

ISSN: 2594-0937

REVISTA ELECTRÓNICA MENSUAL

# Debates sobre Innovación

DICIEMBRE  
2019

VOLUMEN 3  
NÚMERO 1

XVIII Congreso Latino Iberoamericano de Gestión Tecnológica  
ALTEC 2019 Medellín



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA  
Unidad Xochimilco



MEGI  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN  
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN



LALICS

LATIN AMERICAN NETWORK FOR ECONOMICS OF LEARNING,  
INNOVATION AND COMPETENCE BUILDING SYSTEMS

# Integración de tecnología biométrica en vestuario infantil

Nelson Humberto Zambrano Cortés  
SENA, Centro de Desarrollo Agroempresarial Chía, Colombia  
nzambranoc@sena.edu.co

Salome Solano Sarria  
SENA, Centro de Desarrollo Agroempresarial Chía, Colombia  
ssolanos@sena.edu.co

## Resumen

El proyecto tiene como objetivo desarrollar el proceso de integración de vestuario infantil con tecnología biométrica que facilite a los padres de familia monitorear y detectar anomalías en sus hijos menores de un año. Se integra el diseño de un vestido inteligente que integra sensores IOT de bajo costo con telas versátiles y que genere un producto de alto impacto social, económico y tecnológico, se trabajan articulados la formación profesional integral con los procesos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i).

La ejecución del proyecto se lleva a cabo con la implementación de la metodología de marco lógico donde se realizan la integración de sensores y control electrónico, se busca linealizar la respuesta de los sensores por métodos estadísticos y acoplarlos con una prenda de vestir diseñada para dar comodidad al bebe y a la incorporación tecnológica.

## Palabras clave

Síndrome infantil de muerte súbita SIMS, biometría, vestido inteligente, IOT – Internet of Things – Internet de las cosas.

## Metodología

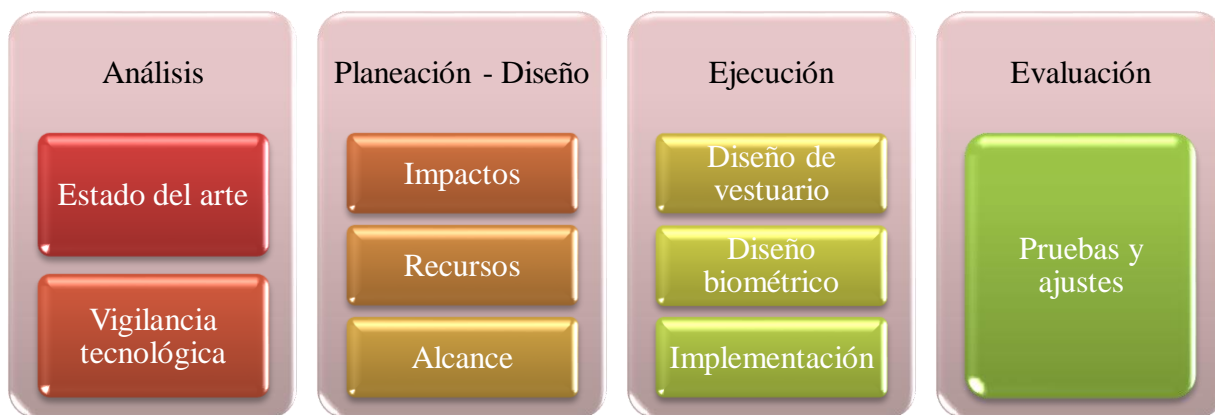
En Colombia, de acuerdo con las estadísticas vitales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), durante el 2010 se presentaron 8 355 defunciones de menores de un año y 654 627 nacidos vivos, para una tasa de mortalidad infantil de 12.76 sin ajustar ( $TMI = \text{total defunciones en menores de 1 año} / \text{total de nacidos vivos} * 1000$ ) (García, E. 2008). Según la información de las estadísticas vitales del DANE, entre los años 2005 y 2010 por lo menos un lactante murió cada tercer día de forma súbita e inesperada en Bogotá, D.C., lo cual, en el país como tal, ocurre a diario. (Latorre, Zambrano & Carrascal. 2016). Estas cifras fueron las que iniciaron el desarrollo de este proyecto, permitiendo una amplia revisión del estado del arte y encontrando la amplia necesidad de abordar el tema buscando un alto impacto social.

