

# Accesorio de registro de actividades e indicador de desvanecimientos para casco de seguridad.

J. A. Acevedo Lozano<sup>1</sup>, J. Jara Jimenez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante, Universidad Politécnica de Chiapas, Suchiapa, México.

<sup>2</sup>Docente, Universidad Politécnica de Chiapas, Suchiapa, México.

[183190@ib.upchiapas.edu.mx](mailto:183190@ib.upchiapas.edu.mx)

[jjara@ib.upchiapas.edu.mx](mailto:jjara@ib.upchiapas.edu.mx)

**Abstract**—The possibility of having accidents related to the head area is implicit in work activities, so it is important to wear safety helmets during work activities, although safety helmets can protect from direct impacts, they are not capable of absorbing the totality of the forces generated from the accident, the prototype developed is focused on recording the accelerations absorbed by the head and generating an audible and visual alert if the recorded accelerations are capable of generate an injury to the brain.

**Palabras clave**—Aceleración, accidente de trabajo, casco de seguridad, desvanecimiento.

## I. INTRODUCCIÓN

Las actividades diarias que se realizan en el entorno laboral exponen a los trabajadores a un nivel de riesgo, asociado al desempeño de su labor.

El instituto mexicano del seguro social registro en 2018 que el 11.6% de los accidentes de trabajo y el 44% de las defunciones por riesgo de trabajo, de acuerdo a la naturaleza de la lesión fueron lesiones vinculadas con la región de la cabeza [1], resaltando la importancia de proteger esta región anatómica de los riesgos implícitos en la actividad laboral.

Una de las patologías relacionadas con las caídas y los golpes en la cabeza es la pérdida de conciencia, definida como, el paso del estado consciente del individuo que tiene conocimiento exacto y reflexivo sobre sí mismo y su entorno a un estado en el que carece de capacidades de percepción y reacción. La etiología más frecuente que puede causar pérdida de conciencia es el traumatismo craneoencefálico, por accidente u otra causa. Las etiologías no traumáticas pueden ser las alteraciones metabólicas o intoxicaciones, parada cardiorrespiratoria, infecciones intracraneanas y los ataques epilépticos prolongados [2].

La cantidad de dispositivos dedicados a la seguridad y bienestar del trabajador en el mercado, es reducida, en específico en la seguridad frente a golpes en la cabeza, se reduce a los cascos de trabajo y cascos con protección facial o auditiva. Los cascos de seguridad solo reducen el impacto evitando el contacto directo de objetos punzantes con la cabeza, sin embargo la cabeza continua absorbiendo las fuerzas mecánicas generadas por el accidente, esta aceleración puede producir traumatismos craneoencefálicos posteriores al impacto.

El traumatismo craneoencefálico o por sus iniciales TCE, se define como una lesión física o deterioro funcional del contenido craneal debido al impacto o las fuerzas de expansión sobre el cráneo generando el intercambio brusco de energía mecánica sobre el cerebro debido a las aceleraciones o desaceleraciones repentinas [3]. El TCE es una condición frecuente y delicada en áreas hospitalarias y prehospitales; la vigilancia epidemiológica en México reporta que la tercera causa de muerte (por delante dolencias cardiovasculares y cáncer), con un registro de 35,567 defunciones, representando una mortalidad de 38.8 por cada 100 mil habitantes [4].

Por la naturaleza del TCE aunado al nivel de gravedad que puede afectar el encéfalo y la medula espinal, lo que pone en riesgo la vida y las capacidades motoras de las personas [5], debido a eso es de gran importancia que los pacientes que presenten cualquier tipo de TCE deben ser evaluados y tratados de manera inmediata con el fin de impedir o reducir la lesión irreversible del sistema nervioso.

El accesorio de registro de actividades e indicador de desvanecimientos consiste en un accesorio para cascos de seguridad clase C (conductor) [6] capaz de detectar el desvanecimiento del personal obrero durante su jornada laboral y si este fue causado por una caída o golpe, a través del monitoreo y registro de las aceleraciones presentadas durante las actividades laborales, los registros son procesados al final de la jornada laboral por un software desarrollado en Python que caracteriza las aceleraciones registradas para determinar el tiempo que el trabajador estuvo en actividad y si este presentó aceleraciones anormales características de una caída o golpe.

