

## Sistema de medición de temperatura corporal a través de dispositivos móviles para monitorear niveles de fiebre en niños entre los 0 y 5 años en la ciudad de Neiva

### Body temperature measurement system through mobile devices to monitor fever levels in children between 0 and 5 years old in the city of Neiva

Alvaro Hernán Alarcón López<sup>1</sup>, Geyni Arias Vargas<sup>2</sup>, José Miguel Llanos Mosquera<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA Neiva, Colombia.  
<sup>1</sup> alvaro.alarcon@corhuila.edu.co, <sup>2</sup>geyni.arias@corhuila.edu.co, <sup>3</sup>jmllanosm@corhuila.edu.co.

**Resumen** – La fiebre es una de las causas más comunes de consulta médica por parte de los padres en la actualidad, esto principalmente debido a las múltiples creencias que se generan alrededor de esta sintomatología; aclarando que esta solo se considera riesgosa para mediciones de temperatura corporal superiores a los 41 °C. Así mismo se puede afirmar que los episodios febriles son muy frecuentes en los niños en edades temprana, especialmente el rango de 0 – 5 años; es este el intervalo en el cual los infantes son más propensos a la aparición de convulsiones febriles debido a episodios de fiebre alta, a su vez estas podrían causar posteriores afectaciones a la salud tales como la epilepsia. El presente trabajo tuvo como objetivo el realizar una revisión bibliográfica con el propósito de encontrar los parámetros de diseño de un sistema de medición de temperatura corporal por medio de dispositivos móviles, que permitiera alertar a los padres de familia o adultos encargados a cerca de episodios de fiebre alta; para que estos realizarán acciones preventivas ante la posible aparición de convulsiones febriles. Finalmente se analizó la información y se establecieron las pautas para el desarrollo del sistema; eligiendo la plataforma Arduino LyliPad como dispositivo recolector y procesador de las señales para posteriormente enviarlas al dispositivo móvil. Además como implicaciones del presente trabajo se puede considerar que este sistema una vez desarrollado permitirá mejorar la calidad de salud de los niños, así como motivar el surgimiento de nuevos prototipos de E-Health en la región.

**Palabras claves** – Aplicación móvil, Convulsiones febriles, Fiebre, Medición de temperatura, Monitoreo, Niños

**Abstract** – The fever is one of the most common causes of medical consultation on the part of the parents at present, this mainly due to the multiple beliefs that are generated around this symptomatology; clarifying that this is only considered risky for body temperature measurements higher than 41 oC. It can also be said that febrile episodes are very frequent in children at an early age, especially the range of 0 - 5 years; this is the interval in which infants are more prone to the appearance of febrile seizures due to episodes of high fever, in turn these could cause subsequent health effects such as epilepsy. The objective of this work was to carry out a bibliographic review, with the purpose of finding the design parameters of a body temperature measurement system by means of mobile devices, that would alert parents or adults in charge of episodes of high fever; so that these will take preventive actions before the possible appearance of febrile seizures. Finally, the information was analyzed and the guidelines for the development of the system were established; choosing the Arduino LyliPad platform as a collecting device and processor of the signals to later send them to the mobile device. In addition, as implications of the present work, it can be considered that once developed, this system will improve the quality of children's health, as well as motivating the emergence of new E-Health prototypes in the region.

**Keywords** – Mobile app, Feverish convulsions, Fever, Temperature measurement, Monitoring, Children

#### 1. Introducción

Diversos autores a nivel mundial han indicado que los niños especialmente durante los primeros meses de vida y hasta los 5 años son propensos a la aparición de cuadros

febriles, que en muchos de los casos tienen etiología infecciosa, como son los trastornos respiratorios y gastrointestinales de tipo viral. [1]

Además la fiebre se considera alta y alcanza los niveles de hipertermia cuando se presentan mediciones superiores a los 41 °C, este es uno de los principales motivos de consulta pediátrica, ya que los padres presentan un gran temor ante la aparición de esta sintomatología y de forma especial la posible inducción de convulsiones febriles (CF) en los infantes, una vez alcanzados los niveles de temperatura anteriormente mencionados. [2] [3] [4] [5]