Para lograr cumplir con el objetivo del proyecto, se inicia con tomar la metodología de marco lógico (Figura 1) sobre la cual se ampara el SENA y se aplica para la ejecución del proyecto, se trabaja en 4 fases: Conceptualización – Análisis, Diseño – Planeación, Ejecución - desarrollo y Evaluación (Figura 2) (Ortegon, E., Pacheco, J., Prieto, A. 2005).

Figura 1. Modelo de marco lógico.



Figura 2. Fases de ejecución del proyecto



Debido al enfoque del proyecto se busca una orientación por objetivos que permita que ellos dirijan el rumbo de la investigación, la cual se orienta hacia grupos beneficiarios, en particular a los bebés recién nacidos y a sus padres, además de la comunidad académica y científica, se logra una participación y comunicación importante con médicos pediatras que han apoyado el estado del arte.

La metodología incluye el análisis del problema, análisis de los actores, se genera una jerarquía de objetivos y se selecciona una estrategia de implementación óptima.

Figura 3. Objetivos específicos jerarquizados del proyecto



## Desarrollo

La ejecución del proyecto inicia con la revisión tecnológica sobre el uso de sensores y controles electrónicos en la lectura de ritmo cardiaco y ritmo respiratorio en niños menores de un año, Figura 4, se analizaron documentos de fuentes primarias como tesis de pregrado y postgrado y artículos científicos que presentan consideraciones médicas claves para entender la situación y sobre todo el impacto social, además de estadísticas y conclusiones desde el punto de vista médico, pero al realizar un análisis tecnológico sobre dispositivos para el diagnóstico o el monitoreo de las condiciones que llevan a la muerte súbita no se encuentran proyectos que ayuden a personas de bajos recursos y que no tengan como pagar un monitoreo preventivo, así es que en el año 2018 se reúne una instructora del área de Diseño de Modas, un instructor del área Industrial y aprendices de dichas áreas para diseñar y desarrollar una prenda de vestir que permita el monitoreo de signos vitales y que permita alertar a los padres al detectar anomalías que puedan llevar a una muerte súbita.

Dentro de la información consultada se encontró que las principales causas son problemas durante la gestación que desarrollarán fallas cardiacas y/o respiratorias.

Figura 4. Frecuencia cardíaca y respiratoria en niños

- **Frecuencia Cardíaca**
  - Recién nacido 120 – 170
  - Lactante menor 120 – 160
  - Lactante mayor 110 – 130
  - Niños de 2 a 4 años 100 – 120
  - Niños de 6 a 8 años 100 – 115
- **Frecuencia respiratoria**
  - Recién nacido 30 – 80
  - Lactante menor 20 – 40
  - Lactante mayor 20 – 30
  - Niños de 2 a 4 años 20 – 30
  - Niños de 6 a 8 años 20 – 25

Fuente: New York State Department of Health.

