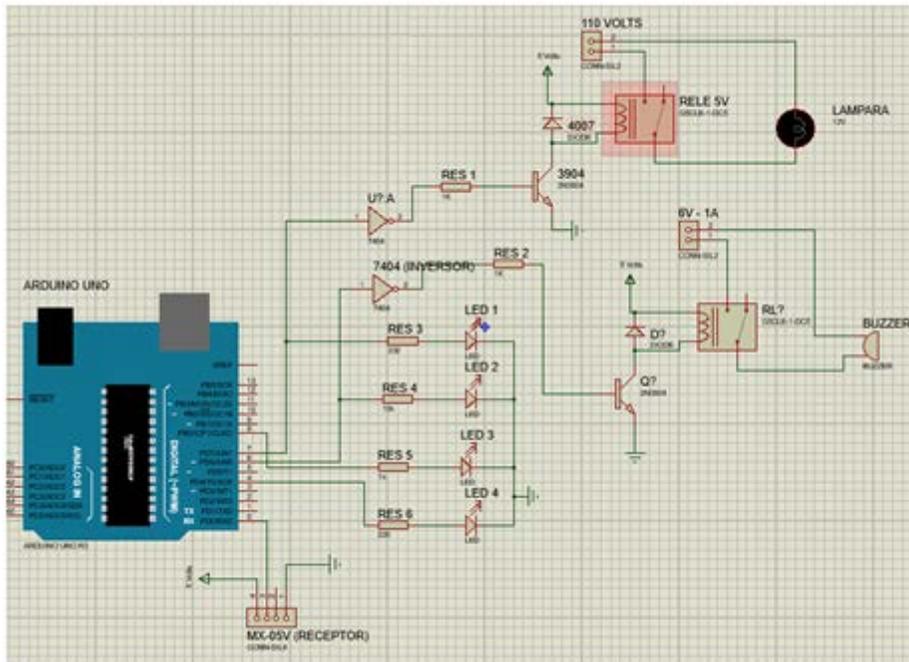


Figura 5.b Esquema del módulo de Activación

La figura 6 muestra los módulos del sistema electrónico implementado. En la figura 6.a se presenta el módulo de adquisición y en la figura 6.b. se aprecia el módulo de activación.