En este mismo sentido se considera que las (CF) son definidas como una crisis epiléptica que ocurre en la infancia y se presentan solo en el 2% a 5% de todos los casos; estas pueden generar pérdida de conciencia, estremecimiento o rigidez corporal y probabilidad de daños físicos por caídas o ahogamiento por alimento o saliva. [6]

Por tanto el temor parental ante la posible aparición de esta afectación en la salud de los infantes [7], genera la necesidad de monitorear de forma constante la temperatura de los niños; una posible solución a este dilema podría ser el uso de sensores de temperatura de tipo inalámbrico y de aplicaciones móviles capaces de procesar los datos provistos por los mencionados dispositivos; todo esto con el propósito de prevenir la aparición de las convulsiones febriles en niños de 0 a 5 años.

Un ejemplo de este tipo de sistemas es el denominado “Diseño de un sistema no invasivo de medición de la temperatura corporal interna”, el cual se llevó a cabo en la Universidad politécnica de Cataluña y tuvo como objetivo el crear un dispositivo de medición de temperatura de tipo no invasivo, que tomara las mediciones a través de un brazalete ubicado en la muñeca del paciente. [8]

Otro proyecto que desarrollo procesos de medición corporal, fue el realizado por los docentes de la Universidad Internacional Islámica de Malasia denominado “Medición de temperatura corporal para Sistema de monitoreo remoto de salud”, el propósito del mismo fue desarrollar un dispositivo de medición capaz de enviar los datos a la nube y facilitar el monitoreo en tiempo real por parte del personal médico.[9]

En este mismo sentido docentes de la Universidad de Londres desarrollaron el proyecto denominado “Sistema de detección temprana no invasiva y portátil de la fiebre para niños pequeños”, el cual tuvo como el de monitorear

la fiebre en niños menores de 2 años bajo un entorno no clínico, para ello se usaron varios sensores ubicados en diferentes áreas corporales. [10]

Además el proyecto denominado “Sensor epidérmico RFID pasivo para mediciones de temperatura corporal” fue desarrollado por docentes de la Universidad de Roma, se enfocó en el desarrollo de un sensor de tipo epidérmico UHF, el cual pretendía ser conectado directamente a la piel a través de una membrana (PCL).[11]

En el presente artículo se presentaran los avances en el desarrollo de un prototipo de medición de temperatura corporal que permita prevenir las convulsiones febriles, estos adelantos se enfocan en la revisión y selección del hardware necesario para desarrollar el mismo.

## 2. Materiales y métodos

El presente trabajo tuvo como propósito realizar una revisión bibliográfica con el propósito de encontrar los parámetros de diseño de un sistema electrónico de medición de temperatura corporal para niños menores de 5 años para informar y alertar a los cuidadores a fin de prevenir ñas convulsiones febriles, el mencionado módulo será capaz de transmitir los datos obtenidos a un dispositivo móvil con el objetivo de establecer un monitoreo constante; a futuro se espera desarrollar esta unidad y realizar pruebas en pacientes que presenten episodios febriles.

La revisión bibliográfica se enmarco en la búsqueda de artículos de investigación realizada en los primeros meses del presente año en la base de datos IEEEExplore. Se usaron los descriptores: tipos de medición de temperatura, medición remota de temperatura, multisensores de temperatura, aplicaciones móviles de medición de temperatura corporal, tipo de tarjeta de adquisición de datos.

A través de una revisión evaluativa y cuantitativa se logró elaborar una síntesis de los tipos de sensores mayormente usados, las tecnológicas inalámbricas más

utilizadas para el envío de datos entre sensor y microcontrolador, así como las plataformas de desarrollo para el procesamiento y gestión de los datos de temperatura obtenidos.

## 2.1 Tipo de investigación

De esta forma a través del desarrollo de una investigación de tipo exploratoria, se logró establecer las variables: temperatura corporal y episodios de convulsiones febriles; además se realizó un revisión de trabajos desarrollados en el tema de la fiebre en niños, con el propósito de recolectar datos esenciales que permitieron establecer los puntos y métodos adecuados de medición de temperatura corporal en infantes de 0 – 5 años. También se acudió al enfoque cuantitativo a la hora de realizar una revisión bibliográfica y analizar la información a fin de obtener datos teóricos para el diseño a nivel de hardware del prototipo.