En el mercado de componentes electrónicos se buscaron dispositivos que permitan captar señales eléctricas del cuerpo humano, especialmente las relacionadas con la frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria, se encontraron varios dispositivos con características muy diferentes al igual que el costo, pero se optó por utilizar dispositivos de bajo costo con el fin de tener un producto que sea fácil de adquirir, es decir que tenga un bajo costo

Al analizar las características de los sensores se tuvieron en cuenta algunos aspectos clave para el funcionamiento y la respuesta entregada, en la Tabla 1 se presenta el análisis realizado:

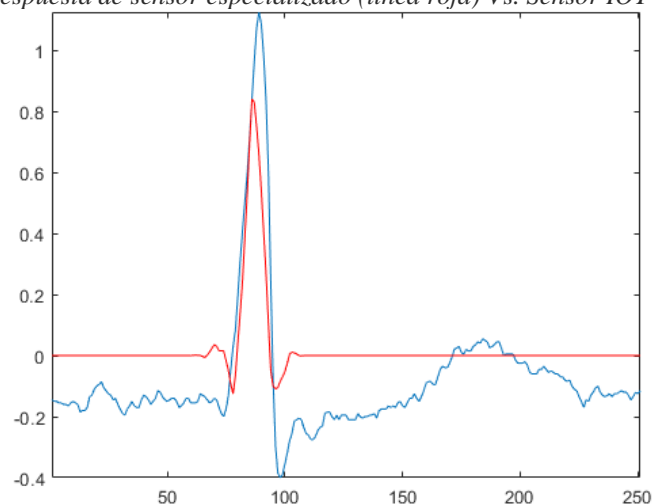
Tabla 1. Comparación de las características de los sensores electrónicos.

<i>Característica</i>	<b>Definición</b>	<b>Sensor especializado</b>	<b>Sensor IOT bajo costo</b>
<i>Amplitud</i>	Diferencia entre los límites de medida	ALTA	BAJA
<i>Calibración</i>	Patrón conocido de la variable medida que se aplica mientras se observa la señal de salida	FABRICANTE	NO TIENE
<i>Error</i>	Diferencia entre el valor medido y el valor real	MINIMO	NO DETERMINA
<i>Exactitud</i>	Concordancia entre el valor medido y el valor real	ALTA	MEDIA
<i>Precisión</i>	Error máximo esperado	ALTA	MEDIA
<i>Repetitividad</i>	Error esperado al repetir varias veces la misma medida	ALTA	MEDIA
<i>Linealidad</i>	Desviación respecto de una línea en la curva de respuesta	ALTA	BAJA
<i>Factor de escala</i>	Relación entre la salida y la	1.1	NO DETERMINA

	variable medida		
<i>Fiabilidad</i>	Probabilidad de no error	MAXIMA	NO DETERMINA
<i>Histéresis</i>	Diferente recorrido de la medida al aumentar o disminuir esta	MINIMA	NO DETERMINA
<i>Ruido</i>	Perturbación no deseada que modifica el valor	NO AFECTA	AFECTA
<i>Sensibilidad</i>	Relación entre la salida y el cambio de la variable medida	MAXIMA	MINIMA
<i>Temperatura de servicio</i>	Temperatura de trabajo del sensor	0-50°C	NO DETERMINA
<i>Zona de error</i>	Banda de desviaciones permisibles en la salida	MINIMA <0.01%	NO DETERMINA

El uso de estos sensores presenta un reto importante, están diseñados y adaptados para representar de forma didáctica señales reales, esto significa que presentan bajas características funcionales, es por ello por lo que se requiere realizar un tratamiento estadístico de los datos obtenidos con el fin de linealizar la señal obtenida y tener una respuesta con la que se pueda llegar a cumplir con el objetivo del proyecto. La Figura 5 representa el comportamiento de un sensor de frecuencia cardiaca especializado y uno IOT (IOT – Internet of Things – Internet de las cosas).

Figura 5. Respuesta de sensor especializado (línea roja) Vs. Sensor IOT (línea azul).



Fuente: Wave detection in the ECG – MathWorks.

Los sensores presentaron una respuesta de baja precisión, repetibilidad y linealidad, se realizaron pruebas con varios sensores al tiempo y comparando lecturas, se realizaron modelos matemáticos con lecturas promediadas que permitía la reducción de la variación y se logró una mejor captura de señales como las que se muestran en las Figuras 7 y 8.