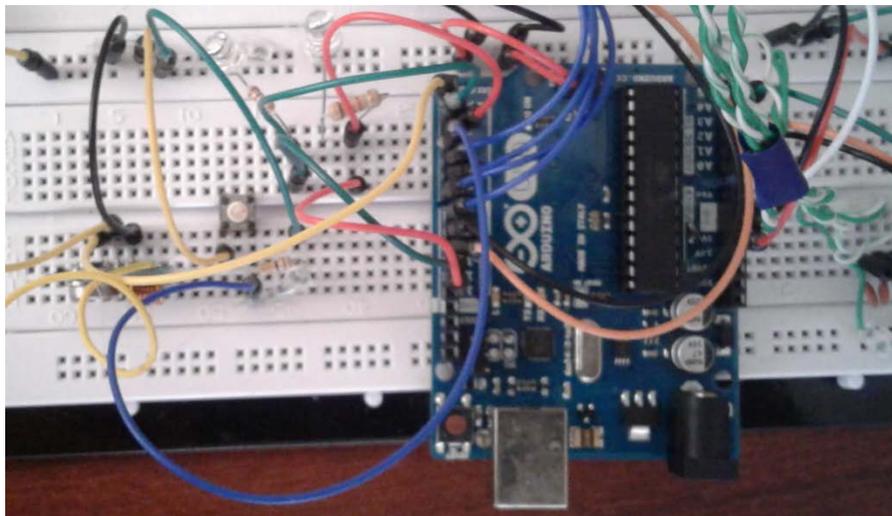


Figura No. 6.a Módulo de Adquisición



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

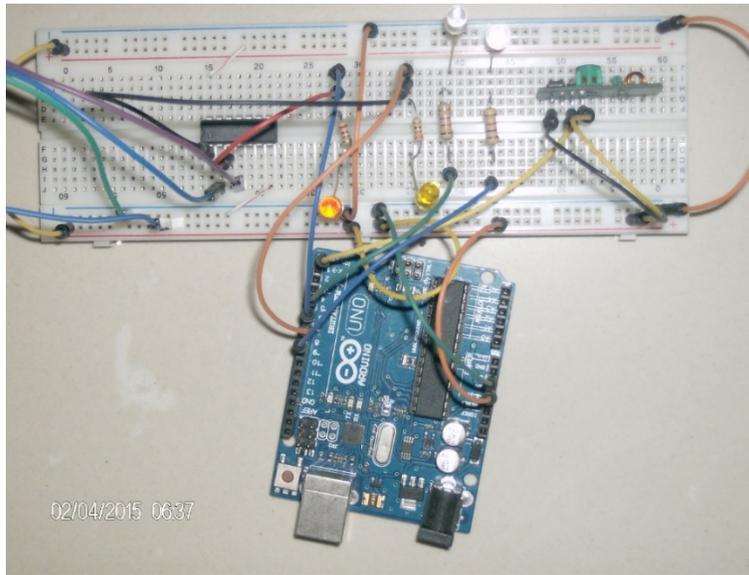


Figura 6.b. Módulo de Activación

Software Del Sistema Electrónico. - Está desarrollado bajo el IDE (Integrated Development Environment por sus siglas en inglés) de Arduino versión 1.0.5-r2, con programación estructurada parecida al lenguaje C. Se utilizó bibliotecas estándares asociadas a los dispositivos electrónicos y a la comunicación empleada. Para su programación se trabajó con funciones, considerando una interfaz amigable que facilite el manejo en cada uno de los módulos del sistema electrónico.

La programación se basa en las características básicas de la placa Arduino Duemilanove en donde se muestran las principales consideraciones para realizar la programación (Manual de Programación de Arduino).

Software del Módulo de Adquisición. - Es el encargado de gestionar la lectura del sensor, procesarla, establecer y supervisar la comunicación para la transmisión de la información. Excluye los movimientos involuntarios de aquellos que generan la información que permiten activar el evento físico. A su vez visualiza la información transmitida en el LCD e indicar el estado de la comunicación en leds. El diagrama de flujo general del software se lo puede apreciar en la figura 7.

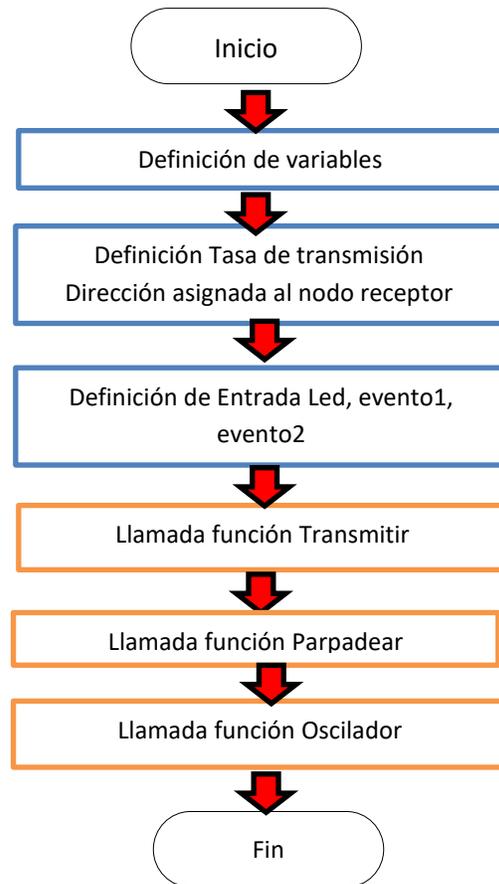


Figura 7 Diagrama de flujo del software del módulo de adquisición

Software Del Módulo De Activación. - Es el encargado de establecer y mantener la comunicación entre los módulos, tomar la información recibida por el módulo de radiofrecuencia, procesarla e identificar la orden y el evento físico en el cual actuara. Como elemento adicional y por seguridad mantiene un segundo filtro que identifica los movimientos involuntarios de los voluntarios. El diagrama de flujo general del software se lo puede apreciar en la figura 8.