## 2.2 Fases o momentos de la investigación:

- Realización de revisión bibliográfica de trabajos relacionados con el tema de la fiebre en niños, con el propósito de establecer los parámetros técnicos de medición de temperatura para diseño del software del sistema de medición de temperatura corporal.
- Realización de revisión bibliográfica de trabajos relacionados con dispositivos electrónicos de medición de temperatura corporal, esto con el propósito de establecer los parámetros de diseño del sistema de medición de temperatura corporal.
- Diseño a nivel de hardware (sensores, comunicación inalámbrica) del sistema de medición de temperatura corporal a través de dispositivos móviles.

## 3. Resultados

Realizando una aproximación metodológica de tipo cuantitativa se identificaron las principales características asociadas con la medición de temperatura corporal, niveles de fiebre y dispositivos electrónicos usados en este campo.

A continuación se listan los resultados obtenidos de las revisiones realizadas con el propósito de tener claridad de los conceptos y parámetros técnicos de la fiebre, así como de los sensores de temperatura, equipos de procesamiento y transmisión utilizados en el desarrollo de dispositivos de medición de temperatura corporal. Esto con el propósito de analizar los datos y obtener el diseño del prototipo.

## 3.1 Conceptos de fiebre

Esta revisión se hizo con base en la lectura de los documentos académicos [2], [3], [4], [5], [12], [13], [14], [15].

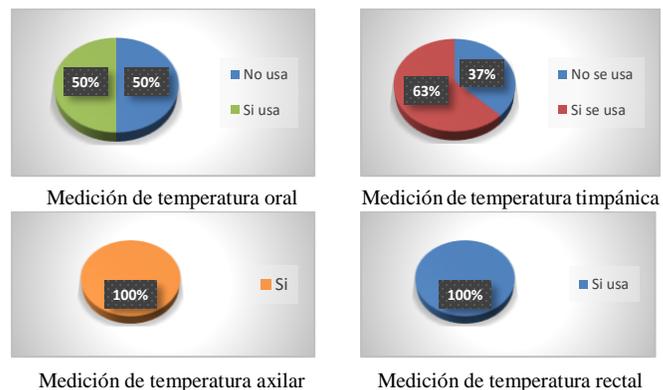


Figura 1. Tipos de medición de temperatura corporal

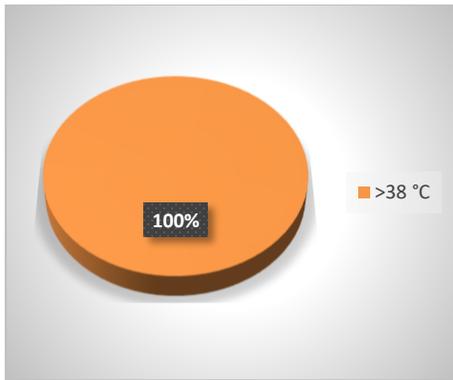
En primer lugar se pudo constatar que solo un 50% de los trabajos contempla la medición de temperatura vía oral, ya que esta no es del todo confiable y por ende puede propiciar errores de diagnóstico.

También se logró observar que en un 63% de los trabajos tiene en cuenta la medición de temperatura vía timpánica, este tipo no es absolutamente confiable y podría causar errores de diagnóstico.

Por otro lado se pudo comprobar que en el 100% de los trabajos tiene en cuenta la medición de temperatura vía axilar, este debido a la confiabilidad de la misma.

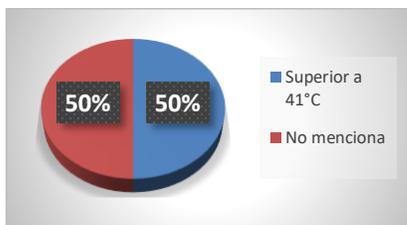
Además se logró constatar que en el 100% de los trabajos tiene en cuenta la medición de temperatura vía rectal, este debido esta técnica es la más confiable de todas.

También se pudo concluir que en el 100% de los documentos consultados, se estableció que la temperatura límite para hablar de fiebre es aquella superior a los 38 °C. Esta es una afirmación general pero también se debe tener en cuenta la edad del paciente y el punto de medición de la misma.