## II. METODOLOGÍA

### A. Materiales

Para crear el prototipo de adquisición y procesamiento de aceleraciones reportadas por los trabajadores durante la jornada laboral fueron necesarios los siguientes materiales:

1. Acelerómetro ADXL345 digital de tamaño reducido y bajo consumo de energía, con capacidad de medición de aceleración en tres ejes con rango de

- medición variable de  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$  o  $\pm 16g$ , los modos de aceleración dinámica o estática.
- Módulo de memoria microSD (FUT 3002) que permite la escritura y la lectura de datos en una memoria microSD a través de un microcontrolador y el protocolo de comunicación SPI, en el caso del microcontrolador arduino nano conectándolo a los pins SD SPI, MOSI, SCK, MISO, CS y alimentación de 5v.
  - Modulo real time clock (RTC) DS1302 que mantiene la cuenta del tiempo trascurrido de manera ininterrumpida, con un oscilador de cristal compensador de temperatura incluido dentro del circuito integrado, integra una batería externa que le permite mantener la cuenta del tiempo incluso si este no es alimentado, con capacidad de lectura y escritura de la información de la RAM o el reloj y es capaz de trabajar en rangos de temperatura de  $-40$  a  $+85^{\circ}C$ .
  - Arduino Nano plataforma base del diseño con dimensiones (18 x 45 mm) y 7 gramos de peso, basada en el microcontrolador ATmega328, cuenta con un oscilador de 16Mhz y una memoria EEPROM de 1KB, la tarjeta puede ser alimentada con 6 - 20 volts no regulados.
  - Software de programación de alto nivel Python y postgresQL. La compatibilidad, flexibilidad, escalamiento, disponibilidad de librerías y portabilidad fueron las características que determinaron la elección de estas herramientas.

**B. Métodos**

**1. Diseño de circuito de comunicación.**

El circuito desarrollado permite la comunicación del módulo FUT 3002 con el microcontrolador mediante el protocolo SPI, el acelerómetro por protocolo I2C y el módulo RTC vía serial, todos los módulos comparten alimentación del regulador de voltaje integrado en el arduino nano,

**2. Protocolo de adquisición de datos.**

Al iniciar el microcontrolador el algoritmo cargado comprueba la comunicación con los módulos y en caso de no poder establecer comunicación con alguno de ellos entrara en un bucle infinito mandando un mensaje de error por el puerto serie. Una vez iniciada la comunicación de manera exitosa el microcontrolador adquiere las lecturas del acelerómetro ADXL345 para monitorear y registrar las aceleraciones en un archivo de texto en la memoria microsd, si se presenta una aceleración anormal característica de un choque, es decir, se tiene un registro de magnitud mayor a 10g, el dispositivo activa el buzzer generando una alerta sonora que indica que el usuario presentó un choque que requiere de revisión médica, o en caso de

presentar una aceleración característica de una caída el microcontrolador esperará 5 segundos para guardar la posición en la que se encuentra el dispositivo, si esta posición no cambia después de 4 segundos el microcontrolador activará el buzzer y los leds para generar una alarma sonora y visual que indica que el usuario se ha desmayado o que el casco en conjunto con el dispositivo de registro han sido desplazados de la cabeza del usuario durante el golpe o la caída.

El algoritmo de registro programado en el microcontrolador, adquiere lecturas del acelerómetro en los 3 ejes y el módulo real time clock de manera constante con una frecuencia de 6Hz, integradas en una cadena string (Fig. 1.), para su mejor interpretación en forma de lista con las aceleraciones experimentadas en conjunto, señalando el momento en que se presentaron, así como, el estado en el que se encontraba el dispositivo. En el diagrama a bloques de la Fig. 2. se muestra la metodología de manera resumida.

dispositivo1: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayud
21 50 22 -0.02 -0.04 0.93 0				
21 50 22 0.00 -0.05 0.94 0				
21 50 22 0.00 -0.04 0.97 0				
21 50 22 -0.02 -0.02 0.95 0				
21 50 22 -0.02 -0.04 0.94 0				
21 50 22 0.00 -0.04 0.94 0				
21 50 23 -0.02 -0.04 0.95 0				
21 50 23 0.00 -0.05 0.98 0				
21 50 23 0.00 -0.04 0.94 0				
21 50 23 0.02 -0.06 0.91 0				
21 50 23 0.01 -0.05 0.94 0				
21 50 23 0.00 -0.04 0.93 0				

Fig. 1. Lista de cadenas string.