La Figura 6 representa los sensores seleccionados, sensor de pulso cardiaco AD8232, sensor de músculo mio-eléctrico Myoware, sensor de pulsioximetría MAX30100, sensor de ritmo cardiaco.

Figura 6. Componentes electrónicos del vestido inteligente

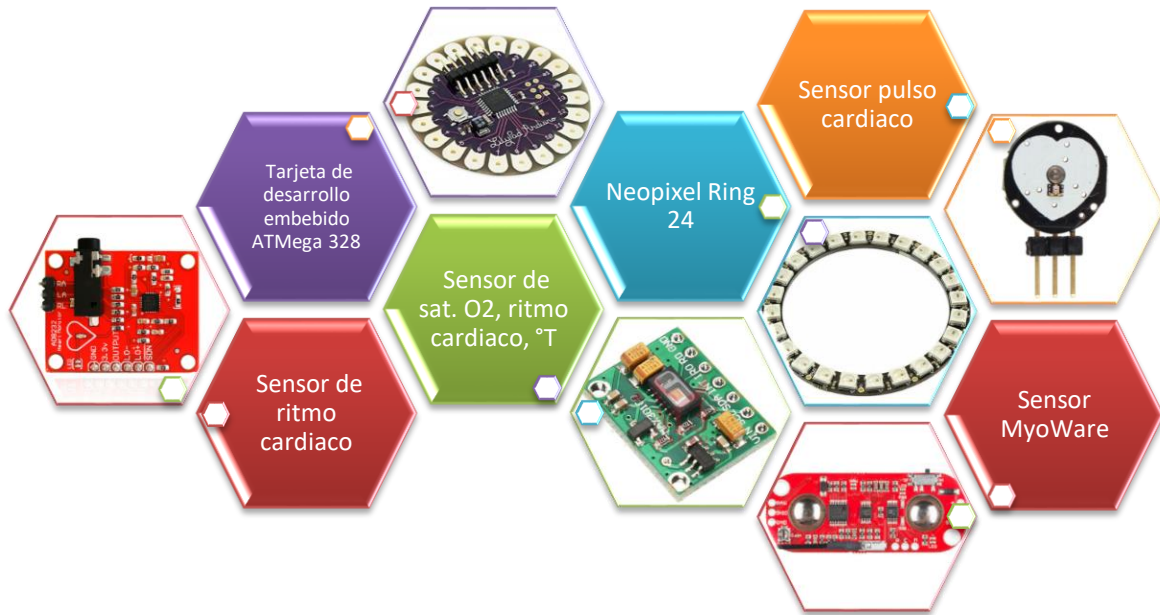
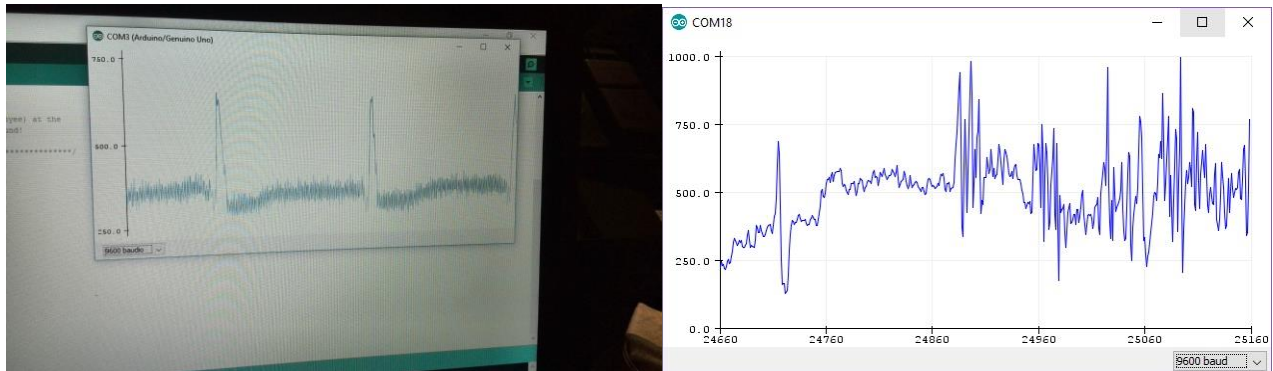
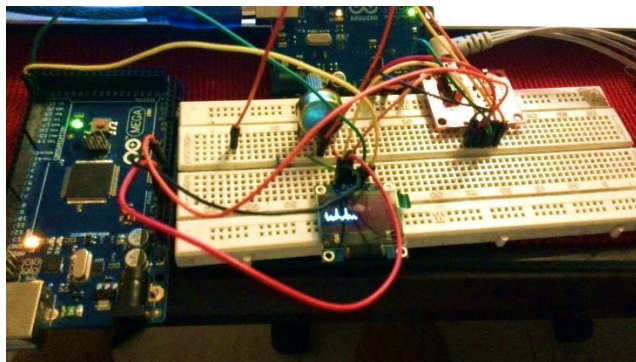