**Figura 2.** Temperatura fiebre.

Igualmente se logró constatar que en el 50% de los documentos, se establece una temperatura alta riesgosa para la salud denominada hipertermia, que esta es alcanzada por el paciente a los 41 °C y que en este punto el paciente corre el riesgo de sufrir de convulsiones febriles.



**Figura 3.** Temperatura hipertermia

En cuanto a los niveles de fiebre e hipertermia se acudió a la conceptualización teórica ofrecida por los artículos, ya que en la actualidad no existe un consenso en la comunidad médica acerca de los mismos; además se está trabajando en una encuesta con pediatras en este sentido para comparar estos datos con los resultados obtenidos en la revisión.

### 3.2 Dispositivos de medición de temperatura

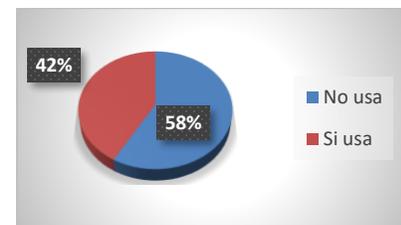
Esta revisión se hizo con base en la revisión de los documentos académicos [9], [10], [11], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24].

En primer lugar se pudo constatar en el 100% de los trabajos consultados, se usan las redes de sensores inalámbricas WSN, con el propósito de enviar las señales corporales a un dispositivo procesador.



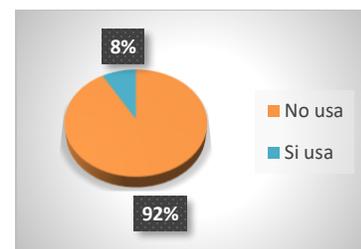
**Figura 4.** Uso de WSN

Además se logró constatar que solo en el 42% de los trabajos revisados, se visualizan los datos de temperatura corporal a través de aplicaciones de escritorio, lo cual indica que en gran parte de los proyectos no se realiza una adecuada presentación de la información.



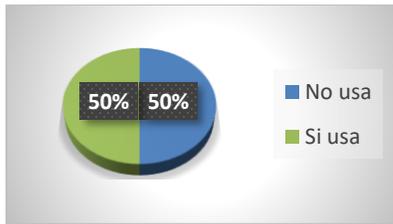
**Figura 5.** Aplicación de escritorio

Igualmente se logró constatar que solo en el 8% de los casos se visualiza la información de temperatura corporal a través de dispositivos móviles, esta situación indica que a nivel académico existen muy pocos proyectos que integren las WSN y los dispositivos móviles con el propósito de realizar monitoreo en tiempo real de las señales corporales.



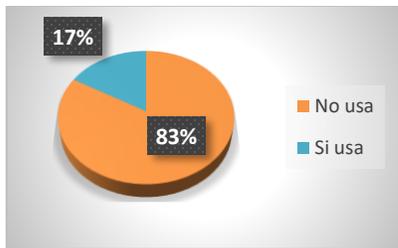
**Figura 6.** Aplicación móvil

También se pudo concluir que en el 50% de los documentos consultados, se desarrollaron sistemas de medición de señales corporales con la técnica de multisensores, de esta forma se debían manipular diversas entradas al mismo tiempo a fin de realizar un monitoreo exitoso del paciente.



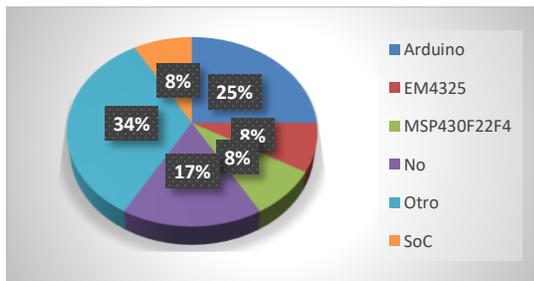
**Figura 7.** Multisensor

Por otro lado se pudo comprobar que solo en el 17% de los casos, las señales corporales se enviaron a un equipo distante del sitio de medición, a fin de realizar monitoreo remoto del paciente por parte del personal médico a cargo.