**3. Diseño de PCB.**

El circuito diseñado para la comunicación entre el microcontrolador y los módulos fue importado al software de diseño de circuitos impresos Kicad que facilito el paso de un circuito esquemático a un circuito impreso, el producto obtenido optimiza el espacio requerido por los módulos, pistas y conexiones requeridas para la comunicación.

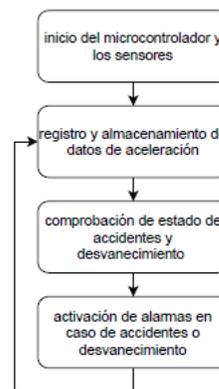


Fig. 2. Diagrama a bloques.

#### 4. Diseño de carcasa.

La carcasa diseñada almacena el circuito impreso en conjunto con las baterías de litio 18650 que suministran energía al dispositivo en una caja diseñada en Solidworks que proporciona una base estable para las baterías y el circuito impreso logrando seguridad en todos los elementos (Fig. 3), la caja contenedora fue impresa con filamento PLA, cuenta con paredes de 3 milímetros de grosor, protege los componentes de las condiciones externas a las que puede estar expuesto el prototipo, incluye dos correas aseguradas a la caja contenedora con tornillos para mantener su posición sobre la banda nuquera del tafilete de seguridad del casco del usuario, con el objetivo de tener un registro de lecturas de aceleraciones correctas de las fuerzas experimentadas por la cabeza del usuario evitando registros de las fuerzas absorbidas por el casco de protección.

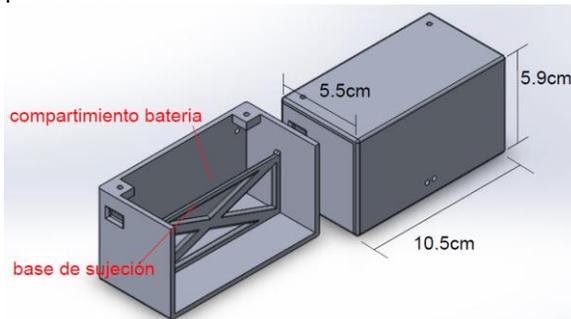


Fig. 3. Diseño de carcasa

#### 5. Algoritmos de ángulos de orientación y actividad

El algoritmo desarrollado en Python importa los datos de aceleración y tiempo desde el documento de texto creado por el dispositivo de registro a una matriz de siete columnas donde las primeras 3 corresponden a las horas, minutos y segundos, la cuarta, quinta y sexta corresponden a la aceleración en los ejes de registro del acelerómetro y la séptima columna corresponde al estado del dispositivo donde registra un 1 si presenta un accidente o un 0 si no presenta accidentes. El algoritmo calcula la posición angular para cada eje de aceleración usando las ecuaciones resultantes de despejar propiedades trigonométricas

$$\phi_x = \tan^{-1} \frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}; \quad (1)$$

$$\phi_y = \tan^{-1} \frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}}; \quad (2)$$

$$\phi_z = \tan^{-1} \frac{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}}{A_z}. \quad (3)$$

El algoritmo compara el cambio de posición que se presenta durante el tiempo para determinar si el usuario se mantuvo en movimiento e hizo uso del casco. Si el valor calculado es característico de

movimiento y uso de casco se usan los datos de hora, minuto y segundo asociados a la misma posición del dato de aceleración para determinar el inicio y terminó de la actividad, al final se generan los intervalos de actividad dando como resultado el tiempo total en actividad. El cálculo de accidentes es realizado mediante una máscara booleana que cuenta la cantidad de salidas verdaderas que representan un accidente, mostrada en la matriz de registro.