Figura 7. Representación gráfica del sensor de ritmo cardiaco AD8232.

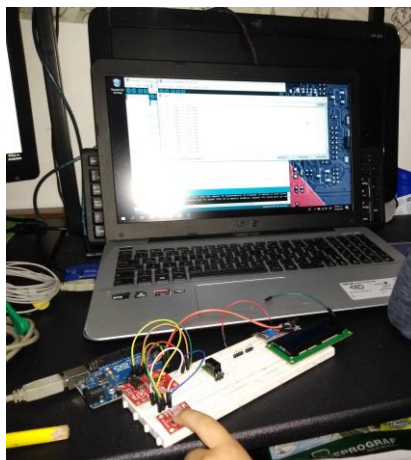


*Figura 8. Sensor y control electrónico Ritmo Cardíaco.*



La adquisición de las señales, y el procesamiento de estas se realiza a través de una tarjeta de desarrollo embebido con el controlador ATmega 328 conocida como LilyPad, la cual es ampliamente utilizada en prendas de vestir dada su diseño y tamaño. Para el proceso de visualización de los procesos realizados se utiliza una matriz de leds RGB conocida como Neopixel, la cual se caracteriza por tener un control de una sola línea y manejar las 24 posiciones de visualización como un vector, a través de ella se reflejan los comportamientos del ritmo cardíaco, frecuencia respiratoria, temperatura, saturación de oxígeno, nivel de la batería (Figura 7).

*Figura 9. Pruebas de sensor de saturación de oxígeno y ritmo cardíaco.*



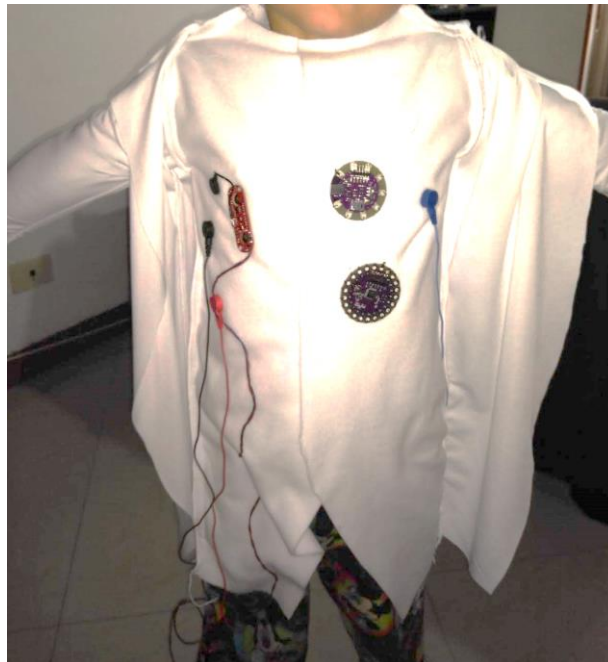
Para las pruebas de los sensores se realizó la incorporación de estos en un traje de pruebas, inicialmente se hicieron pruebas en adultos, con instructores y aprendices, con el fin de verificar el comportamiento de los sensores, la linealización y el acondicionamiento en el vestido, y registrar los datos obtenidos.