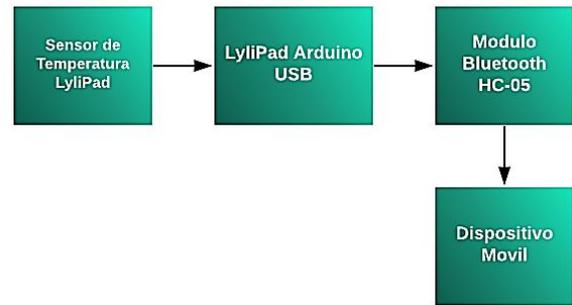
**Figura 8.** Monitoreo remoto

Finalmente se pudo establecer que existen una gran cantidad de dispositivos que pueden ser usados con el propósito de recibir y procesar las señales corporales obtenidas por los sensores, en este ítem cabe destacar el hecho que en el 25% de los casos se usa algunas de las plataformas Arduino para desarrollar sistemas confiables y de bajo costo.



**Figura 9.** Micro Usado

### 3.3 Arquitectura seleccionada



**Figura 10.** Arquitectura hardware

En la imagen anterior se puede observar que una vez realizado el análisis de la información recolectada mediante la revisión bibliográfica, se elige la plataforma de desarrollo Arduino LyliPad para el desarrollo del prototipo de medición; ya que esta es una tecnología que se puede adicionar a la prenda de vestir y es de bajo costo, lo cual es ideal para el proceso de medida de temperatura en infantes. Por tanto el niño llevará en su ropa el dispositivo de procesamiento que a su vez enviara la señal a través de Bluetooth al dispositivo móvil del cuidador.



**Figura 11.** Estructura de interfaz

A su vez como se observa en la imagen anterior, el dispositivo móvil del cuidador contará con una aplicación capaz de reconocer los datos provenientes del hardware de medición de temperatura, los almacenara y procesara con el propósito de generar alertas tempranas.

### 4. Conclusiones

Por medio de la ejecución de este trabajo se pretende contribuir con el desarrollo del área de E-Health a nivel regional, ya que en la actualidad es muy poco el aporte que realizan las facultades de ingeniería locales a los procesos de salud pública en el departamento del Huila.

Además se pretende desarrollar un dispositivo electrónico de medición de temperatura corporal, con el propósito de hacer del uso del teléfono inteligente de los cuidadores como medio eficaz de alerta y prevención temprana de las convulsiones febriles en niños de 0 a 5 años de edad.

Así mismo se espera generar una motivación al desarrollo de dispositivos tecnológicos que contribuyan con a preservar el bienestar y la salud de las personas, especialmente los niños menores de 5 años de edad.

Esta iniciativa ha sido bien recibida por parte de los profesionales del área de la salud, especialmente las docentes de programas de enfermería las cuales han manifestado que este tipo de dispositivos proporcionarían una enorme ayuda para los cuidadores.

## 5. Agradecimiento

“El desarrollo de este trabajo ha sido financiado por la Corporación Universitaria del Huila – CORHUILA, bajo resolución N° 1684 de 2018 del 15 de febrero, la cual fue expedida por el rector de la mencionada institución”.