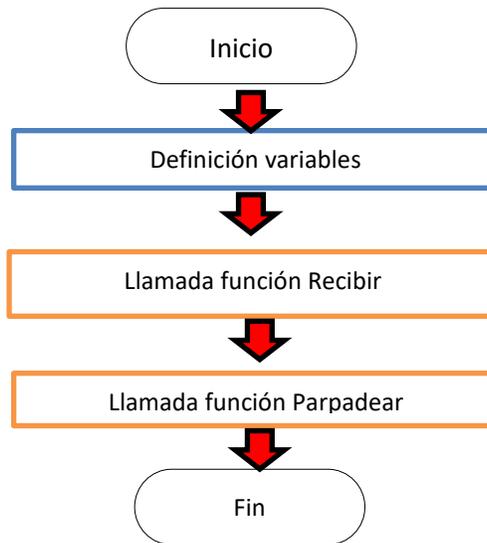


Figura 8 Diagrama de flujo del software del módulo de activación

3. RESULTADOS

Las pruebas del sistema electrónico desarrollado se realizaron comparando sus resultados con los obtenidos de la APPS accelerometer monitor que es una aplicación gratuita para Android (Tools, s.f.). Permiten obtener valores de movimiento en tres ejes, que son registrados por el acelerómetro del dispositivo móvil. Las pruebas consistieron en comparar los valores XYZ obtenidos del dispositivo móvil y del módulo de Adquisición, en diferentes periodos de tiempo. Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

3.1 Caracterización De Las Mediciones Del Sensor.- Las pruebas consistieron en colocar el dispositivo electrónico y el equipo móvil en un plano con 10 posiciones con diferentes ángulos de inclinación considerando los ejes XYZ, se tomaron 10 muestras y sus resultados se aprecian en la tabla No. 1.



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

Tabla No.1 Valores obtenidos en las pruebas del sensor de aceleración y el dispositivo móvil con la APP

No. Prueba	Acelerometer Monitor en grados			Sensor de aceleración ADLX 335 en grados			Error absoluto en grados		
	Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje	Eje	Eje
							X	Y	Z
1	97,29	97,40	130,32	97,62	98,17	130,58	0,33	0,77	0,26
2	82,14	116,68	215,93	82,24	117,53	216,62	0,10	0,85	0,69
3	80,03	67,45	253,62	80,91	67,60	254,08	0,88	0,15	0,46
4	91,14	155,17	169,69	92,13	155,49	169,75	0,99	0,32	0,06
5	86,27	64,75	297,58	86,37	65,22	297,98	0,10	0,47	0,40
6	105,39	164,29	300,43	105,94	164,40	301,25	0,55	0,11	0,82
7	76,36	127,99	224,38	76,81	128,30	224,77	0,45	0,31	0,39
8	107,47	75,04	204,63	107,58	75,83	204,97	0,11	0,79	0,34
9	102,22	62,46	100,29	102,23	63,17	100,67	0,01	0,71	0,38
10	86,35	69,84	121,02	86,78	70,66	121,63	0,43	0,82	0,61

Del análisis correspondiente, de la tabla No. 1, se determinó que el error absoluto máximo en el eje X=0,99° en el eje Y=0,85° y en el eje Z=0,82° siendo valores menores a un grado, que no afectan al prototipo desarrollado y cumple con los requerimientos planteados en la investigación

3.2 Pruebas De Comunicación. - Las pruebas consistieron en establecer la distancia máxima de comunicación, sin pérdida de datos, entre los dos módulos que constituyen el sistema electrónico desarrollado, la comprobación de la transmisión recepción se realizó supervisando los módulos por medio de un computador conectado al puerto USB y alejándolos.

De las pruebas realizadas se determina que la distancia de comunicación máxima sin obstáculos es de 9 metros, al ser alimentado el transmisor y receptor con 3.3 Voltios. Lo que



demuestra que el sistema cumple con los requerimientos establecidos para su funcionamiento.