#### 6. Interfaz gráfica y registro de actividad

La interfaz gráfica desarrollada permite la navegación entre los archivos y el manejo de los registros en el algoritmo de cálculo de accidentes y tiempo de actividad. Permite el almacenamiento de la información en una base de datos creada en Postgresql, para el manejo, análisis y exportación a formato .xlsx.

### III. RESULTADOS

El accesorio de registro de actividades y desvanecimientos para cascos de seguridad entrega en una jornada laboral de 8 horas un archivo de referenciado con el número de identificación del dispositivo que contiene los registros de aceleración que se experimentaron. El archivo contiene 172800 registros de aceleración en 3 ejes, tiempo y accidentes en promedio.

El programa procesa los registros de aceleración y tiempo para determinar el tiempo que el usuario estuvo en actividad y cuantifica si se presentaron aceleraciones características de un accidente. Los registros de tiempo en actividad y accidentes pueden ser exportados para su análisis.

### IV. DISCUSIÓN

El dispositivo al estar asegurado a la banda nuquera del tafilete del casco de seguridad puede presentar ruido en las lecturas de aceleración por vibraciones generadas por los equipos usados en las actividades laborales o por las condiciones del área de trabajo, lo que afecta a la precisión del cálculo de actividad o en casos donde se pierde el casco durante el accidente que el dispositivo registre que el usuario sigue en actividad.

El algoritmo de posición y actividad compara todos los cambios de posición angular uno a uno para obtener los intervalos parciales de actividad, lo que hace que la duración del procesamiento de registros incrementa de manera proporcional a la cantidad de registros a procesar, para registros de 8 horas el tiempo de procesamiento no es muy prolongado.

### V. CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo se observa que el dispositivo desarrollado integrando competencias de electrónica y ciencias de la salud para el desarrollo de un dispositivo capaz de estimar las fuerzas absorbidas por la

cabeza durante accidentes laborales e implementando conocimientos de procesamiento de señales para la elaboración de los algoritmos de orientación y actividad, es capaz de ayudar a los trabajadores a recibir atención oportuna de las lesiones provocadas en la región de la cabeza, las cuales pueden poner en riesgo sus capacidades motoras o incluso sus vidas. Sin embargo el diseño del dispositivo puede exponer a los trabajadores a lesiones por baja o alta tensión, lo que limita su implementación en cascos de seguridad clase C. Futuras iteraciones de este sistema deben de enfocarse en reducir las dimensiones del dispositivo cambiando la fuente de alimentación por baterías de menor volumen a las baterías 18650 utilizadas o cambiando el módulo RTC por opciones de menor volumen e igual fiabilidad disponibles en el mercado.

#### REFERENCIAS

- [1] IMSS, "Memoria estadística del IMSS", 2018. [Online]. Available: <http://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss/memoria-estadistica-2018>.
- [2] C. M. N. J. De Juan Frigola, "Pérdida de conciencia", *Boletín de Pediatría*, vol. 40, pp. 56-67, 2000.
- [3] M. Céspedes, P. Lapedriza, P. Valero y T. Ustarroz, "Factores de pronóstico en los traumatismos craneoencefálicos", *Rev Neurol*, vol. 32, nº 4, pp. 351-364, 2001.
- [4] Secretaría De Salud-México, "ASPECTOS CLÍNICOS Y EPIDEMIOLOGICOS DEL TRUMA CRANEO ENCEFALICO EN MEXICO", *Boletin epidemiologia*, vol. 25, nº 26, pp. 1-27, 2008.
- [5] O. Bernal-Pacheco, M. Vega-Rincón y J. F. Hernández-Preciado, "CONSECUENCIAS NEUROPSIQUIÁTRICAS DEL TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO", *Revista Med*, vol. 17, nº 1, pp. 65-74, 2009.
- [6] D. o. d. l. federacion, "NORMA OFICIAL MEXICANA, CASCOS DE PROTECCION-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA", de *Compendio de Normas Oficiales Mexicanas STPS*, Mexico, 2000.