## 6. Referencias

- [1] P. Cáceres, Z. K. Cifuentes, and D. Salgado, “Etiología del síndrome febril agudo en niños de 1 mes a 5 años hospitalizados en el Servicio de Urgencias del Hospital Universitario Hernando Moncaleano Perdomo de Neiva,” *Rev. Fac. Salud*, vol. 6, no. 1, pp. 48–54, 2014.
- [2] D. Cobo and Daza Paola, “Signos vitales en pediatría,” *Rev. Gastrohnutp*, vol. 13, no. 1, 2011.
- [3] A.-E. Gómez, “La fiebre en la edad pediátrica,” *Educ. Sanit.*, vol. 27, no. 1, pp. 53–57, 2008.
- [4] R. Ruiz Arcos *et al.*, “Fiebre en pediatría,” *Rev. Mex. Pediatría*, vol. 77, no. 1, pp. 3–8, 2010.
- [5] A. Zomorodi and M. W. Attia, “Fever: Parental Concerns,” *Clin. Pediatr. Emerg. Med.*, vol. 9, no. 4, pp. 238–243, 2008.
- [6] N. Moreno de Flagge, “Simple febrile seizure, complex seizure, generalized epilepsy with febrile seizure plus, FIRES and new syndromes,” *Medicina (B. Aires)*, vol. 73 Suppl 1, no. 1, pp. 63–70, 2013.
- [7] D. Molinero Aguirre and H. Mejía Salas, “Conocimiento de los padres sobre la fiebre en de emergencias en el hospital del niño ‘Dr. Ovidio Aliaga Uria,’” *Rev. Medica La Paz*, vol. 23, no. 1, 2017.
- [8] K. M. Lozano Montero, “Diseño de un sistema no invasivo de medición de la temperatura corporal interna,” Universidad Politécnica de Cataluña, 2015.
- [9] H. Mansor, M. H. A. Shukor, S. S. Meskam, N. Q. A. M. Rusli, and N. S. Zamery, “Body temperature measurement for remote health monitoring system,” *Smart Instrumentation, Meas. Appl. (ICSIMA), 2013 IEEE Int. Conf.*, no. November, pp. 1–5, 2013.
- [10] M. D. P. Garcia-Souto and P. Dabnichki, “Non-invasive and wearable early fever detection system for young children,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 116, no. August, pp. 216–229, 2018.
- [11] S. Milici, S. Amendola, A. Bianco, and G. Marrocco, “Epidermal RFID passive sensor for body temperature measurements,” *2014 IEEE RFID Technol. Appl. Conf. RFID-TA 2014*, pp. 140–144, 2014.
- [12] J. A. C. Vélez, “Fiebre en niños,” in *Curso continuo de actualización en Pediatría CCAP - Modulo 1*, Sociedad Colombiana de Pediatría, Ed. Bogotá, D.C: Sociedad Colombiana de Pediatría, 2002, pp. 17–31.
- [13] E. Chiappini *et al.*, “2016 Update of the Italian Pediatric Society Guidelines for Management of Fever in Children,” *J. Pediatr.*, vol. 180, p. 177–183.e1, Jan. 2017.
- [14] R. Wing, M. R. Dor, and P. A. McQuilkin, “Fever in the pediatric patient,” *Emerg. Med. Clin. North Am.*, vol. 31, no. 4, pp. 1073–1096, 2013.
- [15] Guía de práctica clínica, “Diagnóstico y tratamiento de fiebre sin signos de focalización en los niños de 3 meses hasta los 5 años de edad,” *Secr. Salud*, vol. México, 2013.
- [16] R. S. Dilmaghani, H. Bobarshad, M. Ghavami, S. Choobkar, and C. Wolfe, “Wireless sensor networks for monitoring physiological signals of multiple patients,” *IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst.*, vol. 5, no. 4, pp. 347–356, 2011.
- [17] J. M. Ramirez-Alaminos, S. Sendra, J. Lloret, and J. Navarro-Ortiz, “Low-cost wearable bluetooth sensor for epileptic episodes detection,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, pp. 3–8, 2017.
- [18] A. Vaz *et al.*, “Full passive UHF tag with a temperature sensor suitable for human body temperature monitoring,” *IEEE Trans. Circuits Syst. II Express Briefs*, vol. 57, no. 2, pp. 95–99, 2010.
- [19] T. H. Y. Ling, L. J. Wong, J. E. H. Tan, and K. Y. Kiu, “Non-intrusive Human Body Temperature Acquisition and Monitoring System,” *Proc. - Int. Conf. Intell. Syst. Model. Simulation, ISMS*, vol. 2015–Octob, pp. 16–20, 2015.
- [20] D. Pardo *et al.*, “Design Criteria for Full Passive Long Range UHF RFID Sensor for Human Body Temperature Monitoring,” *RFID\_IEEE Int. Conf. RFID*, pp. 141–148, 2007.
- [21] H. Liu *et al.*, “A Fully Integrated Wireless SoC for In-Body pH and Temperature Continuous Monitoring,” pp. 109–110, 2015.
- [22] A. Pantelopoulos and N. G. Bourbakis, “A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 40, no. 1, pp. 1–12, 2010.
- [23] M. ; Tsakalakis and N. G. Bourbakis, “Health Care Sensor –

- Based Systems for Point of Care Monitoring and Diagnostic Applications : A brief survey,” *Proc. 36th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, no. Cvd, pp. 6266–6269, 2014.
- [24] M. Caldara, C. Colleoni, E. Guido, G. Rosace, V. Re, and A. Vitali, “A wearable sensor platform to monitor sweat pH and skin temperature,” *2013 IEEE Int. Conf. Body Sens. Networks, BSN 2013*, 2013.