3.3 Pruebas De Funcionamiento De Sistema Electrónico. - Consistieron en registrar el movimiento del antebrazo con respecto al húmero, en el cual se define un sistema de coordenadas acordes a su movimiento, donde el sensor de aceleración mide la posición con respecto a los ejes XYZ. Las pruebas fueron aplicadas a 10 personas de edades comprendidas entre 12 a 52 años, luego de la capacitación sobre su manejo, se solicitó en forma aleatoria el activar uno de los dos eventos.

Como resultado se obtuvieron que Los rangos de valores medidos para la activación del evento físico están dados para el eje $X \geq 100$ y $X \leq 170$ y en el eje $Y \geq 140$ y $Y \leq 245$, sin considerar los valores del eje Z. Para la activación del segundo evento los valores de los ejes van entre 55 y 90 para Y, de 20 a 49 para el eje Z, descartado los valores del eje X.

La figura 9 se muestra la manera de implantar los dispositivos en el antebrazo de la persona que utilizara. Los resultados obtenidos en estas pruebas destacan la activación a voluntad de los eventos deseados. Lo que demuestra que el diseño cumple con los objetivos planteados en la investigación.



Figura 9. Implantación de los dispositivos en el antebrazo en etapa de pruebas

4. CONCLUSIONES

Se diseñó e implementó un sistema electrónico a bajo costo y de fácil instalación, que permite la activación de eventos físicos y utiliza comunicación inalámbrica de radiofrecuencia que pretende ser una herramienta de ayuda para personas con discapacidad motora.



Diseño de un sistema electrónico de activación de eventos físicos utilizando comunicación inalámbrica para personas con limitación motora

Revista Publicando, 4 No 10. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

Se comprobó que el sistema diseñado es capaz de medir los movimientos producidos por el antebrazo con errores absolutos máximos a un grado. Se ajusta a los requerimientos de diseño previsto para esta aplicación.

De las pruebas realizadas para la comunicación por RF entre los módulos de adquisición y activación se determinó que tiene un alcance de hasta 9 metros en ambiente libre sin obstáculos, con una alimentación de 3.3 V.

Como resultado se obtuvieron que Los rangos de valores medidos para la activación del evento físico están dados para el eje $X \geq 100$ y $X \leq 170$ y en el eje $Y \geq 140$ y $Y \leq 245$, sin considerar los valores del eje Z.

El crecimiento del sistema electrónico está determinado por el número de actuadores que se incorpore para el control de eventos físicos y la delimitación en la programación del ángulo que lo activará.



5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

335, A. (s.f.). ADLX 335 Analog Devices [en línea]. [ref. mayo 2015]. Disponible en web: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/adx1335.pdf>

CONADIS. (2010). CONSEJO NACIONAL DE IGUALDAD DE DISCAPACIDAD [en línea]. [ref. mayo 2015]. Disponible en web: <http://www.riicotec.org/InterPresent1/groups/imserso/documents/binario/ecuadoreugeniopeaherrera.p>

EVANS, B. (2007). Arduino Programing Notebook [en línea]. [ref. junio 2015]. Disponible en web: http://playground.arduino.cc/uploads/Main/arduino_notebook_v1-1.pdf

Manual de Programación de Arduino. (s.f.) [en línea]. [ref. julio 2015]. Disponible en web: http://dfists.ua.es/~jpomares/arduino/page_05.htm

SlideShare. (s.f.). Coeficiente de variación [en línea]. [ref. julio 2015]. Disponible en web: <http://es.slidshare.net/cristina1994/coeficiente-de-variacion-15645016>.

Tools, M. (s.f.). Google Play [en línea]. [ref. febrero 2016]. Disponible en web: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lul.accelerometer&hl=es>

Youngmarketing.co. (2013). Tecnología asistida para personas con discapacidad motora [en línea]. [ref. marzo 2016]. Disponible en web: <http://www.youngmarketing.co/tecnologia-asistiva-para-personas-con-discapacidad-motora/>

ZAPATA, C. (2014). SENSOR DE ACELERACIÓN. Barcelona, España, 120-150pp.