Figura 10. Diseño e instalación de sensores en traje de pruebas.



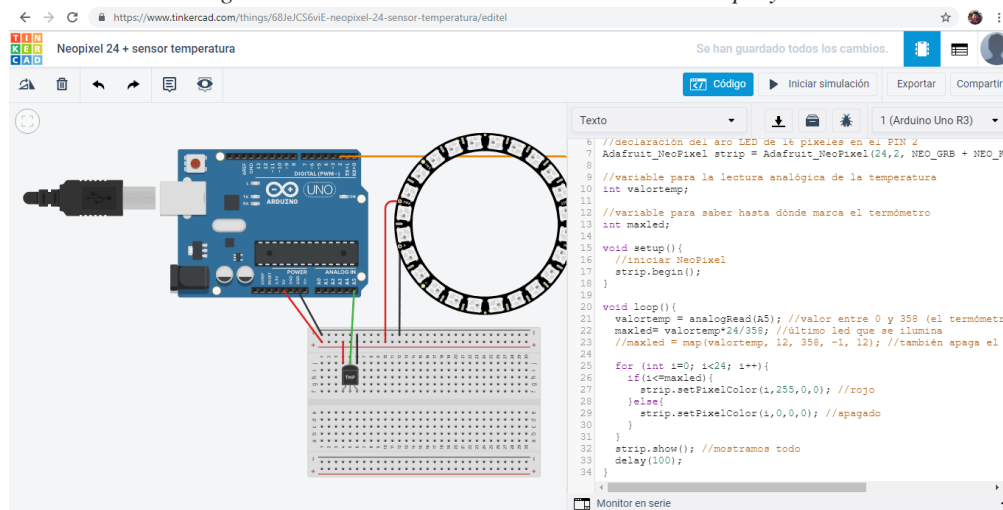
Figura 11. Prueba del vestido inteligente.



La integración de los sensores con la tarjeta de desarrollo embebido AtMega328 se ha realizado desde la simulación hasta la implementación física, se utilizaron herramientas tanto gratuitas como licenciadas, trabajando con la aplicación Circuits de Tinkercad en línea (Figura 12) y también el Software Proteus con los módulos correspondientes para la simulación de las tarjetas de desarrollo Arduino. El proceso de conexión de los dispositivos se llevo a cabo con hilo

conductor, especialmente diseñado para prendas de vestir, ya que presenta una maleabilidad y resistencia insuperable, en algunos segmentos se debió realizar un aislamiento con tinta conductora debido al reducido espacio y la cantidad de conductores necesarios como se puede ver en la Figura 10 y 11.

Figura 12. Simulación del control electrónico del proyecto



## Resultados

Tras muchas pruebas con los sensores seleccionados se encontraron pequeñas variaciones en la respuesta entre varios de la misma referencia, dando por sentado que no tienen el mismo comportamiento en la respuesta, aun así se logran linealizar en un alto porcentaje tras el ajuste continuo.

El proceso de diseño de la prenda ha presentado bastantes variaciones debido a la incorporación de los dispositivos electrónicos, se han probado diversos tipos de tela, diversos apliques para lo que son botones y cremalleras para los cierres, además de elásticos para el ajuste de los sensores que deben tener contacto con el bebé.

Derivado al proyecto se realizaron unas camisetas para adulto con el fin de llevar un monitoreo de funciones cardiacas y respiratorias, al igual que de temperatura en atletas, se hicieron pruebas con aprendices del programa de Entrenamiento deportivo con el fin de generar una prenda que puedan utilizar para mejorar el rendimiento deportivo.

Se realizaron pruebas en aproximadamente 6 adultos entre los 20 y 45 años, dos niños de 4 y 5 años, dos niñas de 2 y 3 años, obteniendo lecturas muy cercanas a las fuentes primarias, al momento de la redacción del artículo el proyecto se encuentra en ejecución y se siguen tomando lecturas y procesando la información, para la fase final se espera haber concluido las pruebas e incluir menores de 1 año para ampliar las muestras tomadas y analizadas.

Uno de los resultados más importantes que esperamos cumplir para finalizado el proyecto es tener todo el traje funcional, con la incorporación de la sensórica propuesta y los sistemas de alarma y prevención requeridos para evitar el síndrome de muerte súbita infantil.

## Conclusiones

El probar los sensores con personas de diferentes edades ha permitido detectar una variación en la respuesta dependiendo de la edad, básicamente dependiendo del ritmo cardiaco, entre más alto es, mayor es la variación y las perturbaciones generadas, por tal motivo se está adaptando el uso de filtros que permita mejorar la señal de respuesta.

El proceso de control ofrece versatilidad en el momento de administrar los datos obtenidos, aunque no tiene una buena capacidad de almacenamiento, en caso de que se requiera almacenar un gran volumen de información es necesario utilizar memorias externas, o un controlador de mayor capacidad o transmitir los datos a una memoria externa, por medios inalámbricos, y realizar el almacenamiento en otro equipo sea celular, pc o en la nube.

El proceso de revisión del estado del arte, la revisión tecnológica y el desarrollo del proyecto fueron desarrollados por los instructores y aprendices, pero fue clave el apoyo desde el punto de vista médico, para ello se habló en varias ocasiones con médicos pediatras que se caracterizan por su amplia experiencia, más de 30 años en el oficio, quienes fueron fundamentales para entender la situación y revisar la solución que se presentó.

El vestido inteligente desarrollado permitió la interacción entre personas de diferentes áreas, el apoyo del líder de Sennova y la subdirección del centro fue importante para el cumplimiento de los objetivos y sobre toda para la generación de conocimiento científico.

El uso de sensores de bajo costo representa dificultades en cuanto a la falta de linealidad y precisión en las lecturas, la aplicación de procesos estadísticos ayudo a minimizar estas falencias y tener lecturas que se pueden considerar como representativas.

## Referencias

Caballero, F., Jiménez, V., Sánchez, A. (2017). Prototipo de electrocardiógrafo portátil. Tecnológico Nacional de México en Celaya. *Pistas Educativas* Vol. 39 - ISSN: 2448-847X, <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1066>

García García, Felipa Elena. (2008). Síndrome de muerte súbita del lactante. *Revista Cubana de Pediatría*, 80(2) Recuperado en 01 de julio de 2019, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75312008000200009&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312008000200009&lng=es&tlng=es).

Latorre-Castro, M., Zambrano-Pérez, C., & Carrascal-Gordillo, C. (2016). Síndrome infantil de muerte súbita: el riesgo que afrontan los lactantes en Bogotá, D.C., Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*,

64(4), 665-670. doi: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.54801>

Latorre-Castro, M. (2014). Síndrome Infantil de Muerte Súbita: ¿Un problema de salud pública en Bogotá D.C.? Universidad Nacional de Colombia, Doctorado Interfacultades de Salud Pública.

Méndez-Lira, O., Gutiérrez-Chávez, A., Cota-Ruiz, J., Díaz-Román, J., Sifuentes-De la Hoya, E., & González-Landaeta, R. (2018). Sistema Vestible para la Detección Simultánea y No Invasiva del ECG y el Flujo Sanguíneo. *Revista Mexicana De Ingeniería Biomédica*, 39(3), 249-261.  
doi:10.17488/RMIB.39.3.4

Ortegon, E., Pacheco, J., Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Publicación de las Naciones Unidas.